

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Ciencias Agrícolas
Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias



**EFFECTO DE TRES NIVELES DE POTENCIAL DE FERMENTACIÓN
DE UREA (UFP) EN DIETAS EN BASE A MAÍZ ROLADO A VAPOR
PARA NOVILLOS EN LA ÚLTIMA FASE DE LA FINALIZACIÓN
SOBRE COMPORTAMIENTO Y FUNCIÓN DIGESTIVA**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA

DIXIE MAY GARCÍA

**Director de tesis
JOSÉ FERNANDO CALDERÓN Y CORTÉS**

Mexicali, Baja California.

Mayo, 2015

La presente tesis “**EFFECTO DE TRES NIVELES DE POTENCIAL DE FERMENTACIÓN DE UREA (UFP) EN DIETAS EN BASE A MAÍZ ROLADO A VAPOR PARA NOVILLOS EN LA ULTIMA FASE DE LA FINALIZACIÓN SOBRE COMPORTAMIENTO Y FUNCION DIGESTIVA**” realizada por la **C. Dixie May García**, dirigido por el **Dr. José Fernando Calderón y Cortés**, ha sido evaluada y aprobada por el Comité Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

Doctor en Ciencias Agropecuarias
Comité Particular

DR. JOSÉ FERNANDO CALDERÓN Y CORTÉS
DIRECTOR DE TESIS

DR. ALBERTO BARRERAS SERRANO
SINODAL

DR. ENRIQUE GILBERTO ÁLVAREZ ALMORA
SINODAL

DR. ALEJANDRO PLASCENCIA JORQUERA
SINODAL

DR. RICHARD AVERY ZINN
SINODAL

Mexicali, Baja California.

Mayo de 2015

AGRADECIMIENTOS

Hoy tengo la oportunidad de cerrar este capítulo de mi vida profesional, por lo que quiero agradecer a las personas que dedicaron parte de su tiempo para que esto fuera posible.

A los Doctores José Fernando Calderón y Alejandro Plascencia por su guía y colaboración profesional, porque a pesar de los tiempos difíciles siempre estuvieron ahí con su apoyo incondicional.

Al Dr. Richard Zinn, por recibirme en el Desert Research and Extension Center (DREC), tener la oportunidad de colaborar en parte de sus proyectos y recibir sus conocimientos de forma presencial fue un placer.

A los Doctores Martín Montaña, Alberto Barreras, Víctor González Vizcarra Enrique Álvarez, por su disposición y colaboración en cada una de sus áreas.

Al personal técnico del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias y del DREC, Isidro López y Carl Adam, siempre dispuestos ayudar y realizando su trabajo con el mayor de los profesionalismos.

A todos y cada uno de mis maestros y compañeros en este viaje, con los que compartí clases y uno que otro convivio, en especial a Jesús Albarrán que con tus ocurrencias hiciste que me fuera más sencillo aguantar lo que implicaba ir al DREC.

A mi esposo, José Luis Vargas, por estar conmigo en cada etapa de este proceso, por tu motivación, por hacerte cargo de nuestro hijo cuando tenía que salir, que a pesar de tu cansancio durante los experimentos me acompañaste a dar de comer a los animales ya fuera de noche o de madrugada.

A mis padres, Jorge y Belinda, por estar ahí cada vez que los necesitaba, siempre pendiente de que mi hijo, Gabriel, tuviera el cuidado y atención adecuados.

Agradezco infinitamente a Dios, por que hayan formado parte de esta etapa de mi vida.

Dixie May García

CONTENIDO

	Pág
LISTA DE CUADROS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
HIPÓTESIS Y OBJETIVO	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
<i>Fuentes y metabolismo del N en el rumen.....</i>	3
<i>Papel del amoníaco en el rumen.....</i>	5
<i>Proteína metabolizable (PM) y del potencial de fermentación de urea (UFP).....</i>	8
<i>Síntesis microbial en rumen.....</i>	9
<i>Cálculo del flujo neto de N microbial a duodeno.....</i>	9
<i>Sincronía de la relación energía:N y otros factores que afectan la síntesis proteica en el rumen.....</i>	10
<i>Fuentes de N y concentración de amoníaco.....</i>	10
<i>Fuentes de carbohidratos.....</i>	10
<i>Eficiencia de captación de NNP por los microorganismos según el tipo de alimento utilizado.....</i>	11
<i>Otros factores.....</i>	12
<i>Suplementación de N y sus efectos sobre digestibilidad y comportamiento.....</i>	12
<i>Nivel de suplementación de N, reciclaje y eficiencia de su utilización sobre digestibilidad y comportamiento animal.....</i>	13
<i>Tipos de suplementos de NNP.....</i>	16
<i>Características del uso de la urea como suplemento de NNP.....</i>	18
<i>Niveles recomendados y resultados con la suplementación de urea..</i>	19

<i>Formas de suministro de la urea al ganado.....</i>	21
<i>Relación entre la urea suplemental y el pH y N amoniacal en rumen..</i>	21
<i>Efecto de la suplementación con NNP y su sincronización con la energía sobre la actividad microbiana.....</i>	22
<i>Efecto de la suplementación con NNP sobre requerimientos de aminoácidos.....</i>	25
<i>Efecto de la suplementación con NNP sobre requerimientos de minerales.....</i>	26
<i>Efecto de la suplementación con NNP sobre consumo y la ganancia de peso.....</i>	27
CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LITERATURA	35
LITERATURA CITADA.....	36
EXPERIMENTO I.....	43
EXPERIMENTO II.....	57
ARTÍCULO EXPERIMENTO I y II	66
CONCLUSIONES GENERALES	83

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Suplementación de forrajes de baja PC con niveles crecientes de urea sobre consumo y las características del rumen.....	30
2	Efectos del nivel y fuente de PC sobre consumo y aumento de peso.....	30
3	Efectos de la adición de urea sobre la concentración de amoníaco ruminal, digestión ruminal del almidón y el consumo de MS.....	31
4	Efectos de la adición de urea sobre consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia.....	32
Experimento I	Influencia del retiro de urea suplemental durante la última fase de la finalización de ganado de engorda sobre función digestiva.	
Cuadro		
1	Ingredientes y composición de las dietas experimentales...	54
2	Influencia de los tratamientos sobre las características de digestión.....	55
3	Efecto de los tratamientos sobre pH ruminal, proporciones molares de AGV y BUN.....	56
Experimento II	Influencia del retiro de urea suplemental durante la última fase de la finalización de ganado de engorda sobre comportamiento, rendimiento en canal y aporte estimado de proteína y aminoácidos metabolizables.	
Cuadro		
1	Ingredientes y composición de las dietas experimentales.....	64
2	Efecto de los tratamientos sobre el comportamiento productivo y peso de las canales en los novillos de	

	engorda.....	65
3	Efecto de los tratamientos sobre el metabolismo de proteína y aporte de aminoácido versus requerimientos....	65
Experiment I and II	Influence of ruminal degradable intake protein restriction on characteristics of digestion and growth performance of feedlot cattle during the late finishing phase.	
Table		
1	Diet composition of experiment 1 and 2.	71
2	Influence of dietary treatments on characteristics of digestion	73
3	Treatment effects on ruminal pH, VFA molar proportions and BUN	75
4	Treatment effects on growth performance and carcass weight of feedlot steers	77
5	Treatment effects on metabolizable protein and amino acid supply ¹ versus requirements	78

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Relación entre la concentración de amoníaco en el rumen y producción de proteína microbiana	4
2	Formas en las cuales la liberación de NNP y energía pueden alterar la eficiencia de utilización de la proteína degradable.....	11
3	Relación entre proteína PM, PC y NNP.....	15
4	Variación diaria del pH ruminal con dos fuentes de N.....	22
5	Variación diaria del amoníaco ruminal con dos fuentes de N.....	22

RESUMEN

Se realizaron dos ensayos para evaluar el efecto de retiro de urea suplementaria sobre características de digestión (experimento 1) y comportamiento del crecimiento (experimento 2) de ganado de engorda, durante los últimos 40 días de alimentación. Los tratamientos consistieron en una dieta de finalización a base de maíz hojueado a vapor, suplementado con urea para proporcionar un potencial de fermentación de urea (UFP) de 0, 0.6, y 1.2%. En el Experimento 1, se utilizaron seis novillos Holstein (160 ± 10 kg) con cánulas en el rumen y duodeno proximal en un experimento de cuadrado latino 3×3 replicado. La disminución de la urea suplementaria disminuyó (efecto lineal, $P \leq 0.05$) la digestión ruminal de MO. Este efecto fue mediado por disminuciones (efecto lineal, $P \leq 0.05$) en la digestibilidad ruminal de FDN y N. La tasa de paso de N no-amoniaco y N microbiano (MN) al intestino delgado, disminuyó (efecto lineal, $P = 0.04$) con la disminución del nivel de urea en la dieta. La digestión de tracto total de MO (efecto lineal, $P = 0.06$), FDN (efecto lineal, $P = 0.07$), N (efecto lineal, $P = 0.04$) y ED de la dieta (efecto lineal, $P = 0.05$), disminuyeron con la disminución de nivel de urea. Los efectos de los tratamientos sobre la digestión total de almidón, aunque numéricamente pequeños (efecto lineal, $P = 0.11$), igualmente tendieron a disminuir con la reducción del nivel de urea. La disminución en la digestión de fibra representó el 51% de la variación en la digestión MO. El pH ruminal no se vio afectado por los tratamientos y promedió 5.82. Al reducir el nivel de urea, disminuyó (efecto lineal, $P \leq 0.05$) el N-NH₃ del rumen y el N de urea en sangre. En el Experimento 2, se utilizaron 90 novillos cruzados ($468 \text{ kg} \pm 8$), en una prueba de alimentación de 40 d (5 novillos por corral, en 6 corrales por tratamiento), para evaluar los efectos de los tratamientos sobre el comportamiento de crecimiento en la fase de finalización. La reducción del nivel de urea no afectó el consumo de materia seca (MS), pero disminuyó (efecto lineal, $P \leq 0.03$), la ganancia diaria de peso, la eficiencia de ganancia y la EN de la dieta. Se concluye que, al reducir al ganado el aporte de N degradable en rumen, durante la última fase de finalización, puede influir negativamente en sitio y extensión de la

digestión de la MO, deprimir la ganancia diaria de peso, la eficiencia de ganancia y la EN de la dieta.

Palabras claves: Ganado, Proteína Degradable, Digestión, Comportamiento del Crecimiento.

ABSTRACT

Two trials were conducted to evaluate the influence of supplemental urea withdrawal on characteristics of digestion (Trial 1) and growth performance (Trial 2) of feedlot cattle during the last 40 days on feed. Treatments consisted of a steam-flaked corn-based finishing diet supplemented with urea to provide urea fermentation potential (UFP) of 0, 0.6, and 1.2%. In Trial 1, six Holstein steers (160 ± 10 kg) with cannulas in the rumen and proximal duodenum were used in a replicated 3 × 3 Latin square experiment. Decreasing supplemental urea decreased (linear effect, $P \leq 0.05$) ruminal OM digestion. This effect was mediated by decreases (linear effect, $P \leq 0.05$) in ruminal digestibility of NDF and N. Passage of non-ammonia and microbial N (MN) to the small intestine decreased (linear effect, $P = 0.04$) with decreasing dietary urea level. Total tract digestion of OM (linear effect, $P = 0.06$), NDF (linear effect, $P = 0.07$), N (linear effect, $P = 0.04$) and dietary DE (linear effect, $P = 0.05$) decreased with decreasing urea level. Treatment effects on total tract starch digestion, although numerically small, likewise tended (linear effect, $P = 0.11$) to decrease with decreasing urea level. Decreased fiber digestion accounted for 51% of the variation in OM digestion. Ruminal pH was not affected by treatments averaging 5.82. Decreasing urea level decreased (linear effect, $P \leq 0.05$) ruminal N-NH₃ and blood urea nitrogen. In Trial 2, 90 crossbred steers (468 kg ± 8), were used in a 40 d feeding trial (5 steers/pen, 6 pens/ treatment) to evaluate treatment effects on final-phase growth performance. Decreasing urea level did not affect DMI, but decreased (linear effect, $P \leq 0.03$) ADG, gain efficiency, and dietary NE. It is concluded that in addition to effects on metabolizable amino acid flow to the small intestine, depriving cattle of otherwise ruminally degradable N (RDP) during the late finishing phase may negatively impact site and extent of digestion of OM, depressing ADG, gain efficiency, and dietary NE.

Keywords: Cattle, Degradable protein, Digestion, Growth performance

INTRODUCCIÓN

Debido a su bajo costo por unidad de N en comparación con la mayoría de las fuentes de proteína natural, la urea es una fuente primaria de N suplemental en las dietas convencionales a base de maíz hojueado a vapor para ganado de engorda en finalización (Vasconcelos, et al 2009). En una revisión de las recomendaciones del consultor en nutrición a través de 11 estados de los EE.UU, Vasconcelos y Galyean (2007), observaron que en promedio, las dietas de finalización en base a maíz rolado a vapor contenían 13.5% de PC con un 1.2% de urea suplemental (aproximadamente 64% DIP). Aunque se espera que la formulación de la dieta de esta manera cumpla con un potencial de fermentación de urea (UFP) para un crecimiento microbiano óptimo, podría sobrepasar los requerimientos de proteína para el crecimiento de ganado, particularmente durante la última fase de finalización. Preston (1982) propuso la viabilidad de limitar la administración de suplementos de proteína durante la última fase de la finalización, como un medio para reducir al mínimo el exceso de N y el impacto ambiental asociado (Vasconcelos, et al 2009; Hristov et al., 2011), sin afectar perjudicialmente el desempeño del ganado.

A pesar de toda la información disponible en relación a este tema, no hemos encontrado trabajos de metabolismo publicados que expliquen la eficiencia del reciclaje del N cuando la PC se suministra en exceso a los requerimientos, y/o las consecuencias de limitar el crecimiento microbiano ruminal y la eficacia energética de la dieta, mientras que de otra manera se llenan los requerimientos de proteína metabolizable.

HIPÓTESIS

La formulación de dietas de finalización en base a maíz rolado a vapor con 13.5% de PC y 1.2% de urea suplemental cumple con un potencial de fermentación de urea (UFP) para un crecimiento microbiano óptimo, aunque podría sobrepasar los requerimientos de proteína del ganado durante esta fase.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de tres niveles de UFP (100%, 80% y 60%) durante los últimos 40 días de la finalización de ganado de engorda alimentado con dietas en base a maíz hojueleado a vapor, sobre función digestiva y comportamiento del crecimiento.

REVISIÓN DE LITERATURA

Fuentes y metabolismo del N en el rumen

El rumen es producto de una evolución importante ya que permite al animal el consumo y utilización eficiente de alimentos fibrosos y de NNP. Sin embargo, desde el punto de vista de la utilización de la proteína verdadera de la dieta, el sistema es ineficiente (Wu y Papas, 1997). Los compuestos nitrogenados de la dieta incluyen proteínas de diversos pesos moleculares y estructura terciaria, péptidos, aminoácidos, amidas, sales de amonio, nitratos, nitritos, amoníaco (NH₃), y urea (Ruiz y Ayala 1987) Existen numerosas revisiones acerca del metabolismo del N en el rumen (Ørskov, 1992, Stern et al., 1994, Dewhurst et al., 2000, Bach et al., 2005 y Nolan y Dobos, 2005). Todas coinciden en dividir el estudio del metabolismo del N en tres aspectos básicos: procesos catabólicos, procesos anabólicos y factores que influyen en el metabolismo ruminal del N.

En los rumiantes, al igual que en los animales monogástricos, las necesidades de N de los tejidos son cubiertos por los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado. Sin embargo como resultado de la actividad de los microorganismos del rumen, el modo de utilización de las proteínas por los rumiantes difiere significativamente del que tiene lugar en los animales monogástricos. Los microorganismos del rumen se caracterizan por su gran capacidad para sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales, necesarios para el animal. Por lo tanto los rumiantes son menos dependientes de la calidad de la proteína ingerida. Por otra parte, una parte del N de los alimentos para los rumiantes puede administrarse, en reemplazo de las proteínas, en forma de compuestos nitrogenados sencillos como los compuestos de N no proteico (NNP), como la Urea y las sales de amonio (Bondi, 1988, Satter y Roffler, 1977).

La utilización de las proteínas ingeridas por el rumiante se realiza a través de los siguientes pasos.

Durante el paso de los alimentos por el rumen, gran parte de la proteína se degrada hasta péptidos por acción de las proteasas. Los péptidos son catabolizados hasta aminoácidos libres, y éstos hasta amoníaco, ácidos grasos volátiles y dióxido de carbono. El amoníaco, especialmente, es utilizado por los microorganismos si existe suficiente energía (carbohidratos), para la síntesis de proteínas y demás componentes de las células microbianas como los componentes nitrogenados de la pared celular y los ácidos nucleicos (Figura 1). Si bien el amoníaco es la fuente principal de N para los microorganismos, hay especies de bacterias que obtienen un alto porcentaje (20-50 %) de su N total a partir de aminoácidos y péptidos (Church, 1993). Por esto cuando las dietas con alto contenido de NNP son suplementadas con proteína verdadera se logra una mayor síntesis de proteína microbiana y una mayor eficiencia en el uso del N.

Cuando parte del amoníaco liberado en el rumen no puede ser fijado por los microorganismos, entonces se absorbe y es llevado por la sangre hasta el hígado, donde se transforma en urea, siendo la mayor parte no utilizada por el animal y excretada en la orina. Los microorganismos (bacterias y protozoos) del rumen; que contienen proteínas como componente principal, pasan con las proteínas de la ración no modificadas en el retículo-rumen, a través del omaso y abomaso, hasta el intestino delgado.

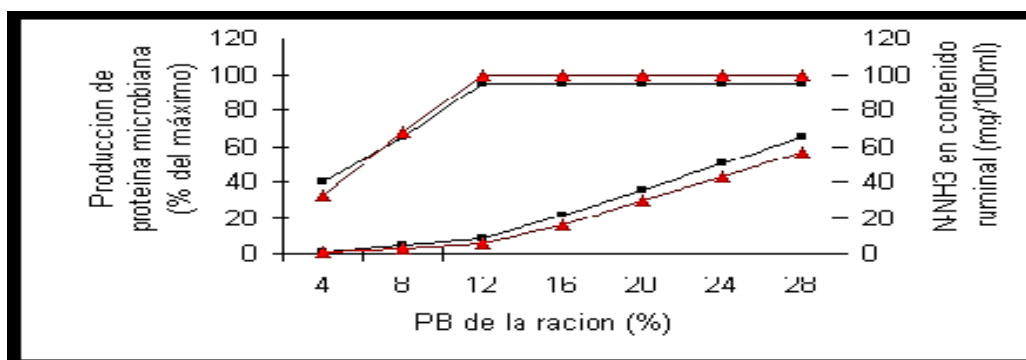


Figura 1. Relación entre la concentración de amoníaco en el rumen y producción de proteína microbiana. (Buttery, 1977).

La cantidad de la proteína total de la ración que se digiere en el rumen varía desde 70-80 % o más para las proteínas más solubles, hasta el 30-40 % para las proteínas menos solubles. Entre el 30 % y el 80 % de la proteína de los forrajes se degrada en el rumen, la cantidad depende del tipo de alimento, del tiempo de permanencia en el rumen y del nivel de alimentación. Las proteínas microbianas, las proteínas de los alimentos que no son degradadas y las proteínas endógenas del animal, son digeridas en el intestino delgado por proteasas y participan en el flujo de aminoácidos que son absorbidos en él. Entonces, para el aporte de los aminoácidos esenciales, los rumiantes dependen de la proteína microbiana y de la proteína de la ración que escapa a la digestión en el rumen (Church, 1993). Por otra parte, las vacas lecheras y los animales jóvenes en crecimiento tienen altos requerimientos y su producción depende de que cierta cantidad de proteína de la dieta pase el rumen sin degradarse, además de la fuente de proteína microbiana dependiente de la energía disponible en rumen. Por lo anterior se exige considerar simultáneamente dos tipos de necesidades: las de los microorganismos del rumen y las del animal "per se" (Astibia et al., 1982).

La proteína de la dieta puede seguir tres caminos:

1. Convertirse en amoníaco y pasar a proteína microbiana.
2. No ser degradada en rumen y pasar a los compartimientos subsiguientes.
3. Ser utilizada en la síntesis de proteína microbiana sin pasar a amoníaco, a partir de aminoácidos o péptidos, (Stritzler et al., 1983).

Papel del amoníaco en el rumen

Aproximadamente el 90 % del N total presente en el contenido ruminal, se encuentra en forma insoluble. Del N del pool disuelto, aproximadamente el 10% del N total, es principalmente N amoniaco (en promedio 70%), y el resto es una mezcla de aminoácidos libres y péptidos. El amoníaco se encuentra en una concentración que oscila entre 2 y 50 mg por 100 ml, dependiendo de la ración y del tiempo transcurrido desde la ingesta; la concentración máxima de amoníaco se

alcanza generalmente unas dos horas después de la ingesta de los alimentos que aportan proteína (Satter y Roffler, 1975). El amoníaco es el principal nutriente nitrogenado para las bacterias del rumen; éstas lo utilizan si existen adecuadas fuentes de energía, principalmente hidratos de carbono, para sintetizar los aminoácidos necesarios para cubrir sus propias necesidades proteicas. Del N microbiano el 50 a 80% procede del amoníaco ruminal y algunas bacterias obtienen del 20 al 50% de su proteína directamente de péptidos y aminoácidos (Leng y Nolan, 1984; Bondi, 1988; Church, 1993). Otras fuentes de amoníaco para el rumen son, la urea de origen endógeno de reciclaje, la urea y otros compuestos de NNP de los alimentos.

La degradación de la urea hasta amoníaco y CO₂ por la ureasa de origen bacteriano presente en el rumen es muy rápida. A pesar de la gran importancia del amoníaco para el crecimiento de los microorganismos del rumen, no pueden utilizar completamente el amoníaco presente, ya que existe un límite en la cantidad que pueden fijar. La síntesis proteica en rumen alcanza su máximo nivel cuando la concentración de amoníaco en rumen se encuentra entre 5 y 8 mg por 100 ml. (Satter y Roffler, 1975). En la Figura 2 se ve que al aumentar la ingestión de N se produce un aumento gradual en la concentración de amoníaco en el rumen, pero la producción total de proteína microbiana llega a un máximo. La concentración de PB en la dieta la cual produce el máximo crecimiento microbiano es de 12 a 13%, por encima de estos niveles el amoníaco se incrementa sin aumentar la producción de proteína microbiana, y este 12 a 13% variará según el contenido de energía fermentable, la cantidad de NNP y la degradación de la proteína de la dieta (Satter y Roffler, 1975).

El amoníaco producido en rumen por encima de la capacidad de los microorganismos para asimilarlo, en parte es absorbido a través del epitelio del rumen a sangre, transportado a hígado y convertido en urea; el resto, la mayor parte, pasa con los alimentos digeridos hasta intestino donde también es transportado a sangre e hígado. La mayor parte de la urea formada en hígado se

excreta a través de orina; una parte (hasta el 20%) es reciclada al rumen por la saliva o por difusión directa desde la sangre a través de la pared del rumen (Leng y Nolan, 1984; Bondi, 1988; Church, 1993).

Se ha descrito la existencia de una relación inversa entre la tasa de transferencia de N del plasma al rumen, a través del ciclo "rumino-hepato-salival", y la concentración de amoníaco en el rumen. Sólo en condiciones de bajos niveles de amoníaco en el rumen, son relativamente altos los niveles de N endógeno reciclado, que sirve como una fuente secundaria de N para los microorganismos y un mecanismo ahorrador de este. Las raciones pobres en N provocan un mayor reciclaje y una menor excreción de urea en orina. En este caso (dietas pobres en N), la principal vía de transferencia del plasma al rumen sería a través de la pared ruminal, y la transferencia por la saliva tendría una importancia secundaria. El mecanismo de control de transferencia sería indirecto y estaría involucrada en él una sub-población de bacterias productoras de ureasa (bacterias adherentes al epitelio ruminal). De modo que las dietas pobres en N al provocar una baja concentración de amoníaco en rumen, aumentan la concentración de ureasa en el epitelio y estas incrementarían la difusión de urea hacia el rumen al transformar la urea en amoníaco y crear un gradiente adecuado para que se produzca el pasaje por simple difusión de la urea a través de la pared ruminal. Estas dietas aumentan el reciclaje de N porque la baja concentración de amoníaco limita la fermentación microbiana para un nivel energético dado. De cualquier manera, la cantidad de N reciclado está muy por debajo de los requerimientos microbianos. Debido a que hay una correlación negativa entre el N de la dieta y el reciclado, la eficiencia de re-utilización de la urea disminuye a medida que el consumo de N con la dieta se incrementa. Como la urea no se almacena en los tejidos corporales, si no es transferida al tracto digestivo, se excreta en la orina (Stritzler et al., 1983).

En resumen, el amoníaco formado en rumen puede:

1. Incorporarse al protoplasma microbiano, principalmente como proteína.
2. Ser absorbido por la pared ruminal y pasar a sangre.

3. Salir del rumen y ser absorbido en el intestino (Stritzler et al., 1983).

La urea es bien utilizada cuando se incluye con cantidades adecuadas de carbohidratos. La administración de cantidades de proteína que superan las necesidades es un desperdicio, y cuando no se da un alto exceso no es perjudicial para el animal ya que el amoníaco no utilizado se transforma en urea en el hígado, eliminándose la mayor parte en la orina. Sin embargo, la administración de cantidades exageradas de urea o sales de amonio (NNP) a los rumiantes puede ser perjudicial, especialmente si no consumen cantidades suficientes de carbohidratos. Los mecanismos de detoxificación del amoníaco por conversión en urea son sobrepasados si las cantidades de amoníaco superan los 80 mg por 100 ml en el rumen. Esta cantidad puede liberarse tras el consumo de urea en exceso, pero no de proteína en exceso (Bondi, 1988).

La absorción de amoníaco a través de la pared ruminal depende de su concentración en rumen, pero sólo en la forma no ionizada. Esto depende del pH existente en el rumen (a mayor pH mayor absorción), y si éste es inferior a 7, la absorción a través de la pared del rumen no es tan alta. En el caso de una suplementación excesiva con urea, esta causa niveles de amoníaco extremadamente altos en el rumen que elevan tanto el pH (por ser una base), como su absorción a sangre provocando una intoxicación posiblemente mortal (Stritzler et al., 1983).

Proteína metabolizable (PM) y del potencial de fermentación de urea (UFP)

El estándar de proteína metabolizable o aminoácidos metabolizables (MAA), de la alimentación del ganado y las ovejas fue presentado por Burroughs et al. (1974a, b) para un número limitado de forrajes. Este estándar es un sistema que incluye la evaluación de los requerimientos de aminoácido (AA) en los animales y su cumplimiento en la dieta. Las unidades de medida de MAAs emplean cantidades específicas de los AA absorbibles en la parte post-ruminal del tracto digestivo. Una característica importante de este estándar es su capacidad

para predecir la cantidad de urea o nitrógeno no proteico (NPN) que puede ser útil con cantidades dadas de un alimento o combinaciones de estos, llamado "potencial de fermentación de urea" (UFP). El equilibrio en el estándar entre las necesidades del cuerpo y su cumplimiento, se basó en datos de rendimiento de ensayos con ganado alimentado con cantidades medidas de dietas naturales o purificadas (Burroughs et al., 1973; Oltjen et al., 1972; Virtanen, 1966).

Síntesis microbiana en rumen

La proteína bacteriana es una importante fuente de aminoácidos para los rumiantes. En un sistema microbiano anaeróbico, como es el rumen, la energía es el principal factor que limita el crecimiento microbiano, razón por la cual, su suministro y su eficiente utilización para la producción de proteína es de suma importancia. La síntesis de proteína microbiana requiere además de un adecuado suministro de N para alcanzar la máxima eficiencia. En este sentido la degradabilidad de las proteínas y el reciclaje del N son factores condicionantes. Si el nivel de N no fuese el adecuado podría ocurrir una fermentación desacoplada sin producción útil de ATP. Si en cambio el nivel de N es excesivo, la energía puede tornarse en el factor limitante para una eficiente utilización de N. Por lo tanto, para lograr una máxima eficiencia de síntesis microbiana, el N y la energía disponible en el rumen deben estar balanceados. La eficiencia de síntesis de proteína microbiana es generalmente expresada como la cantidad de N microbiano producido por materia orgánica (MO) digerida en el rumen, se acepta como valor promedio una producción de 30 g de N de origen microbiano por Kg de MO digerida (Astibia et al., 1982).

Cálculo del flujo neto de N microbiana a duodeno. Burroughs et al. (1975) propusieron que el flujo a duodeno de N microbiana era equivalente a 0.0166 TND, y el NRC (1996; Nivel 1) estima que el flujo neto de N al intestino delgado es: $(0.0208TND) \times \{1 - [(20 - eFND) \times 0.025]\}$, donde TND se expresa en kg/d, y eFND como un porcentaje del consumo de MS (DMI). En cualquiera de los dos casos

Zinn et al. (2003) asumen que la cantidad de urea que debería adicionarse a la dieta para optimizar el desarrollo microbial ruminal, es equivalente a la síntesis neta de proteína microbial menos el contenido de DIP de la dieta basal dividida entre 2.8.

Sincronía de la relación energía:N y otros factores que afectan la síntesis proteica en el rumen.

Fuentes de N y concentración de amoníaco. Es reconocido que el amoníaco es el principal nutriente nitrogenado para los microorganismos (aproximadamente el 80% de las especies pueden crecer con amoníaco como única fuente de N), pero algunas bacterias también utilizan aminoácidos y péptidos, y aparentemente la presencia de aminoácidos y péptidos preformados sería esencial para una síntesis eficiente de proteína microbiana. En el pastoreo de buena calidad y con elevados contenidos de proteína las concentraciones de amoníaco superan ampliamente la concentración considerada óptima (de 5 a 8 mg/dl), llegando a valores promedios diarios de 42 mg/dl en pastoreo de alfalfa, con picos de más de 60mg/dl. Estos valores nos indican claramente un ineficiente uso del N, por un desbalance N-energía de la dieta, que afecta el desempeño animal. En diferentes trabajos en pastoreo sobre forraje fresco, se observa que hasta un 12 a 14% de proteína bruta (PB) los niveles de amoníaco en rumen son de aproximadamente 5mg/dl y con niveles mayores se produce una explosión de amoníaco en rumen, debido a la incapacidad de las bacterias para captar más amoníaco, indicando un desbalance de energía-proteína en las pasturas con elevado nivel de N (Astibia et al., 1982).

Fuentes de carbohidratos. Azúcares solubles y algunos tipos de almidón son más efectivos que otros carbohidratos como los estructurales, en incrementar la utilización del N proveniente de la dieta, promoviendo un rápido y eficiente crecimiento microbiano.

Eficiencia de captación del NNP por los microorganismos según el tipo de alimento utilizado. El tipo de fermentación determina la eficiencia de captación del N (Figura 2).

La gráfica A, representa una dieta con un forraje tosco (de baja calidad), donde el N es limitante, por ejemplo un forraje seco con un contenido de PB menor al 8-9 %. En este caso la liberación de NNP (amoníaco) por los microorganismos está bien equilibrada con la liberación de energía y de esta manera los microbios son capaces de capturar la mayoría de ese N disponible.

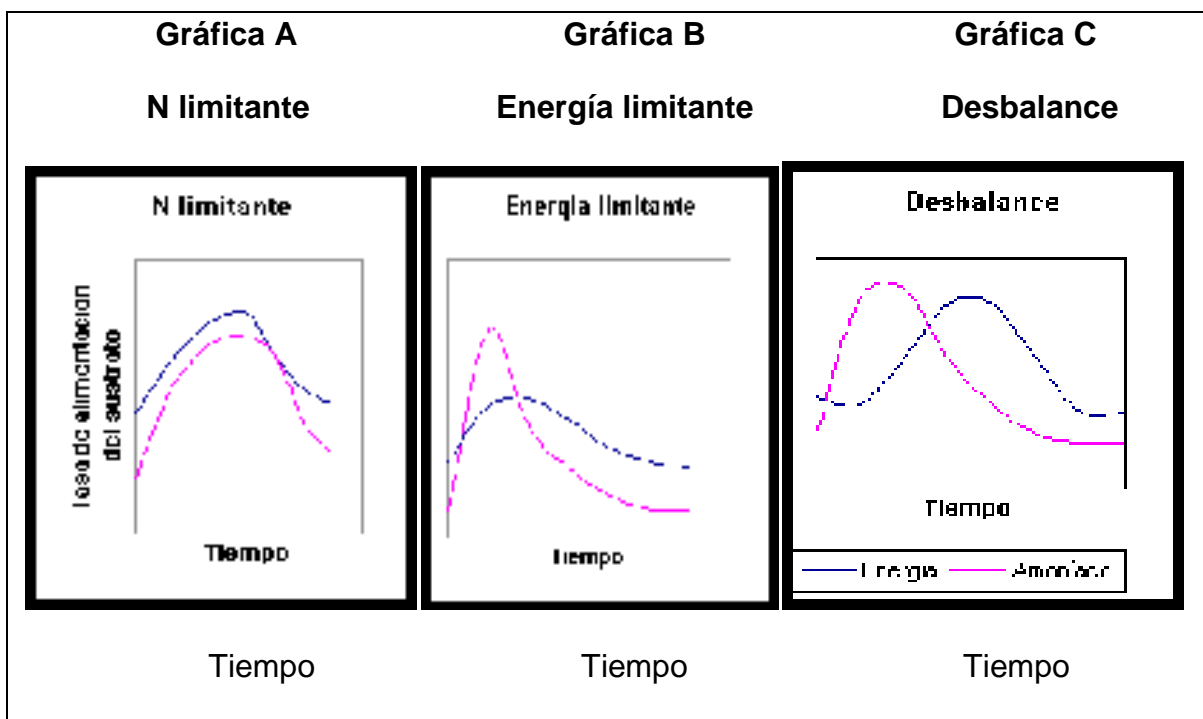


Figura 2. Formas en las cuales la liberación de NNP y energía pueden alterar la eficiencia de utilización de la proteína degradable. (Mc. Rae y Reeds, 1980).

La gráfica B, representa una dieta de forraje fresco, con un alto contenido de proteína (mucho de la cual es soluble). En este caso la liberación del NNP es muy rápida y considerables cantidades de amoníaco son absorbidos directamente del rumen. Esta es la situación que se presenta en un sistema pastoril.

La gráfica C, representa la situación que ocurre cuando se suministran suplementos nitrogenados fácilmente disponibles (urea) a animales con una dieta base de forrajes de baja calidad. Se observa un desfase entre la rápida fermentación del suplemento proteico y la más lenta fermentación de la energía del forraje, con la consiguiente pérdida de N amoniacal por absorción a través de la pared del rumen, (Mc. Rae y Reeds, 1980).

Otros factores. Ejemplo en la síntesis de metionina y cisteína por los microorganismos del rumen, se requiere de azufre, y su deficiencia puede limitar la síntesis de proteína cuando se usan grandes cantidades de NNP. El azufre debe proporcionarse como sulfato o como metionina y cisteína. Para la síntesis de ácidos nucleicos se necesita fósforo, es por lo tanto esencial asegurar un suministro del mismo en la dieta. Como regla general cualquier deficiencia disminuye la eficiencia digestiva ruminal, afectando la cantidad y la proporción de los productos ruminales, reduciendo el consumo total de MS y disminuyendo el desempeño animal (Bondi, 1988; Church, 1993).

Suplementación del N y sus efectos sobre digestibilidad y comportamiento

Los altos requerimientos proteicos de animales en crecimiento, en finalización o con altos niveles de producción de leche, hacen necesario suplementar sus dietas con fuentes exógenas de N (Kilkenny, 1978 y Leaver, 1978).

Nocek y Russell (1988) establecen que existe una relación entre la suplementación nitrogenada y el consumo de energía, y que un buen balance entre estos favorece la síntesis microbiana, se incrementa la digestibilidad, la tasa de pasaje y el consumo de MS; así se generan mayores cantidades proteína bacteriana y AGVs, por unidad de MS consumida y por unidad de tiempo. En distintos trabajos ha habido respuesta positiva en comportamiento a la

suplementación de silo de maíz como fuente de energía, tanto con NNP como con N proteico (Thomas y Wilkinson, 1975; Poos et al., 1979; Horton et al., 1992).

Este papel del N como regulador del consumo voluntario también se presenta con forrajes de baja calidad con 50% o menos de digestibilidad, y puede limitar el consumo de energía porque deprime la digestión de la celulosa. El consumo de estos forrajes está determinado por la tasa de "vaciado" de forraje del rumen, y debido a la menor actividad bacteriana ésta se encuentra disminuida. En general un incremento en el suministro proteico, conduce a un aumento en el consumo voluntario, al incrementarse las tasas de digestión y de pasaje del alimento (Stritzler et al., 1983).

Dentro de la proteína que llega al intestino delgado para ser absorbida y metabolizada por el animal, pueden distinguirse tres tipos: a) proteína bacteriana, b) proteína dietaria y c) N de origen endógeno (Astibia et al., 1982). El N endógeno posee una contribución relativamente baja, por lo cual generalmente se lo desprecia, mientras que en animales de altos requerimientos el primer tipo de proteína sólo alcanzaría para cubrir los requerimientos de mantenimiento (Chalupa, 1975). Smith et al., (1980) encontraron que en dietas de alto porcentaje de fibra se obtuvo mejor respuesta productiva al suplementar con proteína de sobrepaso, y señalan que esto se debió también a que se alcanzó en parte un nivel de amonio ruminal adecuado para el crecimiento microbiano.

La proteína puede ser suplementada en dos formas: altamente solubles con mayor degradabilidad ruminal como harinas vegetales y urea; y menos solubles con menor degradabilidad ruminal, como harinas de origen animal.

Nivel de suplementación de N, reciclaje y eficiencia de su utilización, sobre digestibilidad y comportamiento animal

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

La menor eficiencia de utilización del N al incrementarse su consumo es explicada por Satter y Roffler (1975), quienes establecen una concentración máxima de amoníaco en el rumen (punto de acumulación de amoníaco), donde todo el amoníaco ruminal que se genera (por desaminación, consumo o reciclaje) es utilizado para la síntesis de proteína bacteriana, obteniéndose, de esta forma, la mayor cantidad de proteína metabolizable (PM) por unidad de proteína consumida (Figura 3).

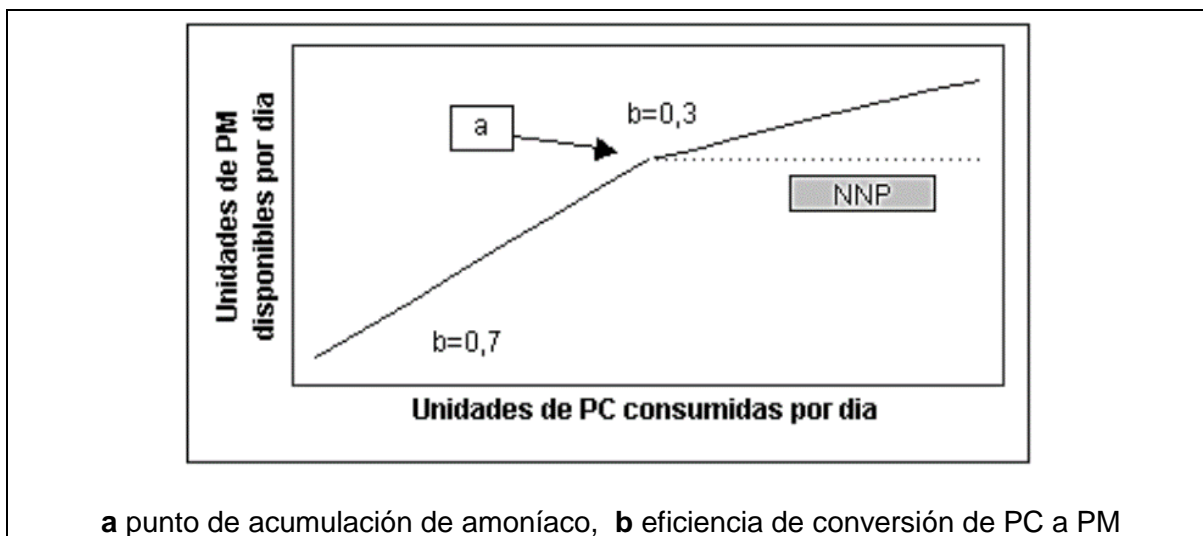


Figura 3. Relación entre PM, PC y NNP.

(Satter y Roffler, 1975).

La adición de NNP por sobre el nivel mencionado no aumenta la cantidad de PM que llega al duodeno, mientras que si se suplementa con proteína verdadera, la PM se incrementa en función de la cantidad de proteína y aminoácidos que escapen a la fermentación que ocurre en el rumen; es aquí donde disminuye la eficiencia de utilización del N consumido. Se puede advertir entonces que en el ensayo de Bunting et al. (1989) este punto ya había sido alcanzado con el nivel de 10.2% de proteína, pues la eficiencia de síntesis bacteriana no fue alterada por el nivel de proteína utilizado en la dieta.

Veira et al. (1980a) al suplementar terneros de destete con distintos niveles de proteína (10.2, 12.2, 14.1 y 16.1%) con harina de soya en una dieta restringida de grano de maíz molido, observaron que el punto de acumulación de amoníaco se obtuvo con 12% de PC en la dieta, y que si bien los distintos niveles proteicos aportaron cantidades similares de proteína bacteriana al duodeno, la cantidad de proteína total que llegó al mismo aumento en forma conjunta con el porcentaje de proteína de la dieta. En otro trabajo similar Veira et al. (1980b), con niveles proteicos crecientes en la dieta de 9.9; 12; 14.2 y 16.2%, encontraron que estos aumentos en proteína causaron aumentos en la digestibilidad de MS, MO, N, fibra detergente ácida (FDA) y almidón. Los aumentos diarios de peso vivo (ADPV) se

incrementaron en forma lineal con el aumento del porcentaje de proteína dietaria. Los autores consideran que para lograr la máxima eficiencia de utilización del N en animales de altos requerimientos, la dieta debe proveer cantidad suficiente de N para un adecuado desarrollo bacteriano y cubrir el resto de los requerimientos proteicos con proteína sobrepaso. Coleman y Barth (1974) encontraron que cuando el N suplementado en forma de urea (en dietas de ensilaje y grano de maíz), aumenta desde 5.4 hasta 45.4% del N total, la eficiencia de retención del N del total absorbido, del consumido y la utilización neta de la proteína disminuyen 17.9; 14.7 y 12.2 unidades porcentuales respectivamente.

Tipos de suplementos de NNP

El NNP (amoníaco, urea, biuret, fosfato diamónico, polifosfato amónico y otras fuentes de NNP) puede utilizarse satisfactoriamente en cierto nivel como sustituto de la proteína verdadera, tanto en bovinos para carne como en vacas lecheras (Kolb, 1971).

Amoniaco. El amoniaco (NH_3), es un gas que en general se disuelve en agua. Es la fuente más barata de N que puede utilizarse en la alimentación del ganado, pero, como es tóxica y difícil de manejar, se usa principalmente para aumentar el contenido de N de los alimentos pobres en proteína mediante la amonización en escala industrial. El amoniaco se fija químicamente y no se libera hasta que el pienso fermenta en el rumen (Herrera-Saldana et al., 1982).

Urea. Es la fuente más barata de N sólido. Es un polvo blanco, cristalino y soluble en agua, que se usa como fertilizante y para la nutrición animal. Ehrenberg et al. (1891) encontraron que la urea podría ser utilizada para reemplazar una porción de la proteína en las raciones de los rumiantes. Actualmente se presenta en el mercado en forma granulada y perlada, siendo esta última la más recomendable para el uso animal por su soltura y facilidad para mezclarla con otros ingredientes. La urea fertilizante, que es más barata, es higroscópica y se

cuaja con mucha facilidad, lo que hace difícil mezclarla en los piensos sólidos; sin embargo, puede utilizarse con los piensos si se añade en forma de suspensión o de solución en melaza. Las semillas de algunas leguminosas, especialmente la soya, contiene una enzima, la ureasa, que descompone la urea y hace inapetecible el pienso. La ureasa queda en gran parte destruida por tratamiento térmico, por el cual los granos y las harinas oleaginosas pueden mezclarse con urea (Church, 1993).

Biuret. Se produce a partir de la urea por calentamiento, y contiene un 41% de N. Es muy poco soluble en agua y no es tóxico, ya que el amoníaco se libera lentamente en el rumen. Tiene ventajas concretas en comparación con la urea para utilizarlo en los piensos secos, sin embargo, es más caro y hace falta un período de adaptación de 2 semanas a 2 meses, antes que se obtenga una respuesta en la alimentación con biuret. Esta adaptación se pierde rápidamente cuando no se suministra biuret (Fonnesbeck et al., 1975).

Fosfato di-amónico. Polvo cristalino de color blanco soluble en agua. Contiene 21.4% de N y 23.7% de fósforo, con la ventaja de que mejora el aporte de fósforo (Oltjen et al., 1968).

Polifosfato amónico. Fuente corriente de fósforo y de NNP en los suplementos líquidos. Se emplea en forma líquida, ya que tiene la ventaja de que no es corrosivo. Contiene 11% de N y 16.1% de fósforo

Otras fuentes de NNP. Diversos intentos para enlentecer la hidrólisis de urea en el rumen y mejorar su eficiencia de utilización, se han logrado mediante la unión de urea a la lignina (Castro et al., 1999) o al cloruro de calcio (Huntington et al., 2006), o bien, mediante la encapsulación de las partículas de urea con polímeros (Galo et al., 2003) o con lípidos para reducir la velocidad de liberación en el rumen.

Por otro lado las pasturas tiernas, especialmente en otoño, son ricas en compuestos de NNP (25-30%), constituida por aminoácidos libres, amidas libres (glutamina y asparagina), nitrato, bases púricas y sales de amoníaco (Kolb, 1971).

Características del uso de la urea como suplemento de NNP

En producción animal el NNP más difundido es la "UREA", el cuales de rápida degradación ruminal, a las 2 h de ingestión se produce el pico de amoníaco en rumen y a las 9 o 10 h éste vuelve a tener el nivel que tenía antes de la ingestión. Su aprovechamiento eficiente y constante para la síntesis óptima de proteína microbiana dependerá, entre otros factores, del aporte simultáneo de energía de rápida disposición en el rumen. La urea contiene 46% de N, por lo tanto, 100 gramos de urea representan un potencial de 287.5g de PC para el animal (Kolb, 1971). La urea en el rumen, puede descomponerse en amoníaco más rápido que lo que las bacterias puedan convertirla en proteína. Ello dependerá de la frecuencia y cantidad consumida del suplemento durante el día, y de la fracción de NNP presente en la dieta base. En el corral de engorda se puede asegurar el consumo regular de urea durante el día; pero en pastoreo el suministro se reducirá a una o dos veces por día, provocando picos de producción de amoníaco que difícilmente puedan ser aprovechados por las bacterias, dado que no se equilibraría con el aporte de energía (Kolb, 1971). Son precisamente estos excesos de amoníaco los que no se reflejan con respuestas satisfactorias en producción y a veces desencadenan casos de intoxicación, pues el sistema hepático no alcanza a convertirlo en urea para eliminarlo. Los síntomas clínicos de este tipo de anomalía fisiológica son: alcalosis, salivación excesiva, dificultad para respirar, incoordinación motora, temores musculares, timpanismo, convulsiones, mugidos, rigidez en las patas delanteras y finalmente la muerte en un lapso de 3 horas (Church, 1993). Por lo tanto, sería recomendable combinar urea con otra fuente proteica de degradación más lenta como pastas de oleaginosas, NNP y urea de lenta liberación (fosfato diamónico, biuret, etc.), mezclas de urea con forrajes que son ingeridos lentamente, libre acceso a bloques de urea para lamer,

o mezclas líquidas, además agregar una fuente energética de fácil disponibilidad y completa homogeneización de la mezcla para evitar elevados picos de amoníaco ruminal (Kolb, 1971).

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

Para animales de altos requerimientos proteicos como los jóvenes en activo crecimiento (hasta 300 Kg. de PV) o las vacas lecheras de alta producción (más de 20 kg) en su primer tercio de lactancia, la adición a la urea de fuentes de proteína verdadera (harinas vegetales y animales) estimula el crecimiento y metabolismo microbiano asegurando un mayor flujo de aminoácidos al intestino (Astibia et al., 1982).

Niveles recomendados y resultados con la suplementación de urea

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

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

Con urea se pueden alcanzar las tasas de digestión de la celulosa que se logran al suplementar con proteína vegetal, e inclusive se podrían superar (Barth et al., 1974). Wales et al. (1993) descubrieron que la urea puede ser utilizada exitosamente como única fuente nitrogenada en dietas de ensilaje de maíz para la engorda de novillos; pero esto se debió al elevado contenido de almidón del ensilaje como fuente de energía (Phipps, 1978). Moran y Pritchard, (1987) encontraron que en animales de más de 200 kg es posible obtener ganancias de 0.8 a 1 kg/día, utilizando 1% de urea en la MS total de la dieta, pero para mayores ganancias de peso se deberá incluir además concentrados energéticos. Para Amos y Evans (1976) la suplementación con urea sólo aporta beneficios en dietas de elevada digestibilidad. Chalupa (1975) describe que en dietas purificadas donde la urea es la única fuente nitrogenada, toda la proteína metabolizable disponible para el animal es de origen bacteriano, y ésta no alcanzaría a cubrir los requerimientos proteicos de animales en crecimiento o en lactancia. Cottrill et al, (1976) y Kilkenny (1978) coinciden con Chalupa (1975) y no esperan buenos resultados al suplementar animales jóvenes con urea como única fuente de N. Huber (1975) en una revisión sobre la utilización de la proteína y el NNP en dietas para vacas lecheras, evidencia la posibilidad de utilizar urea como único

suplemento nitrogenado en vacas con una producción menor a los 20 L/día, alimentadas a base de grano o de ensilaje de maíz; pero si el nivel de producción de las vacas es mayor, se deberá suplementar con una fuente de proteína verdadera.

Formas de suministro de la urea al ganado

Ensilaje de gramíneas: agregar entre 5-6 kg de urea (0.5% sobre base húmeda) por tonelada de forraje a ensilar disuelta en 20 kg de melaza. Aunque resulte más costoso, es preferible el biuret para más seguridad.

Concentrados comerciales: Hasta el 3%, para bajar harinas de origen animal y vegetal.

Mezclas sólidas: Urea acompañada de sales minerales y sal común.

Mezclas semisólidas: Consistencia pastosa se combina hasta un 10% de urea, con melaza, grano molido, POA o vegetal, sal y macro y micro-minerales.

Mezclas líquidas: Hasta 10% de urea disuelta en agua primero y luego en melaza, incluir sal, minerales y azufre. Evitar consumos exagerados con dispositivos reguladores, son económicos, seguros y populares.

Bloques multi-nutricionales: Forma más segura y sencilla con urea hasta el 15%.

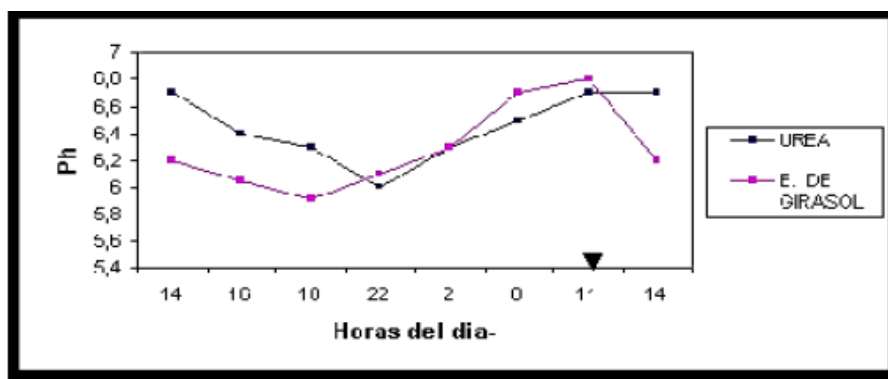
Agregada a forrajes maduros: Aplicar 15 L de solución de urea al 5% por cada 100 kg de forraje (caña de azúcar, forrajes picados, etc), cubrirlo con plástico por 48 h. Incrementar paulatinamente la urea a partir de 200 gr durante la primera semana

Relación entre la urea suplemental y el pH y N amoniacal en rumen

La máxima actividad bacteriana se logra cuando el ambiente ruminal es óptimo, y por tanto la digestión de fibra y otros componentes de la dieta alcanzan su punto máximo. Por ejemplo se observó que dicho ambiente se daba cuando el

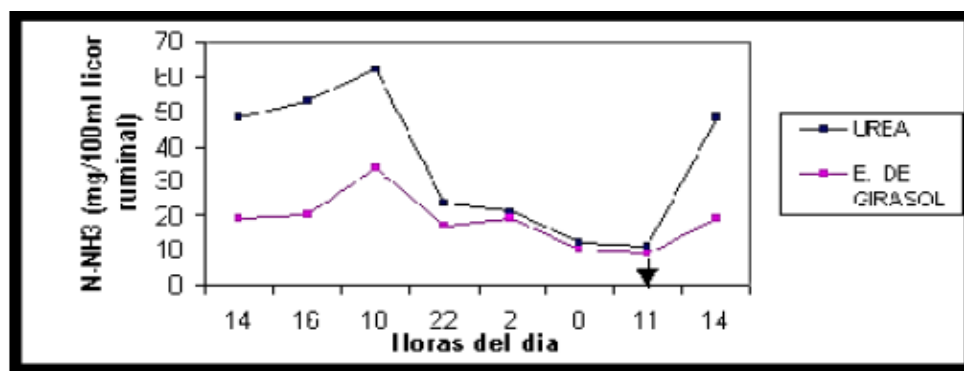
pH del líquido ruminal estaba de 6.7 a 6.8, el amoníaco (NH₃) de 5 a 8 mg/dl, los ácidos grasos volátiles (AGV) de 79 a 80 mMol/l y una relación acético:propiónico de 3.3 a 3.5:1, para una adecuada producción y composición de la leche (Rearte, 1992).

Pavan (1996), comparando urea con pasta de girasol en animales de engorda, encontró que el promedio del pH ruminal fue mayor para las dietas con urea (Figura 4). Entre otros factores, el nivel de pH está influenciado por el consumo (por su efecto sobre la rumia) (Owens y Goetsch, 1984) y la concentración de AGV en el rumen; así, el mayor pH encontrado con la urea sería consecuencia de una mayor rumia, generada por el menor consumo de esta dieta con respecto a la dieta con pasta de girasol.



La flecha indica el momento de alimentación.

Figura 4. Variación diaria del pH ruminal con dos fuentes de N. (Pavan 1996)



La flecha indica el momento de alimentación

Figura 5. Variación diaria del amoníaco ruminal con dos fuentes de N. (Pavan 1996)

El amoníaco ruminal presentan poca variación para las dietas con expeller de girasol, mientras que con urea se evidencia un gran pico en el momento en que el consumo fue máximo para luego disminuir abruptamente (Figura 5). La gran variación de amoníaco con urea, también fue encontrada por Smith et al. (1980) cuando suplementaron dietas fibrosas con urea, lo que se debió a que como la urea es 100% soluble, incrementa las concentraciones de amoníaco ruminal al poco tiempo de haber sido ingerida, pues los microorganismos del rumen no tienen la disponibilidad de energía suficiente para metabolizarlo en su totalidad. La más lenta degradación de la proteína del expeller de girasol permitiría un mejor sincronismo entre la disponibilidad energética y la nitrogenada para el desarrollo de las bacterias, con lo que la utilización del N se hace más eficiente y las concentraciones de amoníaco menores.

Adamu et al. (1989) en animales alimentados con dietas de ensilaje de rastrojo de maíz suplementadas con concentrado proteico que poseían distintas proporciones de urea, encontró que el máximo crecimiento microbiano, medido a través de la cantidad de N-bacteriano que llega a duodeno, se produjo cuando el nivel de amoníaco en rumen alcanzó 4.9 mg/dl, mientras que el nivel óptimo para maximizar el consumo y la digestibilidad de la MS se alcanza cuando, en los animales alimentados 4 veces por día, el valor era de 13.3 mg/dl. Este autor concluye que para mantener el valor de amoníaco ruminal por sobre los 13.3 mg/dl en animales alimentados una vez por día se debería alcanzar, a las 2 horas del pico de alimentación, un nivel superior a los 18.2 mg/dl.

Efecto de la suplementación con NNP y su sincronización con la energía sobre la actividad microbiana

Para maximizar la síntesis de proteína microbiana en el rumen, se requiere la oportuna disponibilidad de N e hidratos de carbono para un rápido crecimiento bacteriano (Nocek y Russell, 1988). Henning et al. (1993) demostraron que

únicamente mejorando el grado de sincronización entre la energía y N liberados en el rumen, no se aumenta la producción microbiana, también son necesarios adecuados niveles de energía y N (dietas balanceadas); comprobando que las dietas con menos de 35% de carbohidratos no estructurales causan problemas en la síntesis de proteína microbiana; y aquellas con más del 40% de éstos producen exceso de AGV y acidosis.

La consecuencia de un asincronismo en la digestión de las fuentes de N y de energía, es un aumento en la absorción del amoníaco ruminal dentro del torrente sanguíneo y conversión a urea en el hígado. Esta detoxificación hepática del exceso de amoníaco ruminal, requiere un gasto calórico de 0.2 Mcal de Enl/100 gr de exceso de proteína cruda consumida (Twigg and Van Gils, 1988). La elevación del N ureico en plasma, puede estar asociado con un deterioro reproductivo en vacas lecheras (Ferguson et al., 1993; Mc. Cormick et al., 1999). Además, el ineficiente uso del N y la excesiva excreción de N pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente (Tamminga, 1992).

Los granos de cereales en la suplementación de las dietas con urea, tienen un sitio de digestión del almidón diferente, de mayor a menor degradabilidad ruminal tenemos: trigo, cebada, avena, maíz y por último el sorgo (éstos dos últimos se digieren principalmente a nivel intestinal). Por lo tanto, si se utilizan fuentes proteicas de rápida degradación en rumen, como la urea, sería conveniente utilizar granos de alta digestión en rumen como avena, trigo o cebada; para una mejor utilización del amoníaco ruminal disponible y síntesis bacteriana. De 60 a 80% de la proteína utilizada por el rumiante tiene este origen (Elizalde y Santini, 1992). En este sentido la fermentación ruminal del avena, cebada o trigo daría la energía necesaria para el crecimiento microbiano, y el maíz o sorgo aportarían, por su menor digestión ruminal, almidón directamente en intestino delgado donde se absorbería como glucosa, para la síntesis de lactosa de la leche, o de grasa corporal en el novillo de engorda (Elizalde y Santini, 1992). Por otra parte, éste aporte de glucosa disminuye la gluconeogénesis en el hígado

a partir de los aminoácidos, y éstos quedan disponibles para la síntesis de proteínas.

Por otro lado, existen granos que serán mejor utilizados a lo largo del tracto digestivo cuando se dan procesados, como el maíz y el sorgo. En éstos, los gránulos de almidón están encerrados por una cobertura proteica y si esta no se rompe (quebrado o molido), la digestión del almidón es muy lenta. Los grano de cebada y trigo, si bien tienen una estructura distinta, su utilización aumenta con el proceso de partido o aplastado. La avena no sufre demasiados cambios de utilización si se la da entera o aplastada. Una forma de mejorar la utilización del grano de maíz en la sincronización con dietas conteniendo urea, es su uso como ensilado de grano de alta humedad (Rearte 1995), el cual presenta una mayor digestibilidad que el grano seco e incrementa el grado de solubilidad del mismo en el rumen y la tasa de penetración y digestión bacteriana.

Efecto de la suplementación con NNP sobre requerimientos de aminoácidos.

La mayoría de las bacterias ruminales pueden utilizar NNP como fuente de N, otras en cambio, requieren aminoácidos preformados y péptidos (Al-Rabbat et al., 1971). La falta de estos aminoácidos, según Shirley (1986), podría afectar la eficiencia del crecimiento microbiano. Hoover y Stokes (1991) consideran que para alcanzar un óptimo crecimiento microbiano se requiere de las formas orgánicas del N. Chalupa (1975) señala que posiblemente los aminoácidos sean necesarios como sustrato para la producción de ácidos grasos de cadena ramificada, que son factores de crecimiento bacteriano. Al-Rabbat et al. (1971) encontraron que en general del total del N microbiano, el 61% provenía del amoníaco y el 39% de aminoácidos y péptidos; es por esto que la adición de aminoácidos preformados en las dietas con urea, ha incrementado la actividad ruminal y la cantidad de proteína bacteriana que sale del rumen (Hume y Purser, 1974; en Nocek y Russell, 1988).

Burris et al. (1976) al realizar infusiones de lisina en el abomaso de terneros suplementados con urea, encontraron que dicho aminoácido era limitante para el crecimiento de estos animales, éste incrementó el N retenido y también puede limitar el crecimiento de novillos con altos requerimientos. En trabajos posteriores, Richardson y Hatfield (1978) concluyen que en dietas donde la proteína bacteriana es la única fuente proteica, el crecimiento se ve limitado por la disponibilidad de metionina, lisina y treonina. Hogan en 1975 encontró que las proporciones de aminoácidos presentes en los productos animales (carne, leche y lana) y en la digesta eran similares, a excepción de lisina y los aminoácidos azufrados. Según Satter (1979; en Shirley 1986), en dietas con elevada proporción de NNP, la metionina y la fenilalanina son limitantes para las bacterias. Zinn y Shen (1998), en un trabajo con novillos de engorda y una dieta suplementada con un 0.8% de urea (en base a MS) y usando tejido bovino como referencia proteica, encontraron que el valor biológico de las proteínas que llegaban al intestino fue en promedio del 73%, metionina el primer aminoácido limitante, y que los requerimientos de metionina metabolizable (gr/día), pueden ser confiablemente estimados a partir del peso corporal y la ganancia diaria de peso.

Efecto de la suplementación con NNP sobre requerimientos de minerales.

Una adecuada síntesis de metionina, cisteína y cistina en el rumen, requiere que los microorganismos dispongan de una fuente de azufre disponible (Shirley, 1986). Generalmente las dietas tienen suficiente cantidad de este elemento para satisfacer los requerimientos; pero cuando el porcentaje de NNP en la dieta es elevado, el azufre puede ser escaso, y con forrajes de baja calidad y urea, es recomendable la adición de azufre a un nivel del 0.1% de la MS de la ración (Shirley, 1986). Brondani et al. (1991) hallaron que cuando se combina la suplementación de N con azufre, en ovejas alimentadas con dietas de alta proporción de fibra, se obtiene una mejora en la fermentación ruminal; mientras que si alguno de los dos es limitante, el agregado del otro nutriente no produce mejora alguna. Jacobson et al. (1967) informaron que la adición de sulfato a los

concentrados conteniendo urea, mejora el comportamiento. Sin embargo Plummer et al. (1971), no lograron mejorar el uso del concentrado conteniendo urea, con la adición de sulfato de sodio. Barth et al. (1974) trabajando novillos alimentados con distintos niveles de urea, encontraron que la adición de carbonato de calcio a dietas con elevado NNP, mejora la retención del N consumido, la eficiencia de utilización de N y la utilización de la PC de la dieta. Chalupa (1968) sugirió que cuando la urea es suplementada a la ración, es necesario adicionar fósforo a la dieta para mejorar la eficiencia de uso del NNP.

Efectos del NNP sobre el consumo y la ganancia de peso

Vasconcelos y Galyean (2007), en una revisión de las recomendaciones del consultor en nutrición a través de 11 estados de los EE.UU, observaron que en promedio, las dietas de finalización en base a maíz rolado a vapor contenían 13.5% de PC con un 1.2% de urea suplemental (aproximadamente 64% DIP). En este mismo sentido, en cuanto a los requerimientos de proteína cruda del ganado de engorda en corral en el período de finalización, un número moderado de investigaciones (Putman et al., 1969; Mowat et al., 1977 y Preston, 1982), indican que ganado arriba de cierto peso corporal (360 kg) puede ser finalizado con niveles de proteína cruda que están por debajo de los estándares aceptados (13% PC), y aun así obtener una eficiencia alimenticia óptima y por lo tanto una ventaja económica. Igualmente dividiendo el período de finalización, otros autores encontraron efectos similares al retirar el suplemento de proteína en forma de urea durante las fases terminales (Putman et al., 1969), o en forma de proteína verdadera como la pasta de soya (Young et al., 1973). Estos últimos autores encontraron también que debido a los pobres resultados obtenidos con urea como fuente de proteína, los requerimientos de proteínas preformadas de las fases tempranas del periodo de finalización no se pueden suplir con síntesis de proteína microbial a partir de urea. Una tendencia igual fue observada por Meiske y Goodrich (1966) y Perry et al., (1967) ya que en raciones con urea obtuvieron

ganancias más bajas durante la fase inicial del período de finalización y después mejoraron con proteínas naturales.

Al contrario de los resultados anteriores, Zinn et al. (2003) en un ensayo de 84d con ganado joven (252 kg) y dietas de finalización a base de cebada rolada a vapor con niveles crecientes de urea (0, 0.4, 0.8 y 1.2% DM), obtuvieron incrementos en ganancias de 1.37 a 1.53 kg/d con el nivel de 0.8% de urea (12.5% PC en dieta), pero no observaron respuestas positivas en digestión de MO en tracto total, síntesis de proteína microbial, flujo a intestino de N-no amoniacal, y pueden no incrementar el valor de la EN de estas dietas cuando el consumo de proteína digestible sea mayor de 85% la síntesis de proteína microbial. Estos mismos autores señalan que el concepto de UFP de una dieta se deriva de medidas de la síntesis neta de proteína microbial y la degradación ruminal de la proteína dietaria (DIP).

Poos et al (1979) al suplementar con urea (3.7% de la MS) una dieta de ensilaje y grano de maíz (46.4 y 36.1% de la MS, respectivamente) con un potencial de fermentación de la urea (UFP) de +5.2, para alcanzar un 16% de PC total; encontraron que la urea afectó negativamente el consumo pero no la digestibilidad de la MS, en comparación con la suplementación con una fuente de proteína natural como la pasta de soya, correlacionando esta disminución en el consumo a una menor palatabilidad y a las elevadas concentraciones de amoníaco en el rumen. Por otra parte Wilson et al. (1975) comprueban que esta disminución se debe principalmente a causas fisiológicas, y no al mal sabor que producía la urea. Cuando Poos et al. (1979) suplementaron con un 1.2% de urea (llevando la dieta a una PC de 15.2%), el consumo alcanzó niveles similares a los obtenidos con la suplementación con pasta de soya, y las concentraciones de amoníaco disminuyeron considerablemente; en este caso el UFP de la dieta base fue menor a cero (-1.14). Es decir que el consumo se vería afectado si se suplementa con NNP dietas que poseen un UFP mayor a cero. Aparentemente, la

eficiencia de la suplementación con NNP es limitada por otros factores, uno de ellos es el porcentaje de PC degradable en la dieta basal.

Van Horn et al. (1967) y Van Horn et al. (1975) indican que niveles de urea mayores al 1% de la MS de la dieta disminuyen el consumo y la producción de leche. También observaron que la adición de urea al silo de maíz en el momento de la elaboración de éste, en un nivel de 5 kg de urea por tonelada de silo (0.5% en base húmeda), no produjo problemas de palatabilidad ni consumo. En forma similar Plummer et al. (1971), mostraron que las dietas de silo de maíz para vacas lecheras con la suplementación de urea a niveles del 2 al 3% de la MS del concentrado, no disminuyeron el consumo de MS total, comparado con la suplementación con harina de soya; este mantenimiento en el consumo del concentrado se atribuyó a la manera en la cual las vacas fueron gradualmente adaptadas a la dieta con alto contenido de urea. Por otro lado encontraron que si bien se mantuvo el consumo, éste era más lento y se le debe dar al animal el tiempo suficiente. Otros autores han utilizado niveles muy altos de urea, tal es el caso de Huber (1975) que concluye que los valores de N aportados por la urea pueden incrementarse hasta un 25-30% del N total de la dieta de vacas lecheras; con estos niveles de urea (equivalentes a un 2.5% sobre la MS) en dietas de ensilaje de maíz se obtuvieron producciones y consumos similares a los de la dieta control suplementada con harina de soya.

Melo et al. (1982), realizaron un trabajo para evaluar el efecto de la urea en el consumo y la digestibilidad de forrajes de baja calidad (3-5% de PC) para invierno. La falta de apetito es el primer síntoma de la deficiencia proteica, y la suplementación nitrogenada suele estimular el consumo de este forraje. El efecto de la urea sobre el consumo fue más marcado que sobre la digestibilidad, a pesar de que esta última también aumentó. Este incremento en los consumos sería explicado por un aumento en la velocidad de paso de la ingesta. En relación con esto, Kennedy et al. (1992), al suplementar con niveles crecientes de urea a novillos alimentados con forraje de bajo contenido proteico, encontraron los

siguientes resultados en el consumo y las características del rumen (Cuadro 1). Estos autores recomiendan un máximo de urea del 1% de la MS de la dieta total.

UREA INFUNDIDA (gr/día)				
	0	5	20	100
Consumo (gr MS/kg PV)	13.2	13.6	15.6	18.1
NH3 ruminal (mg/dl)	2.2	3.2	9.2	19.8
Dig. de la MS (%)	39.0	40.6	41.5	41.8
Tasa de Pasaje (%/hora)	1.3	1.3	1.4	1.6

Cuadro 1. Suplementación de forrajes de baja PC con niveles crecientes de urea sobre consumo y las características del rumen. (Kennedy et al. 1992).

Milton y Brandt (1994a) con novillos (335 Kg), evaluaron el efecto del nivel y la fuente de PC en su finalización (Cuadro 2). Las dietas comparadas presentaron dos fuentes de PC (urea vs harina de soya) y dos niveles de PC (11.5 vs 13.5% de la MS). La dieta conteniendo un 11.5% de PC y urea, presentó un porcentaje de 0.93% de urea en la MS. Para el período completo de prueba (132 días), los animales alimentados con harina de soya consumieron 3.8% más comparados con aquellos en dietas suplementadas con urea. La GDP disminuyó en los novillos en los que se aumentó la PC a 13.5% con urea; mientras que en aquellos en los que esta se aumentó con harina de soya, se logró una mayor GDP. La eficiencia en la ganancia de peso (consumo/GDP), fue mayor con la suplementación de harina de soya. Además, comparada con la urea, la adición de harina de soya aumentó la extensión del lomo de los animales.

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

Cuadro 2. Efectos del nivel y fuente de PC sobre consumo y ganancia de peso. (Milton y Brandt, 1994a)

Milton y Brandt, (1994b) también evaluaron el nivel de suplementación con urea en dietas con alta cantidad de maíz molido (90% de la dieta). Empleando cuatro niveles de urea (0; 0.5; 1.0 y 1.5% de la MS), estudiaron el efecto de ésta sobre la digestión de nutrientes, producción de proteína bacteriana y metabolismo ruminal de animales adultos (557 kg; Cuadro 3). Encontraron que la MS consumida (% del peso corporal), respondió cúbicamente a la adición de los distintos niveles de urea. El mayor consumo se dio con un 0.5% de urea para luego disminuir con los mayores niveles de suplementación. La digestibilidad de la MO y del almidón en el rumen, fue mejorada un 33 y un 25% respectivamente, con la adición de 0.5% de urea. Pero la digestibilidad total de MO y almidón, no varió entre tratamientos. La digestibilidad real del N en el rumen y en todo el tracto digestivo, aumentó linealmente a medida que aumentaba la urea en la dieta. El total de N que pasa al duodeno, el flujo de N microbiano y la eficiencia de síntesis de proteína microbiana, no se vieron afectadas por los distintos niveles de urea (285 gr/día; 141 gr/día y 2.79 gr/100 gr de MO realmente fermentada, respectivamente). El pH ruminal declinó linealmente y la concentración total de AGV aumentó linealmente, con los niveles de urea. La proporción de propionato tendió a incrementarse, mientras que la de butirato disminuyó con el aumento en el nivel de urea; sugiriendo un mejoramiento en la eficiencia de fermentación. Los autores concluyeron que el N suministra suficiente cantidad de amoníaco para la producción de proteínas bacterianas, pero no para la fermentación de toda la MO.

UREA (% de la MS)

	0.0	0.5	1.0	1.5
PC (% MS)	7.7	9.0	10.3	11.6
MS cons, (% PV)	2.52	2.59	2.15	2.43
N cons, (gr/día)	171	205	189	234
Dig MO en rumen (%)	25.3	43.2	36.9	34.3
Dig almidón en rumen (%)	47.1	64.6	59.2	63.7
PH ruminal	6.00	6.06	5.81	5.74
NH3 ruminal (mg/dl)	3.7	5.2	14.3	15.5
Total de AGV (mM)	113	109	127	133
Acetato (%)	44.7	47.1	43.1	44.8
Propionato (%)	27.3	28.0	29.6	30.3
Butirato (%)	16.4	12.3	11.2	9.9

Cuadro 3. Efectos de la adición de urea sobre la concentración de amoníaco ruminal, digestión ruminal del almidón y el consumo de MS. (Milton y Brandt, 1994b)

En un tercer experimento, Milton y Brandt (1994c), utilizaron los mismos niveles de urea empleados en el trabajo anterior, para evaluar el comportamiento animal y las características de la canal de novillos en finalización (332 kg; Cuadro 4). La suplementación de urea se realizó a una dieta conteniendo un 90% de concentrado (maíz molido), donde el único suplemento proteico era la urea. Observaron que la MS consumida respondió cúbicamente a la adición de urea, siendo menor el consumo para los novillos suplementados con 0.5 o 1.5% de urea. El promedio de la GDP y la eficiencia de conversión, respondieron cuadráticamente a la adición de urea. Ambas obtienen la mejora más grande en el primer aumento de urea (0.5%). El espesor de grasa a nivel de la costilla N° 12 se incrementó linealmente con los niveles de urea. El análisis de regresión, determinó que el nivel óptimo de urea fue de 0.91% de la MS dietaria, para ganancia y eficiencia de conversión. Recomendándose para este tipo de animales un límite de urea del 1% de la MS de la dieta total. La adición de urea a estas dietas con un alto contenido de granos (90%), mejora la utilización de la energía del alimento a nivel ruminal. En terneros jóvenes (230 kg PV), por sus mayores requerimientos, se recomienda usar el límite de utilización de la urea al 0.5% de la MS, junto con la adición de otra fuente de proteína natural.

UREA (% de la MS)

	0.0	0.5	1.0	1.5
PC (% MS)	7.7	9.0	10.3	11.6
MS cons (% PV)	2.63	2.40	2.48	2.46
MS cons (kg/día)	11.09	10.50	10.91	10.72
ADPV (kg/día)	1.52	1.60	1.65	1.59
Efic. de conv. (kg/kg)	7.29	6.54	6.62	6.76
Esp. grasa 12 costilla (cm)	0.77	0.90	1.15	1.25

Cuadro 4. Efectos de la adición de urea sobre consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia. (Milton y Brandt, 1994c)

Pavan (1996) en una prueba con becerros de 188 kg en promedio, alimentados con una dieta a base de ensilaje de maíz suplementada con dos fuentes proteicas, urea y pasta expeller de girasol. La urea se adicionó al 2.9% de la MS y fue el único suplemento proteico (período 1); y luego combinó esta misma dieta con la pasta expeller de girasol (7.2%), donde la urea se encontraba a un 2.4% de la MS (período 2). Durante el primer período, encontró que el consumo de las dietas con pasta expeller de girasol fue superior con respecto a las dietas con urea, tanto en porcentaje del peso vivo como en Kg/día. El consumo obtenido en las dietas con urea fue un 5% menor al obtenido en otros trabajos donde se usó un 2% de urea en dietas de ensilaje de maíz (Thomas y Wilkinson, 1975). Sin embargo, al disminuir el nivel de NNP en la dieta en el segundo período (por el agregado de pasta expeller de girasol), el consumo expresado en % de PV aumentó en un 15%. Estos resultados ponen en duda el concepto de que al utilizar un nivel superior al 1% de urea en las dietas, se reduce el consumo (Leaver, 1978; Shirley, 1986; Van Horn et al., 1967; Van Horn et al, 1975; Wilson et al, 1975). Concluyen que si se combina con una fuente de proteína degradable a nivel ruminal, la suplementación con altas proporciones de urea permiten mantener elevadas ganancias de peso.

CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LITERATURA

1. Para animales con altos requerimientos como en lactancia o en la primera fase de crecimiento, la proteína microbiana sólo cubre mantenimiento.
2. La eficiencia de utilización del N (unidad retenida por unidad consumida) disminuiría al incrementarse la cantidad de N consumido.
3. Incrementos de NNP por arriba del nivel óptimo de concentración de amoníaco (punto de acumulación de amoníaco), no aumentan la cantidad de proteína metabolizable que llega al duodeno. Punto en el que el NNP tendría prácticamente el mismo valor nutricional que la proteína.
4. Para una mayor eficiencia en la utilización del N en animales con altos requerimientos, éstos se deben proveer con suficiente N para la síntesis microbiana y el resto con proteína no degradable en rumen.
5. El NNP puede sustituir satisfactoriamente una fracción de las proteínas.
6. Con alto nivel de urea en la dieta, la retención del N en el animal se correlaciona positivamente con la cantidad de hidratos de carbono fácilmente fermentables. La concentración de amoníaco ruminal, es inversamente proporcional a la cantidad de carbohidratos solubles adicionados a la dieta.
7. Al utilizar proteínas de fácil digestión ruminal incluyendo urea, utilizar granos de alta fermentación en rumen como avena, trigo, cebada y maíz de alta humedad.
8. La proteína microbiana es deficiente en algunos aminoácidos esenciales (lisina, metionina, cisteína), limitando el comportamiento animal.
9. Un nivel medio de urea en dietas deficientes en proteínas aumenta el consumo de MS, niveles elevados disminuyen consumo.
10. Adaptación gradual a la dieta con urea, controla la disminución en consumo y producción.
11. Consumo de raciones con urea es lento.
12. Como único suplemento proteico, el límite de adición de urea es 1% de la MS, niveles mayores reducen la ganancia de peso y eficiencia de conversión.

13. Combinada con otras proteínas degradables en rumen, altos niveles de urea (2 a 3% de la MS) aumentan consumo y ganancia de peso.

LITERATURA CITADA

- Adamu, A.D.; Russell, J.R.; Gilliard, M.C. and Trenkle, A. 1989. Effects of added dietary urea on the utilization of maize-stover silaje by growing beef cattle. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 22: 227-236.
- Al-Rabbat, M.F.; Baldwin, R.L. and Weir, W.C. 1971. In vitro nitrogen-tracer technique for some kinetic measures of ruminal ammonia. *J. Dairy Sci.* 54: 1150-1161.
- Amos, H.E. and Evans, J. 1976. Supplementary protein for low quality Bermudagrass diets and microbial protein synthesis. *J. Anim. Sci.* 43: 861-868.
- Astibia, O.R.; Cangiano, C.A.; Cocimano, M.R. y Santini, F.J. 1982. Utilización del nitrógeno por el rumiante. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4(4): 373-384.
- Bach, A., Calsamiglia, S. & Stern, M.D. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 88: 1. Burroughs W, Nelson DK, Mertens DR: Protein physiology and its application in the lactating cow: The metabolizable protein feeding standard. *J Anim Sci* 1975, 41:933–944.
- Bach, A.; Yoon, I. K.; Stern, M.D.; Jung, H.G. and Chester-Jones, H. 1999. Effects of type of carbohydrate supplementation to lush pasture on microbial fermentation in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 82: 153-160.
- Barth, K.M.; Corrik, J.A.; Shumway, P.E. And Coleman, S.W. 1974. Effect of level and urea plus limestone on N metabolism of corn silage-based rations by cattle. *J. Anim. Sci.* 38: 687-692.
- Bondi, A. A. 1988. Nutrición animal: Metabolismo proteico de los rumiantes, pág. 155.
- Briggs, M. H. 1967. Urea as a protein supplement, pp. 216.
- Brondani, A.; Towns, R.; Chou, K. And Cook, R.M. 1991. Effects of isoacid, urea and sulfur on ruminal fermentation, in sheeps fed high fiber diets. *J. Dairy Sci.* 74: 2725-2727.
- Bunting, L.D.; Boling, J.A. And Mackown, C.T. 1989. Effect of dietary protein level on nitrogen metabolism in the growing bovine: I. Nitrogen recycling and intestinal protein supply in calves. *J. Anim. Sci.* 67: 810-819.
- Burris, W.R.; Boling, J.A.; Bradley, N.W. And Young, A.W. 1976. Abomasal lysine infusion in steers fed a urea supplemented diet. *J. Anim. Sci.* 42: 699-705.

- Burroughs, W., D.K. Nelson and D.R. Mertens. 1975. Protein physiology and its application in the lactating cow: The metabolizable protein feeding standard. *J. Anim. Sci.* 41:933–944
- Burroughs, Wise, A. H. Trenlde and R. L. Vetter. 1973. Demonstration of the variable feeding value of urea as predicted by the new metabolizable protein system of evaluating cattle feeds and rations in satisfying tissue amino acid requirements. *Iowa State Univ. Coop. Ext. Serv. A.S. Leaflet R173.*
- Burroughs, Wise, A. H. Trenlde and R. L. Vetter. 1974b. A system of protein evaluation for cattle and sheep involving metabolizable protein (amino acids) and urea fermentation potential of feedstuffs. *Vet. Med. Small Anim. Clin.* 69:713.
- Burroughs, Wise, D. K. Nelson and D. R. Mertens. 1974a. Production efficiency in the high-producing cow: Evaluation of protein nutrition by metabolizable protein and urea fermentation potential. *J. Dairy Sci.* 58:611.
- Buttery, P. 1977. *Biochemical basis of rumen fermentation*, pp. 18.
- Chalupa, W. 1968. Problems in feeding urea to ruminants. *J. Anim. Sci.* 27: 207.
- Chalupa, W. 1975. Rumen bypass and protection of protein and amino acids. *J. Dairy Sci.* 58: 1198-1218.
- Church, D.C. 1993. *El Rumiante. Fisiología Digestiva*. Ed. Acribia, S.A. España. pp 255-281.
- Coleman, S.W. And Barth, K.M. 1974. Nutrient digestibility and N-metabolism by cattle fed rations based on urea and corn silage. *J. Anim. Sci.* 39: 408-416.
- Cottrill, B.R.; Osbourn, D.F.; Wilkinson, J.M. And Richmond, P.J. 1976. The effect of dietary pH and nitrogen supplementation on the intake and utilization of maize silage by young calves (Abst.). *J. Anim. Prod.* 22: 145-155.
- Dewhurst, R.J., Davies, D.R. & Merry, R.J. 2000. Microbial Dijkstra, J. 1994. Simulation of the dynamics of protozoa in the rumen. *Br. J. Nutr.* 72:679
- Ehrenberg, P., H. Nitsche, and J. Muller. 1891. Report on protein substitutions in feeding experiments at Bettlerm (translated title). *Z. Tierernahr. Futtermittelk.* 1:33.
- Elizalde, J. y Santini, F. 1992. Suplementación de vacunos que consumen pasturas de alta calidad. II. Utilización de granos.

- Ferguson, J.; Galligan, D.; Blanchard, T. And Reeves, M. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate. *J. Dairy Sci.* 76: 3742-3746.
- Henning, P.; Steyn, D. And Meissner, H. 1993. Effect of synchronization of energy and nitrogen supply on ruminal characteristics and microbial growth. *J. Anim. Sci.* 71: 2516-2528.
- Herrera-Saldana, R., Church, D. C. and Kellems, R. O. 1982. The effect of ammoniation treatment on intake and nutritive value of wheat straw. *J. Anim. Sci.*, 54: 603-608.
- Hirstov, A.N., M. Hanigan, A. Cole, R. Todd, T. A. McAllister, P. M. Ndegwa and A. Rotz. 2011. A Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Can. J. Anim. Sci.* 91:1–35.
- Hogan, J. 1975. Quantitative aspects of nitrogen utilization in ruminants. *J. Dairy Sci.* 58: 1164-1177.
- Holter J. A. and J. T. Reid. 1959. Relationship between the concentrations of crude protein and apparently digestible protein in forages. *J Anim Sci* 1959, 18:1339–1349.
- Hoover, W. and S. Stokes. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74: 3630-3644.
- Horton, G.; W. Pitman and F. Pate. 1992. Protein supplements for corn-silage diets and their effects on subsequent growth and carcass characteristics in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 595-602.
- Huber, J. 1975. Protein and non-protein nitrogen utilization in practical dairy rations. *J. Anim. Sci.* 41: 954-961.
- Huntington, G. B., D. L. Harmon, N. B. Kristensen, K. C. Hanson, and J. W. Spears. 2006. Effects of a slow-release urea source on absorption of ammonia and endogenous production of urea by cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 130:225–241.
- Jacobson, D.; J. Barnett, S. Carr, S. and R. Hatton. 1967. Voluntary Feed Intake, Milk Production, Rumen Content, and Plasma-Free Amino Acid Levels of Lactating Cows on Low Sulfur and Sulfur-Supplemented Diets. *J. Dairy Sci.* 50: 1248.
- Kennedy, P.M. 1992. Suplementación con niveles crecientes de urea sobre el consumo y las características del rumen. *J. Anim. Sci.*

- Kilkenny, J. 1978. Utilization of maize silage for beef production. Agricultural Research Council, London; 239-262.
- Kolb, E. 1971. Microfactores en nutrición animal, pág. 60.
- Leaver, J. 1978. Utilization of maize silage by dairy herd replacement. Agricultural Research Council, London; 297-322.
- Leng, R. A., and J. V. Nolan. 1984. Nitrogen metabolism in the rumen. Symposium: Protein Nutrition of the Lactating Dairy Cow. J. Dairy Sci. 67:1072-1089.
- Mc Rae, H. and Reeds. P. 1980. Reviews in rural Sci., pp. 93-98.
- Meiske, J. C. and R. D. Goodrich. 1966. Non protein nitrogen utilization with high and low energy rations. Proc. Minn. Nutr. Conf. 27: 30.
- Melo, O.; C. Cangiano, y F. Carranza. 1982. Efecto de la urea sobre el consumo y la digestibilidad del diferido de Grama Rhodes. Revista Arg. de Producción Animal. 2 (3): 254-262.
- Milton, C. and R. Brandt. 1994(a). Source and level of crude protein for implanted finishing steers (Abst.). J. Anim. Sci. 72(1): 354.
- Milton, C. and R. Brandt. 1994(b). Level of urea in high grain diets: nutrient digestibility, microbial protein production and rumen metabolism (Abst.). J. Anim. Sci. 72(1): 354.
- Milton, C. and R. Brandt. 1994(c). Level of urea in high grain diets: finishing steer performance (Abst.). J. Anim. Sci. 72(1): 354.
- Moran, J. and Pritchard, K. 1987. Maize for fodder. Technical Report series N° 146.
- Mowat, D. N., O.B. Smith, D. R. McKnight, G K. Macleod and P. M. Snoddon. 1977. Supplemental protein needs of finishing steers fed corn silage. Can J. Anim. Sci. 57: 465. Leng, R. A., and J. V. Nolan. 1984. Nitrogen metabolism in the rumen. Symposium: Protein Nutrition of the Lactating Dairy Cow. J. Dairy Sci. 67:1072-1089.
- Nocek, J. and J. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. J. Dairy Sci. 71: 2070-2107.
- Nolan, J. 1993. Nitrogen kinetics. C.A.B. International, Wallingford. 123-143.

- Nolan, J.V. and R.C. Dobos. 2005. Nitrogen Transactions in Ruminants. En: Quantitative Aspects of Ruminant Digestion.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, D.C.
- Oltjen, R. R., L. L. Slyter and R. L. Wilson. 1972. Urea levels, protein and diethylstilbestrol for growing steers fed purified diets. J. Nutr. 102:479.
- Ørskov, E.R. 1992. Protein Nutrition in Ruminants. 2nd Edition. Academic Press. New York, EUA.
- Owens, F. and A. Goetsch. 1984. Digesta passage and microbial protein synthesis. Prentice-Hall, New Jersey. 196-223.
- Pavan, E. 1996. Revista Arg. de Producción Animal. Vol. 16, Supl. 1, pág. 134.
- Perry, T. W., W. M. Beeson, D. M. Robinson and M. T. Mohler. 1967. Liquid vs dry supplements for fattening steers. Purdue Agric. Exp. Sta. Res. Prog. Rep. 303.
- Phipps, R. 1978. Utilization of maize silage for milk production. Agricultural Research Council, London. 263-295.
- Plummer, J.; J. Miles, and J. Montgomery. 1971. Effect of urea in the concentrate mixture on intake and production of cows fed corn silage as the only forage. J. Dairy Sci. 54: 1861-1865.
- Poos, M.; L. Bull, and R. Hemken. 1979. Supplementation of diets with positive and negative urea fermentation potential, using urea or soybean meal. J. Anim. Sci. 49: 1417-1426.
- Preston R.L. 1982. Empirical value of the crude protein systems for feedlot cattle. In *Protein Requirements for Cattle: Symposium*. Edited by Owens FN. Oklahoma Experimental Station MP-109, Oklahoma State University, Stillwater, OK; 1982:201–217.
- Putman, P.A., R.R. Oltjen and D. L. Bond. 1969. Effect of soybean oil meal, reughage and progestin on the utilization of corn based finishing rations by beef cattle. J. Anim. Sci. 28:256.
- Rearte, D. 1992. Alimentación y calidad de leche. Revista Nuestro Holando. Abril de 1992. 34-45.
- Rearte, D. 1995. Ensilado de grano de maíz húmedo. II Simposio lechero de Tandil.

- Richardson, C. and E. Hatfield. 1978. The limiting amino acid in growing cattle. *J. Anim. Sci.* 46: 740-745.
- Ruiz, R. and R. Ayala. 1987. Digestión y absorción de compuestos nitrogenados. En: R. Ruiz *et al.* (Eds.) *Bioquímica nutricional: Fisiología digestiva y metabolismo intermediario en animales de granja*. Ed. EDICA. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p. 189.
- Santini, F. y C. Dini. 1986. Estimación de la proteína metabolizable de varios suplementos y henos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol 6, N°1-2: 13-22.
- Satter, L.D. and R.E. Roffler. 1975. Nitrogen requirements and utilization in dairy cattle. *J Dairy Sci* 1975, 58:1219–1237.
- Satter, L. D. and R. E. Roffler. 1977. Protein requeriment and non protein nitrogen utilization. *Trop. Anim. Prod.* 2 (3): 238-259.
- Shirley, R. 1986. Nitrogen and energy nutrition of ruminants. Academic Press INC, London. 358 p.
- Smith, T.; V. Broster, and R. Hill. 1980. A compararison of source of supplementary nitrogen for young cattle recei-ving fibre-rich diets. *J. agric. Sci., Camb.* 95: 687-695.
- Stern, M.D., G. A. Vargas, J.H. Clark, S.L. Firkins, J.T Huber, and D.L. Palmquist. 1994. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 77: 2726
- Stritzler, N.; Gallardo, M. Y Gingsins, M. 1983. Suplementación nitrogenada en forrajes de baja calidad. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 3, N°4, 283-309.
- Tamminga, S. 1992. Nutrition managements of dairy cows as a contribution to pollution control. *J. Dairy Sci.* 75: 345-357.
- Thomas, C. and J. Wilkinson. 1975. The utilization of maize silage for intensive beef production. *J. agric. Sci. Camb.* 85: 255-261.
- Twigg, J. and L. Van Gils. 1988. Practical aspects of feeding protein to dairy cows. *Recent Developments in ruminant nutrition*, 196-212.
- Van Horn, H.; C. Foreman, and J. Rodriguez. 1967. Effects of high urea supplementation on feed intake and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 50: 709-714.

- Van Horn, H.; S. Marshall, and J. Wilcox. 1975. Complete rations for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 58: 1101-1108.
- Vasconcelos, J.T. and M.L. Galyean. 2007. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey. *J Anim. Sci.* **85**:2772–2781.
- Vasconcelos, J.T., N.A. Cole, K.W. McBride, A. Gueye, M.L. Galyean, C.R. Richardson and L.W. Greene. 2009. Effects of dietary crude protein and supplemental urea levels on nitrogen and phosphorus utilization by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 87:1174–1183.
- Veira, D.; G. Macleod, J. Burton, and J. Stone. 1980 (a). Nutrition of the weaned holstein calf. I. Effects of die-tary protein level on rumen metabolism. *J. Anim. Sci.* 50: 936-944.
- Veira, D.; G. Macleod, J. Burton, and J. Stone. 1980 (b). Nutrition of the weaned holstein calf. II. Effects of die-tary protein level on nitrogen balance, digestibility and feed intake. *J. Anim. Sci.* 50: 945-951.
- Virtanen, A. I. 1966. Milk production of cows on protein-free feed. *Science* 153 : 1603.
- Wales, W.; J. Moran, and D. Farrel. 1993. Growing out feeder steers and finishing feedlot cattle on systems incorpo-rating maize silage (Abst.). *Recent advances in animal nutrition in Australia 1993.* 97: 106.
- Wilson, G.; F. Martz; Y. Campbell, and B. Becker. 1975. Evaluation of factors responsible for reduced voluntary intake of urea diets for ruminants. *J. Anim. Sci.* 41: 1431-1437.
- Wu, S.H.W. and A. Papas. 1997. Rumen-stable delivery systems. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 28:323
- Young, A. W., J. A. Boling and N. W. Bradley. 1973. Performance and Plasma Amino Acids of Steers Fed Soybean Meal, Urea or no Supplemental Nitrogen in Finishing Rations. *J. Anim. Sci.* 36:803-808.
- 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., R. Barrajas, M. Montañó and R. A. Ware. 2003. Influence of dietary urea level on digestive function and growth performance of cattle fed steam-flaked barley- based finishing diets. *J. Anim. Sci.* 81:2383–2389.

EXPERIMENTO I

Running Head: Ruminant degradable intake protein and finishing cattle

Influencia del retiro de urea suplemental durante la última fase de la finalización de ganado de engorda sobre función digestiva.

Dixie May¹, Jose F Calderon¹, Victor M Gonzalez¹, Martin Montano¹, Alejandro Plascencia¹, Jaime Salinas-Chavira², Noemi Torrentera¹ and Richard A Zinn^{3*}

¹ Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, UABC, Mexicali, Baja California 21100, México. ² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAT, Cd. Victoria, Tamaulipas 87000, México. ³ Department of Animal Science, University of California, Davis E. Holton Rd, El Centro, CA 92242, USA

Received: 29 April 2014. Accepted: 16 July 2014. Published: 13 August 2014

Artículo publicado en:

Journal of Animal Science and Technology 2014, 56:14. **ISSN: 2055-0391.**

<http://www.janimscitechnol.com/content/56/1/14>

* Correspondence: razinn@ucdavis.edu

³Department of Animal Science, University of California, Davis E. Holton Rd, El Centro, CA 92242, USA

Full list of author information is available at the end of the article

© 2014 May et al.; licensee BioMed Central Ltd. 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 credited. The Creative Commons Public Domain.

Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.

RESUMEN. Se realizó una prueba para evaluar el efecto del retiro de urea sobre características de digestión durante los últimos 40 días en la última fase de la finalización del ganado de engorda. Los tratamientos consistieron en una dieta de finalización en base a maíz hojueleado a vapor, donde la urea fue ajustada para proveer 0, 0,6 y 1.2 % de potencial de fermentación de urea (UFP) esperado. Se utilizaron 6 novillos Holstein (160 ± 10 kg) con cánulas en rumen y duodeno proximal en un experimento con diseño de Cuadrado Latino replicado 3 X 3. Al disminuir la urea, disminuyó la digestión ruminal de MO (efecto lineal, $P \leq 0.05$). Este efecto fue mediado por disminuciones en la digestibilidad ruminal de FDN y N (efecto lineal, $P \leq 0.05$). El flujo de N no amoniacal y N microbial (NM) al intestinal delgado disminuyó con el incremento del nivel de urea en la dieta (efecto lineal, $P = 0.04$). La digestión en tracto total de MO (efecto lineal, $P = 0.06$), FDN (efecto lineal, $P = 0.07$), N (efecto lineal, $P = 0.04$) y ED dietaria (efecto lineal, $P = 0.05$) disminuyeron con la disminución en el nivel de urea. Los efectos de los tratamientos sobre la digestión del almidón en tracto total, aunque numéricamente pequeñas, tendieron de la misma forma a disminuir (efecto lineal, $P = 0.11$) conforme se disminuyó el nivel de urea. La disminución en la digestión de fibra representó el 51% de la variación de la digestión de la MO. El pH ruminal no fue afectado por los tratamientos promediando 5.82. La disminución del nivel de urea disminuyó (efecto lineal, $P \leq 0.05$) el N amoniacal ruminal y el N ureico en sangre.

(Palabras claves: Ganado, Proteína Degradable, Digestión)

INTRODUCCIÓN

El N excretado en heces y orina puede perderse en forma de amoníaco, afectando potencialmente la calidad del aire (Vasconcelos *et al.*, 2009). En dietas convencionales de finalización a base de maíz hojueado al vapor, la urea es la principal fuente de N suplemental, añadido a la formulación para optimizar el flujo neto de N microbial hacia el intestino delgado (potencial de fermentación de urea). Durante la última etapa de finalización, cuando el suministro de proteína metabolizable excede los requerimientos de crecimiento, la economía del N puede ser mejorada por la suplementación de urea a un nivel que limitaría la síntesis neta de proteína microbial.

Sin embargo, el impacto de esta práctica sobre el desarrollo del ganado, características, lugar y magnitud de digestión han recibido atención limitada en la investigación. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la restricción del consumo de proteína degradable en rumen (RDIP) sobre las características de digestión del ganado de engorda durante la última etapa de finalización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento se realizó en la Unidad Experimental de Metabolismo de Rumiantes del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California localizada 10 km al sur en la Ciudad de Mexicali en el Noroeste de México (32° 40' 7"N y 115° 28' 6"W). El lugar está cerca de 10 m bajo el nivel del mar, y tiene condiciones desérticas (clasificación BWh de acuerdo a Köppen). Todos los procedimientos para manejo de los animales se realizaron de acuerdo a los lineamientos de las técnicas locales aprobadas para uso y cuidado de animales (NOM-051-ZOO-1995: cuidado humanitario de los animales durante la movilización; NOM-062-ZOO-1995: especificaciones técnicas para el uso y cuidado de animales de laboratorio). Las explotaciones ganaderas, granjas, centros de producción, reproducción y cría, zoológicos y sala de exposiciones, deben cumplir con los principios básicos del bienestar de los animales; NOM- 024- ZOO- 1995: estipulaciones zoonosanitarias y características durante el transporte de los animales. Estas regulaciones concuerdan con los

principios y especificaciones presentados en el Guidelines for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching (FASS, 2010).

Animales, dietas y muestreo

Se utilizaron 6 novillos Holstein (160 ± 10 kg) con cánulas en rumen y duodeno proximal (Zinn and Plascencia, 1993) en un experimento con diseño de Cuadro Latino 3×3 replicado. Burroughs *et al.* (1975) propuso que la cantidad del consumo de proteína degradable (DIP) necesaria para optimizar el crecimiento microbiano era equivalente a la síntesis neta de proteína microbiana. En consecuencia, el potencial de fermentación de urea de la dieta (porcentaje de urea adicional que puede ser añadida a la dieta para optimizar el crecimiento microbiano) sería equivalente a: $(0.104TDN - DPI)/2.8$, donde TND es expresado como un porcentaje, y DPI es expresado como un porcentaje de RDP en la dieta basal antes de la suplementación de urea. Por lo tanto, los tratamientos consistieron de una dieta a base de maíz hojueado al vapor ajustado para limitar el consumo de proteína degradable en rumen y proveer así potenciales de fermentación de urea de 0 (UFP-0), 0.6 (UFP-0.6) y 1.2% (UFP-1.2). La composición de las dietas experimentales se muestra en el Cuadro 1. Se incluyó óxido cromo (0.40%, BMS) como marcador de digesta. El consumo de material seco se ajustó a 4.0 kg/d (2.2% PV) y fue ofrecido en porciones iguales a las 0800 y 2000 diariamente. Los tres periodos experimentales consistieron de 10 d de adaptación a la dieta, seguido por 4 d de colección de muestras. Durante el periodo de colección se tomaron muestras de contenido duodenal y heces de todos los novillos, dos veces al día de la siguiente manera: d 1, 1050 y 1650; d 2, 0900 y 1500; d 3, 0730 y 1330, y d 4, 0600 y 1200. Las muestras individuales consistieron de aproximadamente 750 ml de quimo duodenal y 200 gr (base húmeda) de heces fecales. Las muestras de cada novillo en cada periodo de colección fueron mezcladas para formar muestras compuestas para su análisis. El último día de cada periodo de colección, 4 horas post-consumo (1200 h), se tomaron muestras de contenido ruminal y sangre de cada novillo vía cánula ruminal y vena caudal respectivamente. El pH ruminal fue determinado insertando un electrodo en las

muestras frescas recién colectadas. Las muestras de fluido ruminal fueron divididas en dos partes: 40 ml fueron medidos y colocados en una bolsa de plástico, colocada en baño de hielo y llevada al laboratorio para determinación de N amoniacal en contenido ruminal fresco (Fawcett and Scott, 1960). El contenido restante fue filtrado a través de cuatro capas de gasa. Se agregaron 10 ml de ácido metafosfórico al 25% (peso/vol) recién preparado a 40 ml del contenido ruminal filtrado, 10 ml fueron centrifugados ($17,000 \times g$ por 10 min) y el sobrenadante fue almacenado a -20°C para análisis de AGVs. Al completar el experimento, se obtuvo contenido ruminal, vía cánula, de todos los novillos, el cual fue mezclado para aislamiento microbial vía centrifugación diferencial (Bergen *et al.*, 1968). El aislamiento microbial fue preparado para análisis mediante secado en horno a 70°C y después molida con mortero y mano. Las muestras de alimento, contenido duodenal y fecal fueron preparadas para análisis mediante secado a 70°C y posteriormente molidas en molino de laboratorio. Las muestras molidas fueron secadas en horno a 105°C hasta que no hubo pérdida de peso para luego ser almacenadas en frascos de vidrio sellados herméticamente.

Análisis de muestras y cálculos

Las muestras fueron sometidas a todos o parte de los siguientes análisis: MS (secado en horno a 105°C hasta que no hubo pérdida de peso), ceniza, N-NH₃, Kjeldahl N (AOAC, 2000), FDN corregida por ceniza insoluble (Van Soest *et al.*, 1991), purinas (Zinn and Owens, 1986), almidón (Zinn, 1990) y concentración de AGVs en contenido ruminal (cromatografía de gases) (Zinn, 1988), EB (calorimetría con bomba adiabática) y óxido crómico (Hill and Anderson, 1958). El flujo duodenal y la excreción fecal de MS fueron calculadas en base al índice del marcador usado óxido crómico. La material orgánica microbial (MOM) y el N microbial (NM) procedente del abomaso fueron calculados usando purinas como un marcador microbial (Zinn and Owens, 1986). La material orgánica fermentada en rumen fue considerada igual a la MO consumida menos la diferencia entre la cantidad de MO total y la MOM que llegaron a duodeno. El N consumido que escapó de la digestión ruminal fue considerado igual al N total que ingresó a

duodeno menos la suma de N-NH₃, microbial y N endógeno (0.195 g/kg W^{0.75}) (Ørskov *et al.*, 1986). La producción de metano (mol/mol de glucosa equivalente fermentada) se estimó con base en el balance teórico de fermentación de la distribución molar observada de AGVs (Wolin, 1960). Las muestras de sangre colectadas fueron centrifugadas y el plasma analizado para determinación de N Ureico Sanguíneo (BUN) por método de placa usando Vitros Bun/Urea DT60 II (Ortho Clinical Diagnostics, Inc., Rochester, NY) y N-NH₃ ruminal (Fawcett and Scott, 1960).

Diseño y análisis estadístico

Los efectos del nivel de urea sobre las características de digestión en el Ganado fueron analizados como un diseño de Cuadrado Latino 3 X 3 replicado usando el procedimiento MIXED (SAS Inst. Inc., Cary, NC). El efecto fijo consistió en el tratamiento y los efectos aleatorios consistieron en el novillo y periodo. El modelo estadístico para el experimento fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_l + S_{i(l)} + P_{j(l)} + T_k + E_{ijk},$$

Dónde: Y_{ijk} es la respuesta variable, μ es el efecto común experimental, R_l es el efecto replicado, S_i es el efecto del novillo en el replicado, P_j es el efecto del periodo en el replicado, T_k es el efecto del tratamiento en el replicado y E_{ijk} es el error residual. Los efectos de los tratamientos fueron probados usando los siguientes contrastes: 1) efecto lineal del nivel de urea y 2) efecto cuadrático del nivel de urea, los cuales fueron determinados de acuerdo al SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC; Versión 9.1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La influencia de los tratamientos sobre la digestión ruminal y de tracto total se muestra en el Cuadro 2. Al reducir la urea suplementaria se disminuye (efecto lineal, $P \leq 0.05$) la digestión ruminal de la MO. Este efecto estuvo mediado por las reducciones en la digestibilidad ruminal de la FDN (efecto lineal, $P = 0.05$), del almidón (efecto lineal, $P = 0.09$) y N (efecto lineal, $P = 0.04$). De la misma manera Zinn *et al.* (1994) observaron una menor digestión ruminal de la MO, FDN y

almidón como respuesta a la reducción en la suplementación de urea en dietas de finalización a base de maíz hojueledado al vapor para novillos de engorda.

El flujo de N no amoniacal hacia intestino delgado disminuyó (efecto lineal, $P = 0.04$) con la reducción del nivel de urea en la dieta. Este efecto fue debido a una depresión en la síntesis de NM (efecto lineal, $P = 0.04$). Tomando en consideración sólo el consumo de energía, el flujo previsto de NM hacia intestino delgado fue de 48 g/d (NRC, 1996, Level 1). En consecuencia, con un decremento en el nivel de urea, el flujo observado de NM hacia el intestino delgado fue de 85, 73 y 65% del flujo previsto para UFP-0, UFP-0.6 y UFP-1.2, respectivamente. Este descenso en la síntesis neta es consistente con Zinn y Shen (1998), quienes observaron que el flujo de NM hacia intestino delgado disminuye cuando el consumo de proteína degradable cae por debajo de los 100g/kg de MO digestible en tracto total. Para el presente estudio, el consumo de proteína digestible promedió 95, 81 y 61 g/kg de MO digestible en tracto total para UFP-0, UFP-0.6 y UFP-1.2, respectivamente. De esta manera es evidente que a medida que el consumo de DIP cae por debajo de 95 g/kg de MO digestible no hay compensación suficiente en el reciclaje de N ruminal para mantener el crecimiento microbiano, y a medida que se reduce el crecimiento microbiano, decrece también la digestión de MO microbiano.

No existió efecto de los tratamientos ($P = 0.20$) sobre el pasaje del N consumido hacia intestino delgado. A pesar de la reducción del flujo de N no amoniacal al intestino delgado debido al menor nivel de urea, la eficiencia del N ruminal (flujo de N no amoniacal al intestino delgado como una fracción de la ingesta de N) aumentó (lineal, $P < 0.05$), lo que refleja una mayor contribución de N reciclado en la síntesis de proteína microbiana, consistente con la observación de que el flujo de N ruminal aumenta inversamente con la concentración de N en la dieta (Muscher *et al.* 2010). El DIP observado (Cuadro 2) promedió 103 % de lo esperado sobre la base de los valores tabulares (NRC, 1996) (Cuadro 1) para los tres tratamientos dietarios.

La digestión en tracto total de la MO (efecto lineal, $P = 0.06$), FDN (efecto lineal, $P = 0.07$), N (efecto lineal, $P = 0.04$) y ED dietaria (efecto lineal, $P = 0.05$) disminuyeron al bajar el nivel de urea.

El efecto de los tratamientos sobre la digestión en tracto total del almidón, aunque numéricamente pequeños, igualmente tendió (efecto lineal, $P = 0.11$) a disminuir conforme se bajó el nivel de urea. La reducción en la digestión de la fibra representó el 51 % de la variación en la digestión OM. En un estudio previo, que involucraba dietas de finalización a base de maíz hojueado al vapor en el cual la urea fue la única fuente de proteína suplementaria (Zinn *et al.* 1994), incrementar el nivel de urea de 1.0 a 1.6% (un nivel arriba similar al del presente estudio, Cuadro 1) aumento de la misma forma la digestión en tracto total de la MO y fibra. En contraste, Zinn y Shen (1998) observaron que al retirar la urea de las dietas a base de maíz hojueado al vapor en dietas de crecimiento-finalización se deprimió marcadamente la digestión de la MO ruminal y el flujo de NM a intestino delgado pero no afectó la digestión de MO en tracto total. Los efectos del tratamiento sobre la digestión aparente del N fueron en gran parte una función del contenido de N de la dieta provocada por cambios en el nivel de urea en la dieta (Holter and Reid, 1959).

El efecto de los tratamiento sobre el pH ruminal, las proporciones molares de AGVs y BUN, se muestran en el Cuadro 3. El pH ruminal (medido 4 h post-consumo) no fue afectado ($P = 0.51$) por los tratamientos, promediando 5.82. Tras la hidrólisis, la urea dietaria puede tener un apreciable efecto alcalinizante sobre el pH ruminal durante las primeras horas después del consumo (Zinn *et al.*, 2003). Sin embargo, a 4 h post-pandrial el efecto de la suplementación de la urea de las dietas a base de maíz sobre el pH ruminal ha sido insignificante (Zinn *et al.*, 1994; Milton *et al.*, 1997; Brake *et al.*, 2010).

El descenso del nivel de urea bajó (efecto lineal, $P < 0.01$) el N-NH₃ ruminal. Se ha reportado que la concentración de N-NH₃ se incrementa inmediatamente después de 2 a 3 h de la alimentación (Chumpawadee *et al.*, 2006; Seo *et al.*, 2010). Satter and Roffler (1975) observaron una relación cercana ($R^2 = 0.92$) entre el nivel de PC de la dieta y la concentración de N-NH₃ ruminal a

un TDN dado. De la misma forma en el presente estudio la PC de la dieta explicó el 88% de la variación de la concentración de N-NH₃. La concentración de N ureico sanguíneo (BUN) 4 h post-consumo también disminuyó (efecto lineal, $P < 0.01$) al bajar la suplementación de la urea. El BUN también tiene una relación estrecha con la PC de la dieta y las concentraciones de N-NH₃ ruminal (Hammond, 1983; Hennessy and Nolan, 1988). Consistente con Zinn *et al.* (1994), la disminución del nivel de urea incrementó la relación molar acetato: propionato (efecto lineal, $P = 0.05$) y la producción estimada de metano (mol/mol de glucosa equivalente fermentada) (efecto lineal, $P = 0.04$).

Se concluye que, además de los efectos sobre el flujo neto de proteína al intestino delgado, restringiendo al ganado de N degradable en rumen durante la última fase de la finalización puede impactar negativamente el lugar y nivel de la digestión de MO dietaria.

REFERENCIAS

- AOAC (2000). Official methods of analysis. (17th ed.) Association Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- 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.* 27: 1497-1501.
- Brake, D. W., E. C. Titgemeyer, M. L. Jones and D.E. Anderson. 2010. Effect of nitrogen supplementation on urea kinetics and microbial use of recycled urea in steers consuming corn-based diets. *J. Anim. Sci.* 88:2729–2740.
- Burroughs, W., D.K. Nelson and D.R. Mertens. 1975. Protein physiology and its application in the lactating cow: The metabolizable protein feeding standard. *J. Anim. Sci.* 41:933–944.
- Chumpawadee, S., K. Sommart, T. Vongpralub and V. Pattarajinda. 2006. Effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on ruminal fermentation, microbial protein synthesis, blood urea nitrogen and nutrient digestibility in beef cattle. *Asian-Aust J. Anim. Sci.* 19:181–188.

- FASS. 2010. Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching, 3rd Ed. Federation of Animal Science Societies. Champaign, IL.
- Fawcett, F. K. and J. E. Scott. 1960. A rapid and precise method for the determination of urea. *J. Clin. Pathol.* 13:156–159.
- Hammond, A. C. 1983. Effect of dietary protein level, ruminal protein solubility and time after feeding on plasma urea nitrogen and the relationship of plasma urea nitrogen to other ruminal and plasma parameters. *J. Anim. Sci.* 57(1):435.
- Hennessy, D.W. and J. V. Nolan. 1988. Nitrogen kinetics in cattle fed a mature subtropical grass hay with and without protein meal supplementation. *Aust. J. Agric. Res.* 39:1135–1150.
- Hill, F. N., and D.L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks. *J. Nutr.* 64:587–603.
- Holter, J.A. and J.T. Reid J.T.1959. Relationship between the concentrations of crude protein and apparently digestible protein in forages. *J. Anim. Sci.* 18:1339–1349.
- Milton, C.T, R.T. Brandt Jr. and E.C. Titgemeyer. 1997. Urea in dry rolled corn diets: Finishing steers performance, nutrient digestion and microbial protein production. *J. Anim. Sci.* 75:1415–1424.
- Muscher, A.S., B. Schroder, G. Breves and K. Huber. 2010. Dietary nitrogen reduction enhances urea transport across goat rumen epithelium. *J. Anim. Sci.* 88:3390–3398.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Ed. National Academy of Press, Washington, DC.
- 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.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT User's Guide: Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, North Caroline.

- Satter, L. D. and R. E. Roffler. 1975. Nitrogen requirements and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 58:1219–1237.
- Seo, J. K., J. Y. Yang, H. J. Kim, S. D. Upadhaya, W. M. Cho and J.K Ha. 2010. Effects of synchronization of carbohydrate and protein supply on ruminal fermentation, nitrogen metabolism and microbial protein synthesis in Holstein steers. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23:1455–1461.
- Wolin, M.J.:1960. A theoretical rumen fermentation balance. *J. Dairy Sci.* 43:1452–1459.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy. Sci.* 74:3583–3597.
- Vasconcelos, J.T., N.A. Cole, K.W. McBride, A. Gueye, M.L. Galyean, C.R. Richardson and L.W. Greene. 2009. Effects of dietary crude protein and supplemental urea levels on nitrogen and phosphorus utilization by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 87:1174–1183.
- 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 steaming time on site digestion of flaked corn in steers. *J. Anim. Sci.* 68:776-781.
- Zinn, R. A. and A. Plascencia. 1993. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. *J. Anim. Sci.* 71:11–17.
- 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 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., J. L. Borquez and A. Plascencia. 1994. Influence of levels of supplemental urea on characteristics of digestion and growth performance

of feedlot steers fed a fat-supplemented high-energy diets. Prof. Anim. Sci. 10:5–10.

Zinn, R. A., R. Barajas, M. Montañó and R. A. Ware. 2003. Influence of dietary urea level on digestive function and growth performance of cattle fed steam-flaked barley- based finishing diets. J. Anim. Sci. 81:2383–2389.

Cuadro 1. Ingredientes y composición de las dietas experimentales.

Concepto	Potencial de Fermentación de Urea		
	0	0.6	1.2
Ingrediente, % de MS			
Maíz Hojueleado al Vapor	80.00	80.30	80.90
Heno de Sudán	5.00	5.00	5.00
Heno de Alfalfa	5.00	5.00	5.00
Urea	1.25	0.70	0.10
Melaza de caña	5.00	5.00	5.00
Grasa Amarilla	2.00	2.00	2.00
Roca caliza	1.40	1.40	1.40
Sal MT ²	0.40	0.40	0.40
Óxido de Magnesio	0.20	0.20	0.20
Monensina ³ , g/T	22.00	22.00	22.00
Composición nutrimental (Base MS) ⁴			
EN _m , Mcal/kg	2.23	2.24	2.25
EN _g , Mcal/kg	1.56	1.56	1.58
ED, Mcal/kg	3.86	3.86	3.89
PC, %	13.00	11.50	9.91
FDN, %	12.50	12.50	12.50
Cálcio, %	0.66	0.66	0.66
Fósforo, %	0.28	0.28	0.28

¹Óxido crómico (.40%) fue agregado como marcador de digesta.

²Sal conteniendo: CoSO₄, .068%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO₄, 1.07%; KI, .052%; y NaCl, 92.96%.

³Rumen sin 80 (Elanco Animal Health, Greenfield, IN).

⁴Basado en valores tabulares para los ingredientes individuales (NRC, 1996)

Cuadro 2. Influencia de los tratamientos sobre las características de digestión.

Concepto	Potencial de Fermentación de Urea, %			P - value		
	0	0.6	1.2	Lineal	Cuadrático	MSE
Novillos replicados	6	6	6			
Consumo, g/d						
MS ¹	3556	3553	3551			
MO	3343	3359	3378			
FDN	453	455	457			
N	66.2	57.6	48.2			
Almidón	1907	1919	1932			
EB, Mcal/d	15.2	15.2	15.3			
Flujo a duodeno, g/d						
MO	1655	1749	1894	0.05	0.76	83
FDN	338	370	456	0.05	0.55	42
Almidón	385	441	533	0.08	0.77	61
N	76.4	68.8	64.4	0.04	0.70	4.0
N Microbial	40.6	34.7	31.4	0.04	0.69	3.0
N-NH ₃	2.30	2.04	1.58	0.06	0.72	0.3
N No Amoniacal	74.1	66.7	62.9	0.04	0.66	3.8
N Consumido	33.5	32.0	31.5	0.20	0.71	1.2
Digestión Ruminal, %						
MO	62.6	58.3	53.2	0.04	0.91	3.2
FDN	25.3	18.6	0.28	0.05	0.54	9.0
Almidón	79.8	77.0	72.4	0.09	0.78	3.1
N Consumido	49.4	44.5	34.7	0.04	0.64	5.0
Eficiencia Microbial ²	19.4	17.8	17.5	0.06	0.40	0.7
Eficiencia Protéica ³	1.12	1.16	1.30	0.05	0.44	0.07
Excreción Fecal, g/d						
MO	624	705	756	0.06	0.77	48
FDN	282	319	348	0.06	0.87	25
Almidón	35.9	49.0	56.6	0.10	0.78	9.4
N	20.9	22.2	21.8	0.48	0.44	1.0
EB, Mcal/d	3.28	3.66	3.90	0.05	0.75	0.2
Digestión post-ruminal, % de flujo a duodeno						
MO	62.2	59.7	60.0	0.37	0.49	1.9
FDN	15.3	11.2	22.8	0.41	0.33	7.3
Almidón	90.5	89.1	89.3	0.60	0.69	1.9
N	72.6	67.6	66.2	0.08	0.53	2.7
Digestión postruminal, % de consumo						
MO	30.9	31.1	33.7	0.21	0.52	1.8
FDN	12.5	11.2	23.6	0.23	0.38	7.2
Almidón	18.3	20.4	24.7	0.11	0.73	2.9
N	83.9	80.8	88.5	0.40	0.26	4.3
Digestión de Tracto total, %						
MO	81.3	79.0	77.6	0.06	0.75	1.4
FDN	37.8	29.8	23.9	0.07	0.85	5.3
Almidón	98.1	97.4	97.1	0.11	0.77	0.5
N	68.5	61.5	54.9	0.04	0.97	4.5
ED, %	78.5	76.0	74.5	0.05	0.74	1.4
ED, Mcal/kg	3.36	3.26	3.20	0.05	0.73	0.06

¹ MS fue restringida a 2.2% de PV diario.

² N Microbial, g/kg MO fermentada.

³ Flujo de N No Amoniacal a intestino delgado como fracción de N consumido.

Cuadro 3 Efecto de los tratamientos sobre pH ruminal, proporciones molares de AGV y BUN

Concepto	Potencial de Fermentación de Urea			P – value		MSE
	0	0.6	1.2	Lineal	Cuadrático	
pH ruminal	5.75	5.86	5.84	0.51	0.59	0.10
N-NH3 ruminal (mg/dL)	5.37	4.69	3.89	0.05	0.91	0.56
AGV totales (mM)	95.9	105	94.2	0.83	0.21	5.4
AGV ruminales (mol/100 mol)						
Acetato	46.8	49.2	57.5	0.08	0.54	4.6
Propionato	36.1	30.1	20.3	0.04	0.74	5.7
Isobutirato	1.19	1.17	0.89	0.30	0.60	0.23
Butirato	12.0	15.1	17.7	0.17	0.93	3.1
Isovalerato	1.53	1.77	0.83	0.19	0.20	0.41
Valerato	2.36	2.63	2.83	0.42	0.95	0.48
Acetato: propionato	1.34	1.85	2.94	0.05	0.63	0.59
Metano ¹	0.35	0.44	0.60	0.04	0.70	0.09
BUN (mg/dL)	4.43	2.80	1.45	<0.01	0.53	0.25

¹Producción de metano (mol/mol de glucosa equivalente fermentada) se estimó con base en el balance teórico de fermentación de la distribución molar observada de AGV (Wolin, 1960)

EXPERIMENTO II

Running Head: Ruminant degradable intake protein and finishing cattle

Influencia del retiro de urea suplemental durante la última fase de la finalización de ganado de engorda sobre comportamiento, rendimiento en canal y aporte estimado de proteína y aminoácidos metabolizables.

Dixie May¹, Jose F Calderon¹, Victor M Gonzalez¹, Martin Montano¹, Alejandro Plascencia¹, Jaime Salinas-Chavira², Noemi Torrentera¹ and Richard A Zinn^{3*}

¹ Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, UABC, Mexicali, Baja California 21100, México. ² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAT, Cd. Victoria, Tamaulipas 87000, México. ³ Department of Animal Science, University of California, Davis E. Holton Rd, El Centro, CA 92242, USA

Received: 29 April 2014. Accepted: 16 July 2014. Published: 13 August 2014

Artículo publicado en:

Journal of Animal Science and Technology 2014, 56:14. **ISSN: 2055-0391.**

<http://www.janimscitechnol.com/content/56/1/14>

* Correspondence: razinn@ucdavis.edu

³Department of Animal Science, University of California, Davis E. Holton Rd, El Centro, CA 92242, USA

Full list of author information is available at the end of the article

© 2014 May et al.; licensee BioMed Central Ltd. 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 credited. The Creative Commons Public Domain

Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.

RESUMEN. Se realizó una prueba para evaluar la influencia del retiro de proteína suplemental sobre el comportamiento productivo del ganado de engorda durante los últimos 40 d de alimentación. Los tratamientos consistieron de una dieta a base de maíz hojueado al vapor suplementada con urea para proveer un potencial de fermentación de urea (UFP) de 0, 0.6 y 1.2%. Se utilizaron 90 novillos cruzados (468 kg \pm 8) en una prueba de alimentación (5 novillos/corral, 6 corrales/ tratamiento) de 40 d para evaluar los efectos de los tratamientos durante la última etapa de crecimiento. La disminución en el nivel de urea no afectó el consume de material seca (MS), pero disminuyó (efecto lineal, $P \leq 0.03$) la ganancia diaria de peso (GDP), la eficiencia alimenticia y la energía neta (EN) de la dieta. Se concluye que privar al ganado de N degradable en rumen (RDP) durante la última etapa de finalización puede impactar negativamente disminuyendo la GDP, la eficiencia alimenticia y la EN de la dieta. (Palabras clave: Ganado, Proteína Degradable, Comportamiento Productivo).

INTRODUCCIÓN

Debido a su bajo costo por unidad de N en comparación con la mayoría de las fuentes de proteína natural, la urea es la principal fuente de N suplementario en la dietas convencionales de finalización a base de maíz hojueado al vapor para ganado de engorda (Vasconcelos *et al.*, 2009).

En una revisión de las recomendaciones del consultor de nutrición en 11 estados en los Estados Unidos, Vasconcelos y Galyean (2007) observaron que en promedio las dietas de finalización a base de maíz hojueado al vapor contenían 13.5% de PC con 1.2% de urea suplementaria (aproximadamente 64% de DIP). Aunque al formular la dieta de esta manera se espera satisfacer el potencial de fermentación de urea (UFP) para un óptimo crecimiento microbiano, se puede exceder las necesidades de proteínas para el crecimiento del ganado, particularmente durante la última etapa de finalización. Preston (1982) propuso la factibilidad de restringir la suplementación de proteína durante la última etapa de finalización como una medida para minimizar el exceso de N asociado al impacto ambiental (Hirstov *et al.*, 2011; Vasconcelos *et al.*, 2009;) sin detrimento del

comportamiento productivo. Sin embargo, el impacto de esta práctica ha recibido limitada atención en investigación. El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la restricción del consumo de proteína degradable en rumen sobre el comportamiento productivo del ganado de engorda en la última etapa de finalización.

MATERIALES Y MÉTODOS

La prueba se realizó en el Desert Research and Extension Center de la Universidad de California, Davis, localizada en Holtville, California. Todos los procedimientos que involucraron manejo y cuidado animal estuvieron de conformidad con lo aprobado por el Comité de Uso y Cuidado Animal de la Universidad de California, Davis.

Animales y dietas

Se utilizaron 90 novillos cruzados con un peso promedio inicial de 468 ± 8 kg en un prueba de finalización de 40 d para evaluar los efectos del tratamiento sobre comportamiento productivo. Los novillos tuvieron un peso de compra de 214 ± 14 kg y fueron alimentados por 197 d antes del inicio de la prueba. Los novillos habían sido implantados con Synovex-S (Zoetis, Florham Park, NJ) a su llegada al corral de engorda y con Revalor-S (Merck Animal Health, Summit, NJ) en el día 98. Diez días antes del inicio de la prueba los novillos fueron pesados, reimplantados con Revalor-S, bloqueados por peso y asignados aleatoriamente dentro de los grupos de peso a 18 corrales (5 animales/corral). Los corrales eran de 43 m^2 , con 22 m^2 de sombra, bebederos automáticos y comederos de 2.4 m de largo. Los tratamientos consistieron de una dieta de finalización a base de maíz hojueado al vapor ajustada para restricción de DIP para proveer potenciales de fermentación de urea de 0 (UFP-0), 0.6 (UFP-0.6) y 1.2% (UFP-1.2). La composición de las dietas experimentales se muestra en el Cuadro 1. Todos los novillos recibieron la dieta UFP-0 durante 10 d antes del inicio de la prueba. Las dietas fueron preparadas en intervalos semanales y almacenadas en cajas de madera localizadas al frente de cada corral. El alimento fresco fue ofrecido dos

veces al día y los novillos tuvieron libre acceso a la dieta. Los novillos fueron pesados en forma individual al inicio y al completar la prueba.

Cálculos

En el cálculo del comportamiento de los novillos los pesos vivos se redujeron 4% para ajustar el llenado del tracto digestivo. Las estimaciones de comportamiento productivo de los novillos se basaron en las medias por corral. Los valores de energía neta para cada dieta fueron calculados a partir de los estimados de energía de ganancia (EG, Mcal/d) basado en el comportamiento productivo; $EG = 0.0557 PV^{0.75} (GDP^{1.097})$, donde EG es la energía diaria depositada (Mcal/d), PV es la media del peso corporal reducido (peso x 0.96) y energía de mantenimiento expandida (EM, Mcal/d); $EM = 0.077 PV^{0.75}$ (Hill y Anderson, 1958). La ENg de la dieta fue derivada de la ENm por la ecuación: $NE_g = 0.877 NE_m - 0.41$ (Zinn y Shen, 1998). El consumo de MS está relacionado a los requerimientos de energía y ENm de acuerdo a la siguiente ecuación: Consumo de MS = EG / NE_g , y puede ser resuelta por la estimación de la EN de la dieta por

medio de la formula cuadrática: $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$, donde x = ENm, a = -0.877

consumo de MS, b = 0.877 EM + 0.41 consumo de MS + EG y c = -0.41 EM (Zinn y Shen, 1998). Todos los novillos se sacrificaron el mismo día. Cada canal fue pesada al momento del sacrificio para determinar rendimiento en canal (USDA, 1997).

Análisis estadístico

Los datos de comportamiento (ganancia, eficiencia de ganancia y energías de la dieta) y canal fueron analizados como un diseño de bloques completos al azar, la unidad experimental fue el corral. Se usó el procedimiento MIXED (SAS Inst. Inc., Cary, NC). El efecto fijo consistió en el tratamiento y el corral fue el componente aleatorio. Los efectos de los tratamientos fue probados usando los siguientes contrastes: 1) efecto lineal del nivel de urea y 2) efecto cuadrático del nivel de urea, los cuales se determinaron de acuerdo a SAS (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los tratamientos sobre el comportamiento productivo se muestran en el Cuadro 2. La reducción de urea no afectó el consumo de MS ($P = 0.32$), pero disminuyó la GDP (efecto lineal, $P < 0.01$), la eficiencia de ganancia (efecto lineal, $P < 0.01$) y la EN de la dieta (efecto lineal, $P = 0.03$). Pocas estudios han evaluado la influencia de una marcada restricción de RDP sobre el comportamiento productivo y EN dietaria en ganado de engorda alimentado con dietas de finalización a base maíz hojueleado al vapor. Como en el presente estudio, Zinn *et al.* (1994) observaron con un incremento lineal en la urea un incremento lineal en la GDP, eficiencia de ganancia y EN de la dieta. El UFP de la dieta basal sin suplementar en ese estudio era de 1.36%, indicando que el comportamiento del ganado pudo ser mejorado cuando el nivel de suplementación de urea superó el nivel necesario para la máxima síntesis de proteína microbiana ruminal. De la misma manera que con el maíz hojueleado al vapor, la suplementación de urea en dietas de finalización a base de maíz rolo en seco para satisfacer el UFP también mejora la GDP y la eficiencia de ganancia (Milton *et al.*, 1997; Tedeschi *et al.*, 2002).

La reducción en la EN de la dieta debido a la restricción de la ingesta de proteína degradable en el rumen observada en esta prueba de comportamiento (Cuadro 2) es consistente con la disminución de ED de la dieta observada en el prueba de metabolismo. Sin embargo, el por qué el ganado no simplemente compensa esta diferencia en EN con un incremento en el consumo de energía para mantener su potencial de crecimiento, es un misterio. Una comparación de requerimientos y aporte estimado de proteína metabolizable y aminoácidos metionina y lisina para varios tratamientos dietarios se muestra en el Cuadro 3. Según el NRC (1996), el aporte de proteína metabolizable fue estimado como 80% del consumo de proteína cruda no degradable más la proteína cruda microbiana que entra en el intestino delgado de la prueba de digestión (Cuadro 2), ajustado por el nivel de consumo de los novillos en esta prueba (Cuadro 2). El suministro de aminoácidos metabolizable se basó en la composición de la dieta (Cuadro 1) y

corresponde a la composición tabular de RUP para los ingredientes individuales y la composición promedio de aminoácidos de bacteria ruminal (NRC, 1996), Nivel 1. Como se esperaba, la proteína metabolizable y el aporte de aminoácidos disminuyó con el incremento del UFP. Entre los tratamientos, el aporte de proteína metabolizable estimado excedió los requerimientos por un promedio de 11%. A pesar de eso, el aporte de proteína metabolizable para el UFP-0.6 y UFP-1.2 fueron menor (2 y 8%, respectivamente) que el requerimiento estimado para lograr la ganancia diaria de peso observada con el tratamiento UFP-0. Particularmente notable es la muy cercana asociación entre metionina y lisina metabolizable y requerimientos contra aportes, indicativo de que la ganancia diaria de peso ha estado estrechamente mediada por el aporte de estos dos aminoácidos. Como el maíz (el mayor contribuyente de proteína a la dieta basal) es una fuente particularmente pobre en lisina y metionina, la disminución en la síntesis de proteína microbial provocada por la restricción de RDP fue suficiente para restringir el crecimiento.

Se concluye que privar al ganado de N degradable en rumen durante la última etapa de finalización puede afectar negativamente disminuyendo la GDP, eficiencia de ganancia y EN de la dieta.

REFERENCIAS

- Hill, F. N, D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks. *J. Nutr.* 64:587–603.
- Hirstov, A.N., M. Hanigan, A. Cole, R. Todd, T. A. McAllister, P. M. Ndegwaand and A. Rotz. 2011. A Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Can. J. Anim. Sci.* 91:1–35.
- Milton, C.T., R. T. Brandt Jr. and E. C. Titgemeyer. 1997. Urea in dry rolled corn diets: Finishing steers performance, nutrient digestion and microbial protein production. *J. Anim. Sci.* 75:1415–1424.
- NRC. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th Ed. National Academy of Press, Washington, DC.

- Preston, R. L. 1982. Empirical value of the crude protein systems for feedlot cattle. In Protein Requirements for Cattle: Symposium. Edited by Owens FN. Oklahoma Experimental Station MP-109, Oklahoma State University, Stillwater, OK. 201–217.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT User's Guide: Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary, North Caroline.
- Tedeschi, L.O., M. J. Baker, D. J. Ketchen and D. G. Fox. 2002. Performance of growing and finishing cattle supplemented with a slow-release urea product and urea. *Can. J. Anim. Sci.* 82:567–573.
- United States Department of Agriculture (USDA). 1997. United States Standards for Grading of Carcass Beef. Washington, DC: Agricultural Marketing Service, United States Department of Agriculture.
- Vasconcelos, J. T., N. A. Cole, K. W. McBride, A. Gueye, M. L. Galyean, C. R. Richardson and L.W. Greene. 2009. Effects of dietary crude protein and supplemental urea levels on nitrogen and phosphorus utilization by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 87:1174–1183.
- Vasconcelos, J. T. and M. L. Galyean. 2007. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey. *J. Anim. Sci.* 85:2772–2781.
- 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., J. L. Borquez and A. Plascencia. 1994. Influence of levels of supplemental urea on characteristics of digestion and growth performance of feedlot steers fed a fat-supplemented high-energy diets. *Prof. Anim. Sci.* 10:5–10.

Cuadro 1. Ingredientes y composición de las dietas experimentales.

Concepto	Potencial de Fermentación de Urea		
	0	0.6	1.2
Ingrediente, % de MS			
Maíz Hojueleado al Vapor	80.00	80.30	80.90
Heno de Sudán	5.00	5.00	5.00
Heno de Alfalfa	5.00	5.00	5.00
Urea	1.25	0.70	0.10
Melaza de caña	5.00	5.00	5.00
Grasa Amarilla	2.00	2.00	2.00
Roca caliza	1.40	1.40	1.40
Sal MT ¹	0.40	0.40	0.40
Óxido de Magnesio	0.20	0.20	0.20
Monensina ² , g/T	22.00	22.00	22.00
Composición nutrimental (Base MS) ³			
EN _m , Mcal/kg	2.23	2.24	2.25
EN _g , Mcal/kg	1.56	1.56	1.58
ED, Mcal/kg	3.86	3.86	3.89
PC, %	13.00	11.50	9.91
FDN, %	12.50	12.50	12.50
Calcio, %	0.66	0.66	0.66
Fósforo, %	0.28	0.28	0.28

¹Sal conteniendo: CoSO₄, .068%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO₄, 1.07%; KI, .052%; y NaCl, 92.96%.

²Rumen sin 80 (Elanco Animal Health, Greenfield, IN).

³Basado en valores tabulares para los ingredientes individuales (NRC, 1996)

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos sobre el comportamiento productivo y peso de las canales en los novillos de engorda.

Concepto	Potencial de Fermentación de Urea			P-value		
	0	0.6	1.2	Lineal	Cuadrático	MSE
Días de prueba	40	40	40			
Corrales	5	5	5			
Peso vivo(kg) ¹						
Inicial	469	465	470	0.83	0.28	3.22
Final	510	502	501	0.17	0.54	4.40
Consumo de MS (kg/d)	7.32	6.99	6.94	0.32	0.67	0.26
GDP(kg/d)	1.04	0.93	0.78	<0.01	0.71	0.06
G:F	0.142	0.134	0.112	<0.01	0.32	0.005
EN dieta (Mcal/kg)						
Mantenimiento	2.37	2.33	2.18	0.03	0.37	0.21
Ganancia	1.67	1.64	1.50	0.03	0.37	0.21
EN observado/esperado						
Mantenimiento	1.07	1.05	0.98	0.03	0.37	0.02
Ganancia	1.09	1.07	0.98	0.03	0.37	0.03
PCC (kg)	336	331	330	0.16	0.67	3.02
Rendimiento (%)	65.9	66.0	65.8	0.80	0.67	0.23

¹ Peso inicial y final fueron reducidos 4 % para ajustar el llenado de tracto digestivo.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre el metabolismo de proteína y aporte de aminoácido¹ versus requerimientos²

Concepto	Potencial de Fermentación de Urea		
	0	0.6	1.2
Proteína metabolizable, g/d			
Aporte	688	600	565
Requerimiento	613	574	493
Metionina metabolizable, g/d			
Aporte	12.4	10.6	9.9
Requerimiento	12.3	11.5	9.9
Lisina metabolizable, g/d			
Aporte	39.2	32.9	30.1
Requerimiento	39.3	36.7	31.5

¹ Aporte de proteína estimada como 80% del consumo de proteína cruda no degradable y la proteína cruda microbiana que entra a intestino delgado intestino (Experimento 1), ajustado por nivel de consumo. Aporte de aminoácido metabolizable basado en la composición de la dieta y la correspondiente composición tabular de aminoácido del consumo de proteína no degradable para cada ingrediente individual y la composición promedio de aminoácido de la bacteria ruminal (NRC, 1996).

² Proteína metabolizable y requerimientos de aminoácidos basado en el promedio de peso corporal y la ganancia diaria de peso. (Experimento 2; NRC, 1996, Level 1)

Experiments I and II

Running Head: Ruminal degradable intake protein and finishing cattle

Influence of ruminal degradable intake protein restriction on characteristics of digestion and growth performance of feedlot cattle during the late finishing phase.

Dixie May¹, Jose F Calderon¹, Victor M Gonzalez¹, Martin Montano¹, Alejandro Plascencia¹, Jaime Salinas-Chavira², Noemi Torrentera¹ and Richard A Zinn^{3*}

¹ Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, UABC, Mexicali, Baja California 21100, México. ² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAT, Cd. Victoria, Tamaulipas 87000, México. ³ Department of Animal Science, University of California, Davis E. Holton Rd, El Centro, CA 92242, USA

Received: 29 April 2014. Accepted: 16 July 2014. Published: 13 August 2014

Artículo publicado en:

Journal of Animal Science and Technology 2014, 56:14. **ISSN: 2055-0391.**

<http://www.janimscitechnol.com/content/56/1/14>

* Correspondence: razinn@ucdavis.edu

³Department of Animal Science, University of California, Davis E. Holton Rd, El Centro, CA 92242, USA

Full list of author information is available at the end of the article

© 2014 May et al.; licensee BioMed Central Ltd. 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 credited. The Creative Commons Public Domain

Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.

Abstract

Two trials were conducted to evaluate the influence of supplemental urea withdrawal on characteristics of digestion (Trial 1) and growth performance (Trial 2) of feedlot cattle during the last 40 days on feed. Treatments consisted of a steam-flaked corn-based finishing diet supplemented with urea to provide urea fermentation potential (UFP) of 0, 0.6, and 1.2%. In Trial 1, six Holstein steers (160 ± 10 kg) with cannulas in the rumen and proximal duodenum were used in a replicated 3×3 Latin square experiment. Decreasing supplemental urea decreased (linear effect, $P \leq 0.05$) ruminal OM digestion. This effect was mediated by decreases (linear effect, $P \leq 0.05$) in ruminal digestibility of NDF and N. Passage of non-ammonia and microbial N (MN) to the small intestine decreased (linear effect, $P = 0.04$) with decreasing dietary urea level. Total tract digestion of OM (linear effect, $P = 0.06$), NDF (linear effect, $P = 0.07$), N (linear effect, $P = 0.04$) and dietary DE (linear effect, $P = 0.05$) decreased with decreasing urea level. Treatment effects on total tract starch digestion, although numerically small, likewise tended (linear effect, $P = 0.11$) to decrease with decreasing urea level. Decreased fiber digestion accounted for 51% of the variation in OM digestion. Ruminal pH was not affected by treatments averaging 5.82. Decreasing urea level decreased (linear effect, $P \leq 0.05$) ruminal N-NH₃ and blood urea nitrogen. In Trial 2, 90 crossbred steers ($468 \text{ kg} \pm 8$), were used in a 40 d feeding trial (5 steers/pen, 6 pens/ treatment) to evaluate treatment effects on final-pHase growth performance. Decreasing urea level did not affect DMI, but decreased (linear effect, $P \leq 0.03$) ADG, gain efficiency, and dietary NE. It is concluded that in addition to effects on metabolizable amino acid flow to the small intestine, depriving cattle of otherwise ruminally degradable N (RDP) during the late finishing pHase may negatively impact site and extent of digestion of OM, depressing ADG, gain efficiency, and dietary NE.

Keywords: Cattle, Degradable protein, Digestion, Growth performance

Background

Because of its low cost per unit of N compared with most sources of natural protein, urea is a primary source of supplemental N in conventional steam-flaked corn-based finishing diets for feedlot cattle [24]. In a review of nutrition consultant recommendations across 11 states in the USA, Vasconcelos and Galyean [25] observed that on average, flaked corn-based finishing diets contained 13.5% CP with 1.2% of supplemental urea (approximately 64% DIP). Although dietary formulation in this manner is expected to meet urea fermentation potential (UFP) for optimal microbial growth, it may exceed protein requirements for cattle growth, particularly during the late finishing phase. Preston [17] proposed the feasibility of restricting protein supplementation during the late finishing phase as a means of minimizing N excess and associated environmental impact [24, 10] without detrimentally affecting cattle performance. However, the impact of this practice on digestive function and cattle growth-performance has received limited research attention. The aim of this study was to evaluate the influence of UFP for optimal microbial growth on characteristics of digestion and growth performance of feedlot cattle during the late finishing phase.

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.

Trial 1. Six Holstein steers (160 ± 10 kg) with cannulas in the rumen and proximal duodenum [32] were used in 3×3 replicated Latin square experiment. Burroughs *et al.* [4] proposed that amount of degradable intake protein (DIP) necessary to optimize microbial growth was equivalent to the net microbial protein synthesis. Accordingly, the urea fermentation potential of the diet (percentage of additional urea that may be added to the diet in order to optimize microbial growth) would be equivalent to: $(0.104\text{TDN} - \text{DPI})/2.8$, where TDN is expressed as a percentage, and DPI is expressed as the percentage of RDP in the basal diet before urea

supplementation. Accordingly, treatments consisted of a steam flaked corn-based finishing diet adjusted for restriction of rumen DIP to provide urea fermentation potentials of 0 (UFP-0), 0.6 (UFP-0.6) and 1.2% (UFP-1.2). Composition of experimental diets is shown in Table 1. Chromic oxide (0.40%, DM basis) was included in diets as a digesta marker. Dry matter intake was restricted to 4.0 kg/d (2.2% of BW daily), and feed was offered in equal portions at 0800 and 2000 daily. The three experimental periods consisted of a 10-d diet adjustment period followed by a 4-d collection period. During the collection period duodenal and fecal samples were taken from all steers, twice daily as follows: d 1, 1050 and 1450; d 2, 0900 and 1500; d 3, 0730 and 1330, and d 4, 0600 and 1200. Individual samples consisted of approximately 750 mL of duodenal chyme and 200 g (wet basis) of fecal material. Samples from each steer and within each collection period were composited for analysis. During the final day of each collection period, 4 h after feeding, ruminal and blood samples were collected from each steer via ruminal cannula and caudal venous respectively. Ruminal fluid pH was determined by inserting a pH electrode into the freshly collected samples. The ruminal fluid sample was divided into two parts: 40 mL was measured into a plastic bag, placed in an ice bath, and carried to a laboratory for determination of N-NH₃ in fresh ruminal fluid [6]. The remainder was strained through four layers of cheesecloth. Ten mL of freshly prepared 25% (wt/vol) metapHosphoric acid was added to 40 mL of strained ruminal fluid, 10 mL were then centrifuged (17,000 × g for 10 min), and supernatant fluid was stored at -20°C for VFA analysis. Upon completion of the trial, ruminal fluid was obtained via the ruminal cannula from all steers and composited for microbial isolation via differential centrifugation [2]. The microbial isolates were prepared for analysis by oven drying at 70°C and then grinding with mortar and pestle. Feed, duodenal, and fecal samples were prepared for analysis by oven drying at 70°C and then grinding in a laboratory mill. Samples were then oven dried at 105°C until no further weight loss occurred and stored in tightly sealed glass jars. Samples were subjected to all or part of the following analysis: DM (oven-drying at 105°C until no further weight loss), ash, N-NH₃, Kjeldahl N [1], NDF-adjusted for insoluble ash [23], purines [31], starch [28] and VFA

concentrations of ruminal fluid (gas chromatography; [27]), GE (adiabatic bomb calorimetry), and chromic oxide [9]. Duodenal flow and fecal excretion of DM were calculated based on marker ratio, using chromic oxide. Microbial organic matter (MOM) and microbial N (MN) leaving the abomasum were calculated using purines as a microbial marker [31]. Organic matter fermented in the rumen 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 N-NH₃, microbial, and endogenous N (0.195 g/kg W^{0.75}; [16]). Methane production (mol/mol of glucose equivalent fermented) was estimated based on the theoretical fermentation balance for observed molar distribution of VFA [26]. Whole blood samples were centrifuged and the plasma frozen for BUN analysis. The blood samples collected were centrifuged and the plasma analyzed for Blood Urea Nitrogen (BUN) by slide method using Vitros Bun/Urea DT60 II (Ortho Clinical Diagnostics, Inc., Rochester, NY), and ruminal N-NH₃ [6]. The effects of the urea level on characteristics of digestion in cattle were analyzed as a 3 × 3 replicated Latin square design using the MIXED procedure (SAS Inst. Inc., Cary, NC). The fixed effect consisted of treatment, and random effects consisted of steer and period. The statistical model for the trial was as follows:

$$Y_{ijk} = \mu + R_l + S_{i(l)} + P_{j(l)} + T_k + E_{ijk},$$

where: Y_{ijk} is the response variable, μ is the common experimental effect, R_l is the replicated effect, S_i is the steer effect within replicate, P_j is the period effect within replicate, T_k is the treatment effect and E_{ijk} is the residual error. Treatment effects were tested using the following contrasts: 1) linear effect of the urea level, and 2) quadratic effect of the urea level, which were determined according to SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC; Version 9.1).

Trial 2. Ninety crossbred steers with an average initial weight of 468 ± 8 kg were used in a 40 d finishing trial to evaluate the treatment effects on growth performance. Steers had a purchase weight of 214 ± 14 kg and had been on feed 197 d before initiation of the study. Steers had been implanted with Synovex-S

(Zoetis, Florham Park, NJ) upon arrival into the feedlot and with Revalor-S (Merck Animal Health, Summit, NJ) on d 98. Ten d prior to initiation of the study steers were weighed, reimplanted with Revalor-S, blocked by weight and randomly allotted within weight groupings to 18 pens (5 steers/pen). Pens were 43 m², with 22 m² of overhead shade, automatic waterers, and 2.4 m long fence-line feed bunks. Dietary treatments were the same as those used in Experiment 1. All steers received the UFP-0 diet for 10 d prior to initiation of the trial. Diets were prepared at weekly intervals and stored in plywood boxes located in front of each pen. Steers were allowed free access to dietary treatments. Fresh feed was provided twice daily. Individual steers were weighed upon initiation and completion of the trial. In the calculation of steer performance live weights were reduce 4% to adjust

Table 1. Diet composition of experiment 1 and 2¹

Item	Urea fermentation potential		
	0	0.6	1.2
Ingredient (g/kg of DM)			
Steam flaked corn	797.5	803.0	809.0
Sudangrass hay	50.0	50.0	50.0
Alfalfa hay	50.0	50.0	50.0
Urea	12.5	7.0	1.0
Cane molasses	50.0	50.0	50.0
Yellow grease	20.0	20.0	20.0
Limestone	14.0	14.0	14.0
Trace mineral salt ²	4.0	4.0	4.0
Magnesium oxide	2.0	2.0	2.0
Monensin ³	0.022	0.022	0.022
Nutrient composition (DM basis)⁴			
NE _m (Mcal/kg)	2.23	2.24	2.25
NE _g (Mcal/kg)	1.56	1.56	1.58
DE (Mcal/kg)	3.86	3.86	3.89
CP (g/kg)	130.0	115.0	99.1
RDP (g/kg of CP)	648	600	530
NDF (g/kg)	125.0	125.0	125.0
Calcium (g/kg)	6.6	6.6	6.6
Phosphorus (g/kg)	2.8	2.8	2.8

¹Chromic oxide (0.40%) was added in substitution of corn grain as a digesta marker in Trial 1. RDIP, rumen degradable intake protein. UFP, estimated urea fermentation potential.

²Trace mineral salt contained: CoSO₄, 0.068%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO₄, 1.07%; KI, 0.052%; and NaCl, 92.96%.

³Rumensin80 (Elanco Animal Health, Greenfield, IN).

⁴Based on tabular values for individual feed ingredients (NRC, [15]).

for digestive tract fill. Estimates of steer performance were based on pen means. Net energy values for each diet were calculated from estimates of energy gain (EG, Mcal/d) based on growth-performance; $EG = 0.0557 BW^{0.75} (ADG^{1.097})$, where EG is the daily energy deposited (Mcal/d), BW is the mean shrunk body weight (full weight \times 0.96) and maintenance energy expended (EM, Mcal/d); $EM = 0.077 BW^{0.75}$ [14]. Dietary NE_g was derived from NE_m by the equation: $NE_g = 0.877 NE_m - 0.41$ [33]. Dry matter intake is related to energy requirements and dietary NE_m according to the equation: $DMI = EG / NE_g$, and can be resolved for estimation of dietary NE by means of the quadratic formula: $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$, where $x = NE_m$, $a = -0.877 DMI$, $b = 0.877 EM + 0.41 DMI + EG$, and $c = -0.41 EM$ [33].

All steers were harvested on the same day. Each carcass was weighed at time of slaughter to determine dressing percentage [22]. Performance (gain, gain efficiency, and dietary energetics) and carcass data were analyzed as a randomized complete block design; the experimental unit was the pen. The MIXED procedure of SAS [20] was used to analyze the variables. The fixed effect consisted of treatment, and pen was the random component. Treatments effects were tested using the following contrasts: 1) linear effect of the urea level, and 2) quadratic effect of the urea level, which were determined according to SAS [20]

Results and discussion

The influence of dietary treatments on ruminal and total tract digestion is shown in Table 2. Decreasing supplemental urea decreased (linear effect, $P \leq 0.05$) ruminal OM digestion. This effect was mediated by decreases in ruminal digestibility of NDF (linear effect, $P = 0.05$), starch (linear effect, $P = 0.09$) and N (linear effect, $P = 0.04$). Likewise, Zinn *et al.* [30] observed decreased ruminal digestion of OM, NDF and starch in response to decreasing urea supplementation of a steam-flaked corn-based finishing diet fed to feedlot steers [30].

Table 2. Influence of dietary treatments on characteristics of digestion

Item	Urea fermentation potential			P - value		SEM
	0	0.6	1.2	Linear	Quadratic	
Steer replications	6	6	6			
Intake (g/d)						
DM	3556	3553	3551			
OM	3343	3359	3378			
NDF	453	455	457			
N	66.2	57.6	48.2			
Starch	1907	1919	1932			
GE (Mcal/d)	15.2	15.2	15.3			
Flow to the duodenum (g/d)						
OM	1655	1749	1894	0.05	0.76	83.0
NDF	338	370	456	0.05	0.55	42.0
Starch	385	441	533	0.08	0.77	61.0
Total N	76.4	68.8	64.4	0.04	0.70	4.0
Microbial N	40.6	34.7	31.4	0.04	0.69	3.0
NH-N	2.30	2.04	1.58	0.06	0.72	0.3
Non-ammonia N	74.1	66.7	62.9	0.04	0.66	3.8
Feed N	24.7	23.2	22.7	0.20	0.71	0.9
Ruminal digestibility, %						
OM	62.6	58.3	53.23	0.04	0.91	0.3
NDF	25.3	18.6	0.30	0.05	0.54	0.9
Starch	79.8	77.0	72.4	0.09	0.78	0.3
Feed N	62.6	59.7	52.9	0.04	0.64	0.5
Microbial efficiency ¹	19.4	17.8	17.5	0.06	0.40	0.7
N efficiency ²	1.12	1.16	1.30	0.05	0.44	0.07
Fecal excretion (g/d)						
OM	624	705	756	0.06	0.77	48.0
NDF	282	319	348	0.06	0.87	25.0
Starch	35.9	49.0	56.6	0.10	0.78	9.4
Total N	20.9	22.2	21.8	0.48	0.44	1.0
GE (Mcal/d)	3.28	3.66	3.90	0.05	0.75	0.84
Postruminal digestibility (% of flow to duodenum)						
OM	62.2	59.7	60.0	0.37	0.49	1.9
NDF	15.3	11.2	22.8	0.41	0.33	7.3
Starch	90.5	89.1	89.3	0.60	0.69	1.9
Total N	72.6	67.6	66.2	0.08	0.53	2.7
Total tract digestibility (% of intake)						
OM	81.3	79.0	77.6	0.06	0.75	1.4
NDF	37.8	29.8	23.9	0.07	0.85	5.3
Starch	98.1	97.4	97.1	0.11	0.77	0.5
Total N	68.5	61.5	54.9	0.04	0.97	4.5
DE, %	78.5	76.0	74.5	0.05	0.74	1.4
DE, Mcal/kg	3.36	3.26	3.20	0.05	0.73	0.06

¹ Microbial N, g/kg OM fermented.² Nonammonia N flow to the small intestine as a fraction of N intake.

Passage of non-ammonia N to the small intestine decreased (linear effect, $P = 0.04$) with decreasing dietary urea level. This effect was due to decreased (linear effect, $P = 0.04$) MN synthesis. Taking into consideration energy intake alone, predicted flow of MN to the small intestine was 48g/d ([15], Level 1). Accordingly, with decreasing urea level, the observed flow of MN to the small intestine was 85, 73, and 65% of predicted flow for UFP-0, UFP-0.6, and UFP-1.2, respectively. This decline in net synthesis is consistent with [33] who observed that MN flow to the small intestine declines with decreasing DIP below 100 g/kg of total tract digestible OM. For the present study, DIP averaged 95, 81, and 61g/kg total tract digestible OM for UFP-0, UFP-0.6, and UFP-1.2, respectively. Thus, it is apparent that as DIP intake drops below 95 g/kg digestible OM there is not sufficient compensation in ruminal N recycling to maintain microbial growth, and as microbial growth declines, likewise, ruminal OM digestion declines.

There were no treatment effects ($P = 0.20$) on passage of feed N to the small intestine. Notwithstanding decreased non-ammonia N flow to the small intestine with decreasing urea level, ruminal N efficiency (non-ammonia N flow to the small intestine as a fraction of N intake) increased (linear $P < 0.05$), reflecting increased contribution of recycled N into microbial protein synthesis, consistent with the observation that ruminal N flux increases inversely with dietary N concentration [13]. Observed DIP (Table 2) averaged 103% of expected based on tabular values ([15]; Table 1) for the three dietary treatments.

Total tract digestion of OM (linear effect, $P = 0.06$), NDF (linear effect, $P = 0.07$), N (linear effect, $P = 0.04$) and dietary DE (linear effect, $P = 0.05$) decreased with decreasing urea level. Treatment effects on total tract starch digestion, although numerically small, likewise tended (linear effect, $P = 0.11$) to decrease with decreasing urea level. Decreased fiber digestion accounted for 51% of the variation in OM digestion. In a previous study involving steam-flaked corn-based finishing diets in which urea was the sole source of supplemental N [30], increasing urea level from 1.0 to 1.6% of the steam-flaked corn in the diet (an upper level similar to that of the present study; Table 1) likewise enhanced total tract OM and fiber digestion. In contrast Zinn and Shen [33] observed removal of urea from a

steam-flaked corn-based growing-finishing diet markedly depressed ruminal OM digestion and flow of MN to the small intestine but did not affect total tract OM digestion. Treatment effects on apparent N digestion were largely a function of the N content of the diet brought about by changes in dietary urea level [11].

Treatment effects on ruminal pH, VFA molar proportions, and BUN are shown in Table 3. Ruminal pH (measured 4-h postprandium) was not affected ($P = 0.51$) by treatments, averaging 5.82. Upon hydrolysis, dietary urea can have an appreciable alkalizing effect on ruminal pH during the first hour post-feeding [29]. However by 4 h postprandium, the effect of urea supplementation of corn-based diets on ruminal pH has been negligible [30, 12, 3].

Table 3. Treatment effects on ruminal pH, VFA molar proportions and BUN

Item	Urea fermentation potential			P – value		SEM
	0	0.6	1.2	Linear	Quadratic	
Ruminal pH	5.75	5.86	5.84	0.51	0.59	0.10
Ruminal N-NH ₃ (mg/dL)	5.37	4.69	3.89	0.05	0.91	0.56
Total VFA (mM)	95.9	105	94.2	0.83	0.21	5.4
Ruminal VFA (mol/100 mol)						
Acetate	46.8	49.2	57.5	0.08	0.54	4.6
Propionate	36.1	30.1	20.3	0.04	0.74	5.7
Isobutyrate	1.19	1.17	0.89	0.30	0.60	0.23
Butyrate	12.0	15.1	17.7	0.17	0.93	3.1
Isovalerate	1.53	1.77	0.83	0.19	0.20	0.41
Valerate	2.36	2.63	2.83	0.42	0.95	0.48
Acetate:propionate	1.34	1.85	2.94	0.05	0.63	0.59
Methane ¹	0.35	0.44	0.60	0.04	0.70	0.09
BUN (mg/dL)	4.43	2.80	1.45	<0.01	0.53	0.25

¹Methane production (mol/mol of glucose equivalent fermented) was estimated based on the theoretical fermentation balance for observed molar distribution of VFA [26].

Decreasing urea level decreased (linear effect, $P < 0.01$) ruminal N-NH₃. The N-NH₃ concentration has been reported to increase immediately after feeding for 2 to 3 h [5, 19]. Satter and Roffler [18] observed a close relationship ($R^2 = 0.92$) between the level of dietary CP and ruminal N-NH₃ concentration at given dietary TDN. Likewise, in the present study dietary CP explained 88% of the variation

ruminal N-NH₃ concentration. Blood urea nitrogen (BUN) concentration 4 h postprandium also decreased (linear effect, $P < 0.01$) with decreasing urea supplementation. Blood urea nitrogen is also closely associated dietary CP and ruminal N-NH₃ concentrations [7, 8]. Consistent with Zinn *et al.* [30], decreasing urea level increased ruminal acetate:propionate molar ratio (linear effect, $P = 0.05$), and estimated methane production (mol/mol glucose equivalent fermented; linear effect, $P = 0.04$).

Treatment effects on growth performance of feedlot steers are shown in Table 4. Decreasing urea level did not affect DMI ($P = 0.32$), but decreased ADG (linear effect, $P < 0.01$), gain efficiency (linear effect, $P < 0.01$), and dietary NE (linear effect, $P = 0.03$). Few research has evaluated the influence of marked RDP restriction on growth-performance and dietary NE in feedlot cattle fed steam-flaked corn-based finishing diets. As with the present study, Zinn *et al.* [30] observed a linear increase in urea resulted in a linear increase in ADG, gain efficiency and dietary NE linearly increased. The UFP of the basal unsupplemented diet in that trial was 1.36%, indicating that cattle performance may be enhanced when level of urea supplementation exceeded that necessary for maximal ruminal microbial protein synthesis. As with steam-flaked corn, urea supplementation of dry rolled corn-based finishing diets to meet the UFP also enhanced ADG and gain efficiency [12, 21].

The decrease in dietary NE due to restriction of rumen degradable intake protein observed in the growth performance trial (Table 4) is consistent with the decrease in dietary DE observed in the metabolism trial (Table 2). However, why cattle didn't simply compensate for this difference in NE by increasing energy intake to maintain their growth potential is puzzling. A comparison of requirements and estimated supply of metabolizable protein and the amino acids methionine and lysine for the various dietary treatments is given in Table 5. As per NRC [15], metabolizable protein supply was estimated as 80% of undegraded intake crude protein plus microbial crude protein entering small intestine in Trial 1 (Table 2), adjusted for level of intake of steers in Trial 2 (Table 4). Metabolizable amino acid

supply was based on diet composition (Table 1) and corresponding tabular amino acid composition of RUP for individual feed ingredients and average amino acid composition of ruminal bacteria [15]. Metabolizable protein and amino acid requirements were based on average body weight and daily weight gain (Trial 2; NRC, [15], Level 1).

Table 4. Treatment effects on growth performance and carcass weight of feedlot steers

Item	Urea fermentation potential			P-value		SEM
	0	0.6	1.2	Linear	Quadratic	
Days on test	40	40	40			
Pen replicates	5	5	5			
Live weight (kg)¹						
Initial	469	465	470	0.83	0.28	3.22
Final	510	502	501	0.17	0.54	4.40
DMI (kg/d)	7.32	6.99	6.94	0.32	0.67	0.26
ADG (kg/d)	1.04	0.93	0.78	<0.01	0.71	0.06
G:F	0.142	0.134	0.112	<0.01	0.32	0.005
Diet NE (Mcal/kg)						
Maintenance	2.37	2.33	2.18	0.03	0.37	0.21
Gain	1.67	1.64	1.50	0.03	0.37	0.21
Observed/expected NE						
Maintenance	1.07	1.05	0.98	0.03	0.37	0.02
Gain	1.09	1.07	0.98	0.03	0.37	0.03
HCW (kg)	336	331	330	0.16	0.67	3.02
Dressing (%)	65.9	66.0	65.8	0.80	0.67	0.23

¹ Initial and final weights were reduced 4% to adjust for digestive tract fill.

As expected, estimated metabolizable protein and amino acid supply decreased with increasing UFP. Across treatments, estimated metabolizable protein supply exceeded requirements by an average of 11%. Nevertheless, metabolizable protein supply for UFP-0.6 and UFP-1.2 were less (2 and 8%, respectively) than the estimated requirement to achieve daily weight gain observed with UFP-0 treatment. Particularly notable is the very close association between metabolizable

methionine and lysine and requirements versus supply, indicative that daily weight gain may have been closely mediated by supply of these two amino acids. As corn (the major contributor of protein to the basal diet) is a particularly poor source of lysine, and methionine, the diminution of microbial protein synthesis brought about by restriction in RDP, was sufficient to restrict growth.

Table 5. Treatment effects on metabolizable protein and amino acid supply¹ versus requirements²

Item	Urea fermentation potential		
	0	0.6	1.2
Metabolizable protein, g/d			
Supply	688	600	565
Requirement	613	574	493
Metabolizable methionine, g/d			
Supply	12.4	10.6	9.9
Requirement	12.3	11.5	9.9
Metabolizable lysine, g/d			
Supply	39.2	32.9	30.1
Requirement	39.3	36.7	31.5

¹Metabolizable protein supply estimated as 80% undegraded intake crude protein and microbial crude protein entering small intestine (Trial 1), adjusted for level of intake. Metabolizable amino acid supply based on diet composition and corresponding tabular amino acid composition of undegradable intake protein for individual feed ingredients and average amino acid composition of ruminal bacteria (NRC, [15]).

²Metabolizable protein and amino acid requirements based on average body weight and daily weight gain (Trial 2; NRC, [15], Level 1).

Conclusion

It is concluded that in addition to effects on net protein flow to the small intestine, depriving cattle of otherwise RDP during the late finishing phase may negatively impact site and extent of OM digestion, depressing ADG, gain efficiency, and dietary NE.

Competing interests: The authors declare that they have no competing interests.

References

1. Association Official Analytical Chemists (AOAC): *Official methods of analysis*. 17th edition. Gaithersburg, MD: Association Official Analytical Chemists; 2000.
2. Bergen WG, Purser DB, Cline JH: **Effect of ration on the nutritive quality of rumen microbial protein.** *J Anim Sci* 1968, **27**:1497–1501.
3. Brake DW, Titgemeyer EC, Jones ML, Anderson DE: **Effect of nitrogen supplementation on urea kinetics and microbial use of recycled urea in steers consuming corn-based diets.** *J Anim Sci* 2010, **88**:2729–2740.
4. Burroughs W, Nelson DK, Mertens DR: **Protein physiology and its application in the lactating cow: The metabolizable protein feeding standard.** *J Anim Sci* 1975, **41**:933–944.
5. Chumpawadee S, Sommart K, Vongpralub T, Pattarajinda V: **Effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on ruminal fermentation, microbial protein synthesis, blood urea nitrogen and nutrient digestibility in beef cattle.** *Asian-Australasian J Anim Sci* 2006, **19**:181–188.
6. Fawcett JK, Scott JE: **A rapid and precise method for the determination of urea.** *J Clin Pathol* 1960, **13**:156–159.
7. Hammond AC: **Effect of dietary protein level, ruminal protein solubility and time after feeding on plasma urea nitrogen and the relationship of plasma urea nitrogen to other ruminal and plasma parameters.** *J Anim Sci* 1983, **57**(1):435.
8. Hennessy DW, Nolan JV: **Nitrogen kinetics in cattle fed a mature subtropical grass hay with and without protein meal supplementation.** *Aust J Agric Res* 1988, **39**:1135–1150.
9. Hill FN, Anderson DL: **Comparison of metabolizable energy and productive determinations with growing chicks.** *J Nutr* 1958, **64**:587–603.
10. Hristov AN, Hanigan M, Cole A, Todd R, McAllister TA, Ndegwaand PM, Rotz A: **Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots.** *Can J Anim Sci* 2011, **91**:1–35.
11. Holter JA, Reid JT: **Relationship between the concentrations of crude protein and apparently digestible protein in forages.** *J Anim Sci* 1959, **18**:1339–1349.

12. Milton CT, Brandt RT Jr, Titgemeyer EC: **Urea in dry rolled corn diets: Finishing steers performance, nutrient digestion and microbial protein production.** *J Anim Sci* 1997, **75**:1415–1424.
13. Muscher AS, Schroder B, Breves G, Huber K: **Dietary nitrogen reduction enhances urea transport across goat rumen epithelium.** *J Anim Sci* 2010, **88**:3390–3398.
14. National Research Council (NRC): *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 6th edition. Washington, DC: National Academy Press; 1984.
15. National Research Council (NRC): *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th edition. Washington, DC: National Academy of Press; 1996.
16. Ørskov ER, MacLeod NA, Kyle DJ: **Flow of nitrogen from the rumen and abomasum in cattle and sheep given protein-free nutrients by intragastric infusion.** *Br J Nutr* 1986, **56**:241–248.
17. Preston RL: **Empirical value of the crude protein systems for feedlot cattle.** In *Protein Requirements for Cattle: Symposium*. Edited by Owens FN. Oklahoma Experimental Station MP-109, Oklahoma State University, Stillwater, OK; 1982:201–217.
18. Satter LD, Roffler RE: **Nitrogen requirements and utilization in dairy cattle.** *J Dairy Sci* 1975, **58**:1219–1237.
19. Seo JK, Yang JY, Kim HJ, Upadhaya SD, Cho WM, Ha JK: **Effects of synchronization of carbohydrate and protein supply on ruminal fermentation, nitrogen metabolism and microbial protein synthesis in Holstein steers.** *Asian-Aust J Anim Sci* 2010, **23**:1455–1461.
20. Statistical Analysis System (SAS): *SAS/STAT User's Guide: Version 9.1*. Cary, North Carolina: SAS Institute Inc; 2004.
21. Tedeschi LO, Baker MJ, Ketchen DJ, Fox DG: **Performance of growing and finishing cattle supplemented with a slow-release urea product and urea.** *Can J Anim Sci* 2002, **82**:567–573.
22. United States Department of Agriculture (USDA): *United States Standards for Grading of Carcass Beef*. Washington, DC: Agricultural Marketing Service, United States Department of Agriculture; 1997.
23. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA: **Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition.** *J Dairy Sci* 1991, **74**:3583–3597.

24. Vasconcelos JT, Cole NA, McBride KW, Gueye A, Galyean ML, Richardson CR, Greene LW: **Effects of dietary crude protein and supplemental urea levels on nitrogen and pHosphorus utilization by feedlot cattle.** *J Anim Sci* 2009, **87**:1174–1183.
25. Vasconcelos JT, Galyean ML: **Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey.** *J Anim Sci* 2007, **85**:2772–2781.
26. Wolin MJ: **A theoretical rumen fermentation balance.** *J Dairy Sci* 1960, **43**:1452–1459.
27. Zinn RA: **Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin.** *J Anim Sci* 1988, **66**:213–227.
28. Zinn RA: **Influence of steaming time on site digestion of flaked corn in steers.** *J Anim Sci* 1990, **68**:776–781.
29. Zinn RA, Barrajas R, Montaña M, Ware RA: **Influence of dietary urea level on digestive function and growth performance of cattle fed steam-flaked barley- based finishing diets.** *J Anim Sci* 2003, **81**:2383–2389.
30. Zinn RA, Borquez JL, Plascencia A: **Influence of levels of supplemental urea on characteristics of digestion and growth performance of feedlot steers fed a fat-supplemented high-energy diets.** *Prof Anim Sci* 1994, **10**:5–10.
31. Zinn RA, Owens FN: **A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis.** *Can J Anim Sci* 1986, **66**:157–166.
32. Zinn RA, Plascencia A: **Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle.** *J Anim Sci* 1993, **71**:11–17.
33. Zinn RA, Shen Y: **An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves.** *J Anim Sci* 1998, **76**:1280–1289.

Authors' contribution

DM: PhD student, carried out growth performance and digestion trials, participated on laboratory analyses and manuscript preparation.

JFC: Monitoring the growth performance trial.

VG:V: Carried out the digestion trial, participated on surgery and welfare of cattle.

MM: Carried out the digestion trial, participated on samples procedures and manuscript preparation.

APJ: Assisted in manuscript preparation.

JS: Assisted in manuscript preparation.

NT: Carried out the growth performance trial, participated on carcass evaluation and assisted in manuscript preparation.

RZ: Experimental design, data analysis, and manuscript preparation.

All authors read and approved the final manuscript.

CONCLUSIONES GENERALES

Se concluye que, además del efecto sobre el flujo neto de proteína al intestino delgado, restringir al ganado de N degradable en rumen durante la última fase de la finalización, puede impactar negativamente el lugar y nivel de la digestión de la MO y ED dietarias, así como disminuir la GDP, eficiencia de ganancia y EN de la dieta.