

N° 225
22/1



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**Manual del uso de la Urea
en la Alimentación de
Rumiantes**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A
Miguel Angel Reyes Hernández

Asesor M. V. Z. TEODOMIRO ROMERO A.



MEXICO, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
CAPITULO II	9
CAPITULO III.....	45
CAPITULO IV	65
CAPITULO V	76
INDICE	86
LITERATURA CITADA	88

R E S U M E N

REYES HERNANDEZ, MIGUEL ANGEL. Manual del uso de la urea -- en la alimentación de los rumiantes (bajo la dirección de: Teodomiro Romero Andrade)

El presente trabajo se realizó con el fin de proporcionar una guía completa y actualizada de la utilización en forma adecuada y racional del compuesto nitrogenado sintético de origen no proteico, conocido como urea. Pudiendo utilizarse con resultados satisfactorios en la alimentación de los rumiantes (bovinos, ovinos y caprinos), dado que estos animales tienen la capacidad de formar proteína para nutrirse, a partir de este compuesto químico.

Debido a la falta de información, se generaliza su administración inclusive en las épocas del año donde existe mayor desarrollo vegetativo y por tanto disponibilidad de forrajes de buena calidad. En tales condiciones, la urea tiene poca utilidad como suplemento.

Se contempla la importancia económica que representa su uso, ya que la proteína es el nutrimento limitante en la -- producción animal por su alto costo, y por otra parte el -- uso indiscriminado implica un problema de toxicidad para el ganado.

Contiene una serie de recomendaciones prácticas de su aplicación a través de una clara metodología que permita optimizar y racionalizar su uso en los sistemas de explotación más comunes en México. Pretendiendo de esta forma, sustituir parcialmente a las proteínas de origen natural.

I N D I C E.

I. INTRODUCCION.	Pág.
1.-Aspectos históricos sobre la utilización de la urea.	2
II. LA UREA.	
1.- Características fisicoquímicas.	9
2.- La urea como fuente de NNP y su biosíntesis.	10
3.- Efecto de la urea en la micropoblación ruminal y en el proceso metabólico.	19
4.- La urea como sustituto de las proteínas naturales.	26
5.- Requisitos y recomendaciones para su empleo.	37
III. DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE UREA EN LAS RACIONES PARA RUMIANTES.	
1.- El Potencial de Fermentación de la urea (PFU).	45
2.- Cantidad de urea utilizable por el método de Satter y Roffler.	55
3.- Determinación de las necesidades de proteína suplemental por medio del uso de computadora.	58

IV. TOXICIDAD DE LA UREA.	Pág.
1.- Patogenia.	65
2.- Mecanismo de acción tóxica del amoniaco.	67
3.- Factores que influyen en la intoxicación con urea.	67
4.- Signos clínicos	70
5.- Tratamiento y profilaxis	71
V. MAXIMIZACION DEL APROVECHAMIENTO DE LA UREA.	
1.- El uso de la urea en sistemas de alimentación basados en subproductos agroindustriales.	76
LITERATURA CITADA	86

" MANUAL DEL USO DE LA UREA EN LA ALIMENTACION
DE LOS RUMIANTES "

I. INTRODUCCION.

1.- Aspectos históricos sobre la utilización de la urea en la alimentación de los rumiantes.

Se ha conocido desde hace más de un siglo, la capacidad que tienen los rumiantes para convertir nitrógeno no proteico en proteína (30). A partir de entonces, éste tema ha sido investigado por diversos nutricionistas, quienes han demostrado que la urea puede servir como fuente de nitrógeno y sustituir en parte, a la proteína natural en la alimentación de los rumiantes (34).

El nitrógeno no-proteico (NNP), puede provenir de amidas, aminas, nitratos, nitritos y sales de amonio (16). Entre los distintos compuestos de NNP que se utilizan para alimentar a los rumiantes, figuran en primer lugar la urea y las sales de amonio (26).

La urea, también llamada carbamida fué descubierta -- por Rouelle en 1773, siendo identificada en la orina (16,17, 18). En 1823 Prevost y Dumas, quienes demostraron que los riñones removían urea de la sangre, sugirieron que ésta se formaba en el hígado (54).

En los últimos años del siglo diecinueve, Forncroy y Vanquelin fueron los primeros en preparar urea en forma -- cristalina. Por 1824 Prevost hizo el primer análisis preciso de urea y determinó su fórmula empírica. En 1828, Wöhler demostró la síntesis de urea a partir de sustancias inorgánicas (54), pero sintéticamente se prepara desde 1935. En forma industrial se obtiene por la síntesis de Wöhler o tra tando amoniaco en forma de gas (17).

El valor potencial de los compuestos nitrogenados simples (NNP) para ahorrar proteína en raciones para rumiantes fué primeramente reconocido en los últimos años del siglo -- diecinueve por Zuntz y Hagemann en 1891 (24). En ese mismo año, Zuntz formuló la hipótesis de que la microflora del rumen era capaz de desdoblar la celulosa como fuente de energía y convertir el NNP en proteína verdadera (24, 54). Desde entonces se ha efectuado un voluminoso número de experimentos en relación con el uso de NNP para reemplazar parcialmente a la proteína de la dieta de los rumiantes (24).

En los siguientes treinta y cinco años la capacidad de estos microorganismos del rumen para utilizar NNP fué estudiada detenidamente, siendo fuertemente debatidas las teorías, principalmente por los alemanes (54). Morgen (1904-1925) encontró que la urea podía reemplazar del 30-40% de la proteína verdadera de las raciones para bovinos y ovinos (24, 54). Esto sirvió para que los investigadores subsiguientes determinaran cómo usaban actualmente los rumiantes el NNP previsto en la ración. Salkowski y Voltz investigaron con ganado bovino y con caprinos respectivamente la utili - - -

zación de la urea como un sustituto proteico. Voltz fué uno de los primeros en probar la teoría de que el NNP podía ser utilizado por los microorganismos del rumen para formar proteína útil para el hospedador (24).

En 1911, Armsby sugirió que el mecanismo por el cual los rumiantes podían utilizar NNP, implicaba su incorporación a la proteína microbiana y la subsecuente digestión de los cuerpos muertos de estos microbios por el animal hospedador como una fuente de proteína. Además dedujo la importancia del porcentaje de síntesis de la proteína microbiana como el factor limitante de la cantidad de sustitución de la fuente de NNP por proteína natural. Es decir, las diferencias entre el valor biológico de los materiales naturales y los microbianos (24, 54).

La disponibilidad comercial de urea, por síntesis química a través del sistema Haber-Bosch en los años veinte - estimuló el interés de este compuesto como una fuente de NNP para reemplazar en parte a la proteína y/o complementar la alimentación de los rumiantes (24, 54).

Fué hasta finales de los años treinta cuando Hart y sus colaboradores publicaron en Wisconsin los resultados de la primera investigación intensiva en los Estados Unidos sobre el uso de la urea y bicarbonato de amonio en raciones para rumiantes, concluyendo que estos podían utilizar compuestos nitrogenados simples a través de la acción de los microorganismos del rumen (54).

Por 1940 se comprendió que la urea podía usarse para suplir arriba de un tercio de los requerimientos de proteína en rumiantes, que el porcentaje de conversión de urea -- dentro de la proteína bacteriana disminuía con el incremento de la proteína total de la ración sobre un 12 %, que la urea no se eliminaba por la piel, que no era retenida tan eficientemente como la caseína y otras fuentes de proteína, y que la urea en la ración de los rumiantes no ejercía un efecto adverso en la composición, sabor y contenido de NNP -- en la carne y la leche (54).

La proteína siempre ha estado en poca disponibilidad en el mundo. Durante la Segunda guerra mundial (1940) tuvo mayor auge la sustitución de suplementos proteicos en los - Estados Unidos. Mucha gente consideró que el nitrógeno faltante en las proteínas de los alimentos de origen vegetal , necesarios para satisfacer las metas de producción durante la guerra, podrían ser satisfechos por el uso gradual de urea en la alimentación de los rumiantes (17, 54). Pero no -- fué sino hasta 1950 cuando tomó auge su utilización en forma más generalizada (16,17).

Desde 1940 a los últimos años cincuentas, el énfasis en la investigación en el uso de la urea en la nutrición de los rumiantes se inclinó hacia la comprobación de que la urea podía ser utilizada como un sustituto de la proteína natural, para determinar hasta qué grado podía hacerse, y los factores nutritivos necesarios para mejorar su eficiencia. La cantidad de urea que podía ser usada en raciones para rumiantes, se fundamentó tomando en cuenta los siguientes fac

tores:

- (a) Nivel tóxico de la urea
- (b) Cantidad y clase de carbohidratos
- (c) Cantidad y clase de proteína verdadera. (54)

En 1955 la necesidad de suplementar urea en las raciones considerando energía, minerales, vitaminas y factores de crecimiento no identificados, fué reconocida y se recomendó en la alimentación comercial (17, 54).

Por estos mismos años, fué de esencial consideración el balance de aminoácidos y se recomendó la urea como un sustituto proteico cuando la suplementación era adecuada y se justificaba económicamente. Se señaló que la vitamina A era necesaria si se utilizaban forrajes de mala calidad, así como la suplementación de microelementos. La harina de alfalfa se usó como suplemento para cubrir los factores no identificados contenidos en esta y se pensó que era necesaria para la máxima eficiencia de la urea (19, 54).

Woodward y Shepherd (1944) encontraron que el ensilado de maíz con 0.5% de urea agregada en el momento de ensilar administrado con heno y una mezcla hipoproteica de granos a vacas lecheras, daba resultados tan favorables como cuando se agregaba urea a la mezcla de granos. Sin embargo, hubo una pérdida por infiltración del 3% y se redujo la aceptabilidad tanto del ensilado como de la mezcla de granos (19).

En un estudio de más de tres años Bentley, Klosterman y Engle en 1955, encontraron que los terneros castrados, ga-

naban peso en forma similar, consumiendo ensilado de maíz - tratado con urea, así como con ensilado sin tratar y harina de soya. (19).

En 1961 Ryley estudió la alimentación de ganado bovino de carne al final de la preñez y al principio de la lactación durante la sequía; encontró que la urea aumentaba -- gradualmente el valor del ensilado de sorgo (4.2% de P.C.). Hubo un aumento en el consumo de ensilado; un aumento de peso al nacimiento y en su posterior crecimiento, una reducción en su mortalidad y un aumento en la producción de leche en las madres (19).

Emelianov (1960) encontró que en el invierno hubo una producción de leche por vaca (4681 Kg) contra (4276 Kg) en los que no recibieron urea; considera que pueden eliminarse las pastas oleaginosas en vacas hasta una producción de 30 Kg de leche al día (19).

Beames en 1963 examinó la utilización de urea en la alimentación de ganado durante la sequía. El vacuno joven (8 meses), no pudo sobrevivir con un forraje duro de baja calidad (3.5% P.C.) con y sin adición de melaza; en cambio con la adición de urea, pudo sobrevivir con pérdidas ligeras de peso corporal durante siete meses. El bovino adulto (2 años) pudo sobrevivir durante seis meses a base de forraje duro, pero con una gran pérdida de peso (19).

En los últimos años sesenta se enfatizó en la palatabilidad y toxicidad de fuentes de NNP, del grado de hidrólisis de la urea, y el efecto del exceso temporal de amoníaco en el funcionamiento del rumen y particularmente en el consumo de alimento (24).

Actualmente el uso y economía de la urea está bien aceptado. Sin embargo, en 1972 fué propuesto el Potencial de fermentación de la urea (PFU) por Burroughs et al. (5) como un intento sistemático para predecir las condiciones de las dietas bajo las cuales puede ser usada la urea, como se verá en capítulos posteriores.

En 1975, Satter y Roffler (47) propusieron otro método, considerando la cantidad de amoníaco producida en el rumen. Ambos sistemas están basados en valores de TND y estiman la cantidad de proteína degradada en el rumen (47).

Se ha seguido investigando sobre las ventajas y desventajas en el uso de la urea como fuente de nitrógeno capaz de sustituir a las proteínas en la alimentación animal, principalmente en los rumiantes; sin embargo falta mucho para entender cómo utiliza el animal esta sustancia (18).

II. LA UREA

1.- Generalidades, características fisicoquímicas.

La urea, también llamada carbamida, se encuentra en la orina (2.5%) y en la sangre. Se produce por descomposición de las proteínas por las proteasas, convirtiéndolas en ácidos aminados. Como productos finales de la degradación proteica, además de urea se obtiene amoníaco (NH_3) y parte de los aminoácidos se transforman en ácidos grasos volátiles -- (18).

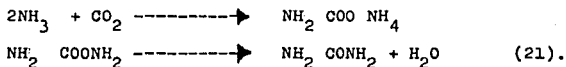
Esta sustancia, diamida del ácido carbónico es el producto final más importante del metabolismo del Nitrógeno de los ácidos aminados. La fórmula de la urea es:



La urea es uno de los compuestos orgánicos que se fabrican sintéticamente, cuya función primordial es ser fertilizante de residuo ácido. Tiene una apariencia semejante a la sal común, granulosa, de color blanco casi cristalino, inodora, de sabor amargo y refrescante, soluble en agua, menos en alcohol y mucho menos en éter, su densidad es de 1.33 y funde a 132°C . (18, 21, 57).

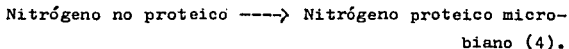
Por lo general el producto usado como suplemento en el alimento contiene 42 o 45% de nitrógeno. Este porcentaje multiplicado por 6.25, da la cantidad de proteína cruda o equivalente; En este caso, contiene 262 ó 281% de proteína equivalente (6.25×42 ó 6.25×45). Motivo por el cual se considera una fuente extremadamente vigorosa en proteína (19, 56)

La urea, al igual que el nitrato de amonio es un producto de la elaboración sintética del amoniaco, los materiales básicos para la elaboración o formación de la urea son el bióxido de carbono y el amoniaco; siendo su proceso de síntesis el siguiente:



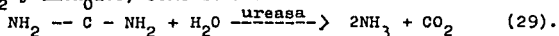
2.- La ura como fuente de NNP y su Biosíntesis.

El propósito de adicionar compuesto nitrogenados no proteicos en la alimentación de los rumiantes es para proveer iones de amonio los cuales pueden incorporarse en las proteínas por la población microbiana del rumen. La base de este mecanismo es la reacción:



Las bacterias en el rumen no utilizan completamente la energía de las dietas ofrecidas a los rumiantes, a menos que sea provista una proteína adecuada o nitrógeno a partir de fuentes no proteicas (NNP). La urea es la fuente más común y económica de NNP (1, 52).

Una característica del NNP es su alto grado de solubilidad y como resultado su rápida conversión a amoniaco. La presencia de ureasa bacteriana también degrada urea pronto en CO_2 y amoniaco, como se ve:



Una vez en el rumen, la urea rápidamente se disuelve e hidroliza, formando NH_3 , por acción de la ureasa bacteriana; a continuación las bacterias pueden utilizar el NH_3 para la síntesis de aminoácidos necesarios (16, 17, 18).

La urea es el producto final más importante del metabolismo de las proteínas en los mamíferos. Se obtiene de -- dos fuentes: del hígado a partir de la síntesis de los aminoácidos (carnívoros), y del tracto digestivo (herbívoros) por la acción de la flora bacteriana sobre las proteínas y sustancias nitrogenadas no proteicas, las cuales son absorbidas por el rumen o el intestino y conducidas al hígado -- por la circulación enterohepática. Ahí el amoníaco (producto de la transformación de aminoácidos y proteínas) y el dióxido de carbono reaccionan con una serie de aminoácidos -- (ornitina, citrulina, arginina) transformandose en urea. Es ta pasa a la circulación general, a los tejidos, en donde -- es relativamente estable por no existir en ellos enzimas es pecíficas que la hidrolicen y finalmente, se elimina por -- los riñones. (16, 17, 18).

Como en los no rumiantes, la síntesis de urea en el -- hígado de los rumiantes implica el ciclo de Krebs- Henseleit.

Se ha demostrado que las enzimas implicadas en el ciclo están presentes en el hígado del ganado vacuno y del ga nado ovino. En la figura II.1, se muestra un diagrama del ciclo. (12).

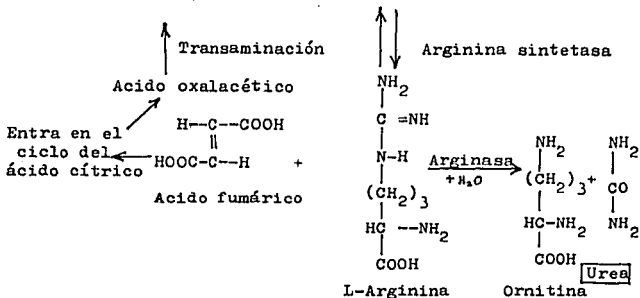
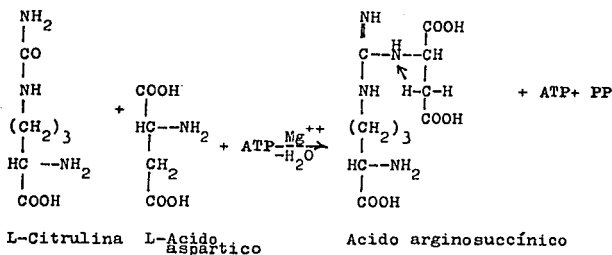
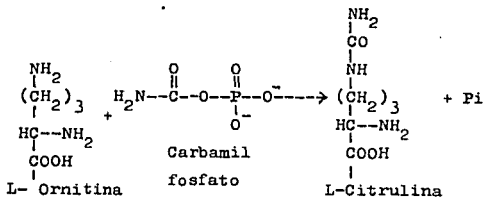


Fig. II.1 DIAGRAMA DEL CICLO DE KREBS-HENSELEIT. CHURCH(12)

La urea que escapa a la excreción urinaria puede pasar al rumen por vía salival y por difusión a través de la pared del rumen debido a un gradiente de concentración (Fig. II.2).

(12).

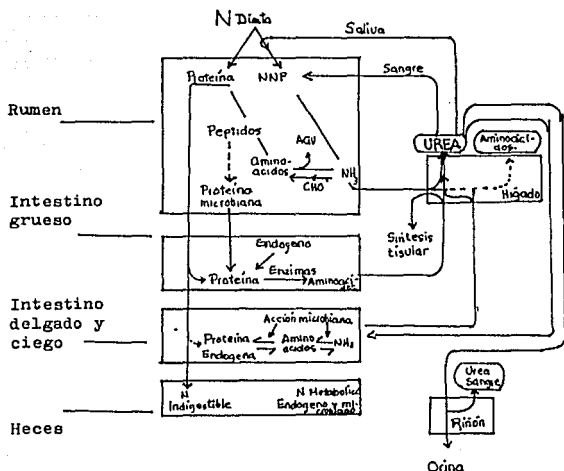


Fig. II.2 VIAS DE DIGESTION, ABSORCION Y METABOLISMO DE NITROGENO EN EL RUMIANTE.
Maynard and Loosli (29) 1979.

Parte del NNP dietético es utilizado para la nutrición de los microorganismos del rumen. Sin embargo, en último extremo la función del N de la dieta es para el mantenimiento de los tejidos y para la síntesis tisular y láctea. El grado de eficiencia de la utilización de N es de la de mayor importancia en la producción económica de productos animales (12).

El amoniaco se desprende con relativa rapidez del NNP, especialmente de la urea en el rumen. Actualmente se producen algunos preparados de urea con un índice reducido de liberación de amoniaco (26).

No se conoce un sistema enzimático que pueda incorporar la urea como tal en los tejidos del organismo. Los animales dependen de ureasa microbiana en el tracto gastrointestinal o en el rumen para la hidrólisis de urea o amoniaco (34, 59).

Pearson y Smith, mencionados por Ortega(34), demostraron con técnicas in vitro, que el líquido ruminal tiene una actividad ureásica alta. Se ha observado también (11), que una alta concentración de ureasa no es necesaria, ya que esta enzima es extremadamente activa. 100 gramos de contenido ruminal, pueden convertir 100mg de urea a amoniaco en una hora (34).

Se ha visto que la hidrólisis de la urea aumenta al elevarse la temperatura hasta 49°C, disminuyendo gradualmente al elevarse éste. El pH óptimo para la hidrólisis es de 7 a

9, con muy poca actividad por debajo de 3 ó sobre 9.5 (34).

Muy poco se conoce acerca de los organismos responsables de la actividad ureásica (23), aunque se han descubierto varios géneros de bacterias que poseen ureasa. Se piensa que también los protozoarios, tienen capacidad de producir amoniaco, pero se ha investigado poco sobre esto (34).

Debido a la acción de la ureasa, la urea es rápidamente hidrolizada a amoniaco y bióxido de carbono. El amoniaco producido puede seguir dos rutas:

- 1) Utilización por los microorganismos para su crecimiento, sintetizando a partir de amoniaco, aminoácidos, proteínas y otras sustancias.
- 2) Ser transportado por la circulación portal a través del rumen.

(Ver Figuras II.2 y II.3)

Satter y Roffler (47), reportan que una concentración de 5mg/100 ml de amoniaco en líquido ruminal es suficiente para lograr un crecimiento microbiano adecuado. Generalmente los microorganismos ruminales degradan mayor cantidad de proteína a amoniaco de la que son capaces de utilizar para síntesis de proteína microbiana (34).

El rumen es anaeróbico y las fermentaciones anaeróbicas producen cantidades mínimas de ATP (3); debido a la poca producción de ATP la cantidad de amoniaco incorporado a la proteína microbiana es limitada. El amoniaco que no es utili

zado por los microorganismos ruminales es absorbido del rumen a la sangre portal y transportado al hígado (34).

Las enzimas hepáticas, convierten el amoniaco en urea con una gran eficiencia. Los niveles de amoniaco en sangre no aumentan sino hasta que los niveles de amoniaco ruminal exceden 90 mg/100 ml de líquido ruminal (28,34).

En la figura II.3 se ilustra una situación donde las bacterias son incapaces de utilizar todo el amoniaco producido, siendo un "amoniaco derramado". Este exceso de amoniaco es absorbido por el retículo o pasa al intestino grueso donde es absorbido y eventualmente convertido a urea por el hígado. Una fracción de esta urea puede ser reciclada por vía salival a el rumen pero la mayoría es excretada en la orina (47).

En pocas palabras, se puede decir que la biosíntesis de la urea se debe a la acción de varias enzimas y el proceso se puede convertir o dividir en cuatro pasos: transaminación, desaminación oxidativa, transporte de aminoácidos y reacciones del ciclo de la urea. Cuando los rumiantes son alimentados con NNP y carbohidratos, las bacterias del rumen convierten primero la urea en amoniaco, en seguida utilizan la reacción de la glutámico-deshidrogenasa, para obtener glutamato y aminoácidos.

El NH_3 es producido en los tejidos y en el rumen en grandes cantidades, tanto a partir de la proteína de la dieta como de la urea.

Una vez que el NNP es atacado por ureasas de las bacterias ruminales, el nitrógeno es utilizado por las propias bacterias para producir sus proteínas; de aquí el término de proteína bacteriana (17).

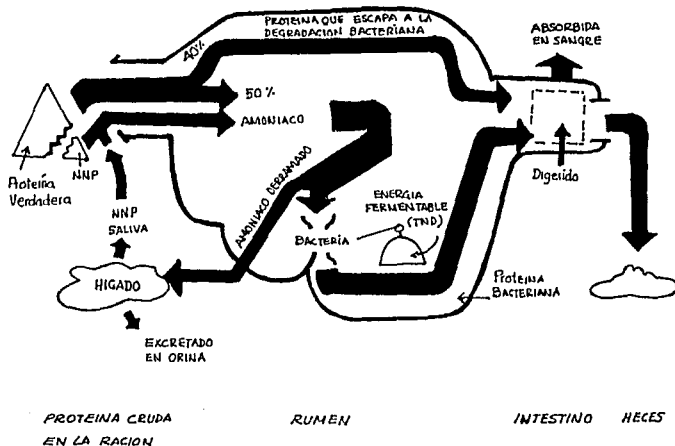


Fig. II.3 Resumen esquemático de la utilización de nitrógeno por el rumiante. Satter y Roffler. (47) 1975.

Hay cuatro factores que determinan la utilización de Nitrógeno en el rumiante. El primero se refiere a las condiciones que conducen a la tasa máxima de crecimiento de la microflora ruminal. El segundo trata de la capacidad de la mucosa ruminal para convertir glutamato en amoníaco que más tarde en el hígado actuará como un intermediario en las reacciones de transaminación. El tercer factor es la composición aminoácida de la proteína microbiana sintetizada mientras que el cuarto, posiblemente el más importante de todos, es la cantidad y calidad de la proteína alimenticia que contribuye directamente a la reserva de aminoácidos sin modificación microbiana (17, 39).

La menor importancia de la tasa de producción de NH_3 se atribuye al mecanismo recíclico de la urea, que al sintetizarse en el hígado, regresa al rumen a través de la saliva y por la difusión directa de la sangre al rumen. De este modo, los períodos de una producción demasiado rápida de NH_3 en el rumen se compensan por los tiempos de escasez. Este fenómeno tiene una importancia específica cuando el suministro de Nitrógeno escasea, como es común en ambientes semiáridos (39).

3.- Efecto de la urea en la micropoblación ruminal y en el -
proceso metabólico.

Considerando que la urea es como un sustrato para los microorganismos del rumen, es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

- a) La urea es secretada dentro del rumen por el animal hospedador, así la población microbiana es adaptada en alguna forma a este sustrato.
- b) La sustitución de proteína de la dieta por urea incluye cambios en otros constituyentes de la dieta - (energía) al cual la población microbiana puede reajustarse bien.
- c) El amoníaco es rápidamente liberado a partir de la urea introducida al rumen. Así, los microorganismos utilizan el amoníaco.

(4)

La síntesis de proteína dentro del rumen se encuentra asociada estrechamente a la actividad de los microorganismos en el desdoblamiento de la celulosa y otros carbohidratos en la formación de ácidos orgánicos como productos secundarios de este proceso de fermentación (17, 18). Ver Cuadro II.6

Pero para que los organismos del rumen utilicen al -- máximo el NNP, deben realizarse simultáneamente dos procesos en el rumen: La degradación de NNP en amoníaco y la fermentación -

tación de los carbohidratos para suministrar energía para la síntesis proteínica microbiana (1, 26).

Los estudios sobre requerimientos nutricionales de las bacterias ruminales han demostrado que el amoniaco es un -- gran recurso de nitrógeno para el crecimiento y estudios en vivo utilizandolo han confirmado esas observaciones (44).

La población microbiana del rumen puede dividirse en : La microfauna que consiste principalmente en protozoarios ciliados y la microflora que comprende a las bacterias. Ambos incluyen una gran diversidad de especies. En el rumen de animales adultos el contenido total de protozoarios y bacterias es en promedio alrededor de $0.5 - 2 \times 10^6$ y 10^{10} por gramo de contenido ruminal, respectivamente. Un gran número de especies han sido identificadas, de las cuales todas son anaerobias obligadas. Algunos organismos representativos son mostrados en los cuadros II.4 y II.5 (5).

Sólo observaciones ocasionales se han hecho en los cambios microbiológicos ocurridos en el rumen de animales alimentados con dietas que contienen urea. Cultivos puros indicaron más bien cambios cuantitativos que cualitativos en la composición de la microflora. Mientras que las bacterias proteolíticas del rumen disminuyen marcadamente, algunas amilolíticas, sulfato reductoras y especies celulolíticas, respectivamente fueron observadas, tendiendo a aumentar con alimentación de urea. Estos resultados fueron confirmados por ---- Briggs et al.(4), bajo condiciones similares de alimentación

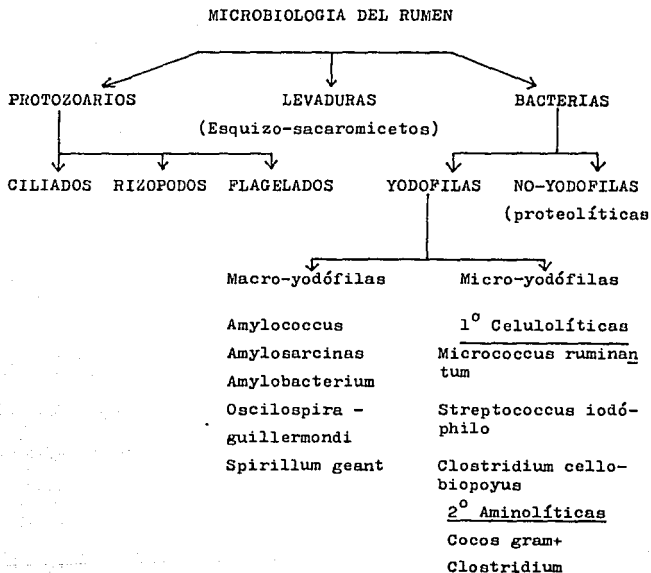
Cuadro II.4 PROTOZOARIOS CILIADOS REPRESENTATIVOS DEL RUMEN .

	Holotricas		Oligotricas	
	Isotrica	Dasytrica	Diplodinium	Entodinium
Especies representativas	<u>I.prostoma D.ruminantum</u>		<u>Eudiplodinium</u>	<u>E. caudata</u> (<u>E.simplex</u>)
	<u>I.intestina</u> <u>ilis</u>		<u>medium</u>	
Dietas favorables	Paja y raíces		Pasto	Concentrados.
Sustratos preferidos	Carbohidratos solubles ^e		material de plantas fibrosas (celulosa ?)	almidón de granos
Productos metabólicos	Acidos: Acético, butírico, láctico, CO ₂ , H ₂ amilopectina ^a		AGV, CO ₂ , H ₂	AGV, ácido láctico, CO ₂ , polisacárido.

^a Glucosa, fructosa, sacarosa, inulina, sustancias pecticas.

Briggs, M.H, 1967 (4).

Cuadro II.5



Hungate, R.E., 1966 (23).

Cuadro II.6 Bacterias predominantes en el rumen, fuentes de energía seleccionada y productos de mejor fermentación.

Organismos	Fuentes de energía seleccionada. a					Productos de mejor fermentación. b
	Celulosa	Xilosa	Glucosa	Lechitina	Glicerol	
1. <u>Bacteroides succinogenes</u>	+	-	+	-	-	S, A, P
2. <u>Ruminococcus flavefaciens</u>	+	+	-	-	-	S, A, F, L
3. <u>Ruminococcus albus</u>	+	+	-	-	-	A, P, L, E, H ₂ , CO ₂
4. <u>Butyrivibrio fibrisolvens</u>	+	+	-	-	-	B, L, F, H ₂
5. <u>Eubacterium ruminantium</u>	-	+	-	-	-	F, L, B, A, CO ₂
6. <u>Bacteroides amylogenes</u>	-	+	-	-	-	B, A, P
7. <u>Bacteroides ruminicola</u>	-	+	+	-	-	S, A, F
8. <u>Bacteroides amylophilus</u>	-	-	+	-	-	S, A, F, L
9. <u>Succinimonas amylolytica</u>	-	-	+	-	-	S, A
10. <u>Streptococcus bovis</u>	-	-	+	-	-	L
11. <u>Lactobacillus spp anaerob</u>	-	-	+	-	-	L, A
12. <u>Selenomonas ruminantium</u>	-	-	+	-	+	L, P, A, CO ₂
13. <u>Lachnospira multiparus</u>	-	-	+	-	-	L, A, F, E, H ₂ , CO ₂
14. <u>Succinivibrio dextrinosolvens</u>	-	-	+	-	-	S, A, F, L
15. <u>Peptostreptococcus elsdeni</u>	-	-	-	+	+	B, V, P, A, C, H ₂ CO ₂
16. <u>Veillonella alcalescens</u>	-	-	-	-	+	P, A, H ₂ , CO ₂
17. <u>Propionibacterium acnes</u>	-	-	-	-	+	P, A, CO ₂

a. Todos los organismos (excepto No.16) atacan carbohidratos adicionales.

b. A,B,C,F,L,P,S,V,E= acético, butírico, caprónico, fórmico, láctico, propiónico, succínico, valérico (ácidos) y etanol

Referencia: BRIGGS, M.J. 1967 (4).

Briggs (4), en 1964 evaluó el efecto de varios compuestos de NNP sobre la digestión de celulosa in vitro (Tabla II. 8). Ha sido reconocido que los carbohidratos como maíz, melaza, glucosa y almidón son fácilmente fermentables, estimulando la utilización de nitrógeno amoniacal por la microflora del rumen (4)

Microorganismos (cant./ml)	Alimento	
	concentrado proteico	Suplemento de urea
Entodinia ($\times 10^4$)	27	34
Flagelados ($\times 10^3$)	42	61
Oscilospiras ($\times 10^4$)	14	16
Selenomonadas ($\times 10^6$)	89	64
Bacterias totales ($\times 10^9$)	19	29
Bacterias anaeróbicas funcionales		
Proteolíticas ($\times 10^7$)	11	4
Amilolíticas ($\times 10^7$)	7	11
Celulolíticas ($\times 10^8$)	5	8

Cuadro II.7 Efecto de la urea dietaria sobre los microorganismos en el rumen del bovino.
Briggs, 1964 (4).

Cuadro II.8 El efecto de varios compuestos de NNP en la digestión de la celulosa in vitro relativo a urea.

Compuesto	Digestion de celulosa (% de respuesta de la urea)	Compuesto	Digestión de celulosa (% de respuesta de la urea)
Urea	100	Sales de amonio	
		Amonio-succinato	98
		Amonio-lactato	91
Amidas		Amonio-cetoglutarato	103
Propion-amida	92	Amonio-formato	104
Butyl-amida	72	Amonio-malato	68
Glycin-amida	54	Amonio-piruvato	84
Form-amida	51	Amonio fumarato	100
9 amidas adicionales	50	Amonio-citrato	94
		Amonio-adipato	91
Amidinas		Amonio-acetato	97
Guanidina acetato.	100	Amonio-sulfato	92
Guanidina carbonato	90	Amonio carbonato	97
Creatinina	68	Amonio sulfamato	78
Creatina	61		
5 amidinas adicionales	50		

Con 12 derivados simples de urea y nitrato de amonio fué obtenida una respuesta negativa o pobre (menor de 50%)

Referencia: Briggs. 1967 (4).

4.- La urea como sustituto de las proteínas naturales.

La urea desempeña un papel importante en la engorda in tensiva del ganado de carne y esto es ratificado por el he - cho de que la cantidad de alimentos y suplementos que contie nen urea utilizados en los Estados Unidos aumentó en un 20% de 1963 a 1965. Se usaron 210 000 Tons. en 1965 y se eleva - ron a 275 mil para 1970 (39). Las posibilidades para el uso de la urea son todavía mayores en los países en desarrollo - donde las proteínas son escasas y el incentivo económico pa - ra usar formas sintéticas de N es mucho mayor (26). Por tal motivo, en México se dió especial atención a la fabricación - de fertilizantes de alta concentración, que son aquellos que tienen más del 32% de nutrientes como la urea, que hasta di - ciembre de 1986 tenía una producción acumulada de 2 666 774 ton¹. Sin embargo en nuestro medio está muy poco generalizada pues con excepción de la que es usada por las compañías que - fabrican concentrados para ganado lechero, en el resto de los sistemas de producción animal, su uso no es muy común (2).

Dado que la proteína es el mayor nutrimento limitante - en la producción animal por su alto costo, el uso de la urea representa una ventaja económica, por lo que actualmente, su adición en los alimentos para rumiantes es cada día más co - mún (34).

Sin embargo, la suplementación inadecuada de urea u o - tros compuestos nitrogenados no proteicos, pueden llegar a -- causar intoxicación en los rumiantes. Se menciona que el uso ¹ Fertimundo No. 53 Feb.1987.

indiscriminado de la urea en el país, es causante de pérdidas económicas por muerte en los animales intoxicados (1, 11, 12, 19, 34).

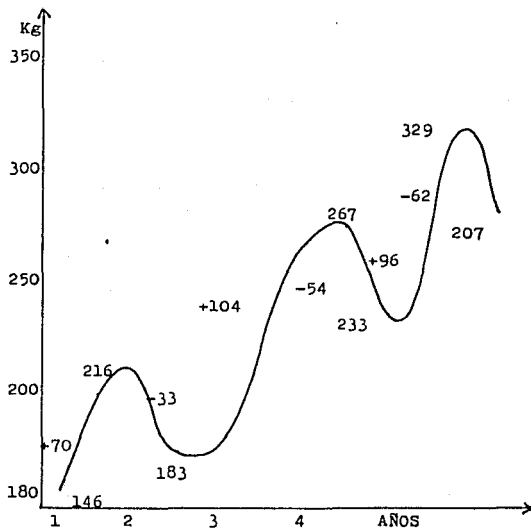
Las razones por las que actualmente se utiliza la urea en la alimentación de los rumiantes son principalmente:

- a).- Las bacterias del rumen descomponen las sustancias nitrogenadas proteicas y no proteicas, liberando amoniaco que luego utilizan para sintetizar sus proteínas celulares o como fuente de energía (1, 4, 11, 12, 18, 29).
- b).- La urea es una fuente de nitrógeno mucho más económica que las proteínas naturales. Motivo por el cual en la industria pecuaria se hacen algunas sustituciones del concentrado por la urea, propiciando que las explotaciones sean económicamente más productivas (2). Desafortunadamente, la ingestión de urea en ciertos casos es tóxica para el animal, lo que limita su uso ordinario en la ración alimenticia (18).
- c).- Con una suplementación de proteína o de NNP en presencia de pasto suficiente, es posible superar no solamente la deficiencia primaria de proteína sino también satisfacer por lo menos parcialmente los requerimientos de energía, por medio del incremento en el consumo de forraje (10).

- d).- Los microorganismos del rumen no utilizan completamente la energía de las dietas ofrecidas a los rumiantes, a menos que sea provista una proteína adecuada o nitrógeno a partir de fuentes no proteicas. La urea es la fuente más común y económica de NNP (1, 52).
- e).- Si se emplea urea para alimentar a los rumiantes, podrá dedicarse una gran proporción de piensos ricos en proteína a la alimentación de otros animales de cría (26).
- f).- Cuando se utiliza en una ración cuya fórmula es apropiada, la urea puede aportar efectivamente una cantidad apreciable del total de proteína cruda que el alimento contiene (26).
- g).- Las pérdidas de peso en la época de sequía se puede aminorar administrando minerales y urea en forma adecuada y racional como suplemento en el alimento (19, 26).

Con excepción de algunas zonas cercanas al Ecuador donde la precipitación es regular durante todo el año, en la mayoría de las áreas tropicales las lluvias son erráticas y se concentran en ciertos meses del año. Esto afecta la disponibilidad de la producción animal, llegando a descender hasta un 80%, lo que provoca en nuestro país que el ganado sea vendido a otras regiones como el altiplano (6, 10, 48). Ver Figura II.9

Figura II.9 Cambios estacionales de peso vivo utilizando pastos nativos en el noreste de Australia.



Segura, M.H. (48) 1984.

Es bien conocido que la ganadería en México es muy -- fluctuante, aumentando de peso y por consiguiente de producción en la temporada de lluvias y pierde ambas y en ocasiones hasta la vida de los animales en la temporada de secas; si lo graramos simplemente que conservaran su peso, sería una enorme ventaja para nuestro ganado. Por estimaciones de la DGAF, el ganado bovino pierde fácilmente 45 Kg en la temporada de secas, es decir, de 250 a 300 g. diarios. La misma situación ocurre en otras partes del mundo (19). Ver Cuadro II.10

Es decir, ésta sería la meta mínima a alcanzar; impe - dir la pérdida de peso del ganado en la sequía, utilizando - los recursos disponibles; como en este caso la urea (19).

En los llanos de Colombia (CIAT, 1975), se ha estudiado el efecto de la suplementación en la época seca, en animales que pastorean la sabana nativa. Se compararon cuatro tratamientos durante la época seca: 400g de melaza+ 80g de urea/animal por día; 400g de melaza/animal/día; 30g de urea/animal por día y un suplemento testigo. Los resultados obtenidos se observan en el Cuadro II.11 (10).

La suplementación se prolongó hasta mayo. De noviembre a marzo todos los animales perdieron peso, siendo las pérdidas en los animales no suplementados, significativamente mayores que en los animales suplementados con urea+melaza. Los animales alimentados con melaza sola y urea sola tuvieron una pérdida intermedia. Hasta agosto los animales no suplementados habían logrado recuperar el 50% de la diferencia de peso registrada al finalizar la época seca. La respuesta del --

grupo de urea sola, posterior a marzo, no es fácilmente aplicable y requiere verificación (10).

La investigación realizada sugiere que para una mayor eficiencia de la utilización de la urea, es indispensable reducir la liberación de amoniaco a nivel ruminal, particularmente con forrajes de pobre calidad (Cuadro II.12). Esto se ha logrado mediante la inclusión de sal común (15-20%) o sulfato de amonio en los suplementos (10), aunque algunos ganaderos utilizan la sal común, puede ser perjudicial en lugar de benéfica, ya que puede alcalinizar el pH. (48).

Los resultados indican que el autocontrol del consumo del suplemento aumenta las ganancias de peso en el ganado alimentado tanto con heno y ensilado de baja calidad como con pasto picado de mediano valor nutritivo. Cuadro II.13 (10).

Aunque la reducción de la pérdida de peso o moderadas ganancias durante la estación seca, con suplementos a base de urea son un hallazgo importante, al igual que el efecto de estos suplementos sobre el comportamiento reproductivo del rebaño (Cuadro II.14) mejorándose notablemente el porcentaje de pariciones y reconcepción (10).

En los países de la faja tropical del mundo, la demanda de alimentos está constantemente en aumento debido principalmente al crecimiento poblacional. Esta demanda se trata de satisfacer a través de la importación de alimentos, tanto para consumo humano como para la alimentación animal, lo que

genera cuantiosas fugas de divisas, contribuyendo al déficit en la balanza de pagos de muchos países. Para contrarrestar estas tendencias es de suma urgencia aumentar la producción animal a partir de los propios recursos, por lo que resulta muy importante contar con alimentos disponibles para épocas en las que el follaje se encuentra escaso (26, 48).

C U A D R O No. (11, 10)

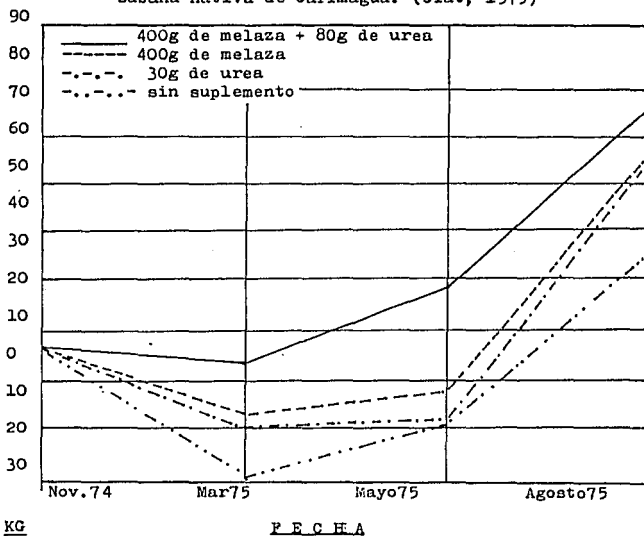
EFFECTO DE LA EPOCA DE SEQUIA, SOBRE EL PESO DE LOS ANIMALES EN SABANAS TROPICALES

L U G A R	Carga animal/ha	Meses de sequía al año Num.	Pérdida de peso en la sequía como porcentaje de aumento anual	Pérdida de peso (Kg/animal)	referencia
Sambia, sabana de desagüe Hyparrhenia fillicendula Hete ropogon contortus Setaria sphacelata, Cynodon dactylon Eragros tis spp.	0,31 0,63 1,25	7	-- 6 12	2 9 18	Smith, 1966
Queenslend, Australiac Heteropogon contortus Heteropogon triticeus, Themeda australis, Both- riochloa intermedia.	0,25 0,41	8	53 68	32 53	Alexander, 1968
Carimagua, Meta, Colombia. Trachypogon vestitus, Leptocoryphium lanatum Axonopus Pulcher, Andropo- gon spp.	0,20 0,35 0,50	4	40 37 80	21 25 33	CIAT, 1972 ICA, 1972

Chicco, C. F. y Schultz, E. (10), 1978

C U A D R O No. (II.11)

Cambios de peso en novillos suplementados
y no suplementados en la época seca en la
sabana nativa de Carimagua. (Ciat, 1975)



Chicco, C.F. y Schultz, E. (10), 1978

C U A D R O II.12 Resumen de las respuestas en ganancias de peso de rumiantes alimentados con forrajes de baja calidad y diferentes fuentes y formas de NNP

Tratamientos	Incremento de peso % b	Total NNP %	Ración TND %
Urea	46	40-46	-
Fosfato diamónico	12	25	-
Biuret	60	30-50	-
Urea-Biuret(50/50)	56	30-50	-
Urea, trat. térmico	65	50	-
Sal-Urea	76	40-60	-
Sal-Biuret	27	45	-
Proteína preformada	71	40-50	-
Adición de hidratos de carbono.	39	-	30-40

Chicco, C.F. y Schultz, E. (10) 1976

CUADRO II.13 Resultados con suplementos de consumo autocontrolado.

Observaciones	Testigo	Suple menta do.	Consumo del suplemento
	-----g/animal/día-----		
Heno de baja calidad	-310 ^a	353 ^b	980 [*]
Ensilaje de mediana calidad	82 ^a	408 ^b	628 ^{**}
Ensilaje de baja calidad	-465 ^a	332 ^b	925 ^{***}
Pasto verde de mediana cal.	346 ^a	690 ^b	888 ^{***}

* 25% urea; 25% sal común; 10% melaza y afrecho de trigo.

** 15% urea; 15% sal común; 7% melaza; 20% bagazo de caña y afrecho de trigo.

*** 12% urea; 6% sulfato de amonio; 20% ajonjolí y pulpa de yuca.

a, b Valores en la misma línea difieren significativamente ($P < 0.01$)

=====
Chicco, C.F. y Schultz, E. (10) 1976.

CUADRO II.14 Efectos de suplementación de urea y harina de maíz sobre la reproducción de vacas Afri cander alimentadas con pasto Sudafricano de baja calidad.

Observaciones	Promedio de 3 años	
	Testigo	Suplementados
Peso inicial, Kg	444	445
Cambio de peso, est. seca, Kg	7,3	12,3
Ingestión de urea, g/día	---	40,7
Peso después de la parición, Kg	401	417
Cambio de peso, lactación- est. lluviosa, Kg	25,4	11,8
Tasa de concepción, subsiguiente, %	26	63

=====
Chicco, C.F. y Schultz, E. (10), 1976.

5.- Requisitos y recomendaciones para su empleo.

La urea se utiliza ampliamente como fertilizante para las plantas, pero también puede utilizarse para alimentar a los ruminantes (bovinos, ovinos y caprinos), ya que estos animales tienen la capacidad de formar proteína para nutrirse, a partir de este compuesto, con resultados satisfactorios - (56).

A continuación se enumeran algunos requisitos necesarios que deben observarse para la alimentación de los rumiantes:

1.- Para que los organismos del rumen utilicen al máximo la urea, deben realizarse simultáneamente dos procesos en el rumen: La degradación del NNP en amoníaco y la fermentación de los carbohidratos para suministrar energía para la síntesis proteica microbiana (26). Por lo que la ración deberá contener materiales utilizables, tales como granos y melazas en función de fuentes energéticas de almidones y azúcares.

(16, 17, 19)

2.- Suministrar todos los elementos minerales mayores y menores en las cantidades necesarias. Préstese especial atención al calcio, fósforo, cobalto, magnesio, zinc, azufre y yodo (16, 17, 19).

3.- Agréguese vitamina A y aditivos alimenticios (Como ejemplo, anabólicos y antibióticos) para cubrir las necesidades diarias (16).

4.- La urea deberá ser de granulación, suelta o libre, y de antemano o con anticipación, deberá mezclarsele completamente con el alimento (16, 17, 19).

5.- La harina de alfalfa deshidratada debe utilizarse como fuente de factores del crecimiento no identificados(16,17,19).

SE RECOMIENDA USAR LA UREA EN LOS SIGUIENTES CASOS:

* Para completar el contenido proteico de diversos esquilmos agrícolas tales como rastrojos, pajas de cereales, socas olotes, etc. Estos desechos agrícolas son pobres en proteínas pero ricos en energía fácilmente disponible y de bajo costo, que pueden enriquecerse con urea (2, 56).

* Sustituir parcialmente alimentos ricos en proteínas pero de costo muy elevado, como en el caso de las pastas de coco, soya, girasol, cártamo, etc. ya que los efectos obtenidos son semejantes de ambos casos en cuanto a producción (5,21).

* Combinada con melaza, como complemento alimenticio cuando el ganado se alimenta en pastos de baja calidad (6,26,48,56)

* Para complementar el contenido proteico de ensilados de diferentes forrajes (56). La utilización de estos forrajes sin el complemento de urea es ineficaz y puede influir negativamente en la salud de los animales (7, 43)

SUGERENCIAS PRACTICAS

* Cuando se inicie la alimentación de rumiantes en raciones que incluyen urea, es necesario adaptar a los animales a su consumo, proporcionando un tercio la primera semana, dos tercios la segunda y toda la urea calculada a proporcionar en la dieta a partir de la tercera semana (56).

* Realice una homogenización adecuada de la urea en el alimento que se proporcione a los animales para obtener los resultados deseados. Los suplementos con alto contenido de urea no deberán esparcirse a voleo encima de la superficie de los alimentos colocados en los comederos y pesebres para prevenir problemas de intoxicación (15, 19, 56).

* Por la misma razón, se recomienda no suministrarla a animales enfermos, hambrientos, en ayunas, becerros menores de cuatro meses y hembras primerizas (34, 56).

* Si la urea se emplea en raciones pobres en proteína y contienen mucha fibra, es necesario completar dichas dietas con alimentos ricos en energía o hacer más digestible la fibra mediante un tratamiento apropiado. De lo contrario, su uso resulta ineficaz y puede producir intoxicación (26).

AZUFRE Y UREA

El azufre se conoce como un constituyente de los aminoácidos metionina y cistina. La ausencia de azufre utilizando

urea hace necesario poner especial atención al contenido de azufre en la dieta para una óptima sintetización de proteína por los microorganismos del rumen.

Las formas de azufre tales como tiosulfatos, polisulfidos o azufre elemental deben ser oxidados a sulfato o reducidos a sulfidos antes de poder ser utilizados por los rumiantes. La reducción de sulfatos y oxidación de sulfidos constituyen el ciclo del azufre el cual es en su mayoría un proceso microbiano (53).

Generalmente el azufre en forma de sulfato de sodio, sulfato de calcio, D-L metionina, análogo de hidróximetionina y azufre elemental han demostrado ser altamente disponibles para el ganado. Los niveles inadecuados de azufre tienden a reducir la producción de proteína microbiana en el rumen (29, 30, 53).

Es recomendable adicionar azufre en una proporción de una parte por cada 10 de nitrógeno para la formación de ácidos aminados azufrados y prevenir la deficiencia de estos en los rumiantes (34).

Los requerimientos minerales de los microorganismos del rumen deben ser satisfechos si estos mejoran el uso de la urea. Los minerales traza que son agregados usualmente a raciones altas en urea son: cobalto, zinc y azufre.

Algunos autores recomiendan una proporción de nitrógeno-azufre de 15:1 en suplementos de urea, además de ser provistos de otros minerales en la ración (5, 17).

DIFERENTES FORMAS DE SUMINISTRO

- Adición de urea a ensilados: Se recomienda agregar a ensilados de maíz, sorgo, etc. La adición de urea al ensilado se hace al momento de ensilar el forraje y se debe hacer por capas de 10-15 cm distribuyendo uniformemente y al voleo de acuerdo al peso calculado de cada capa. También se puede disolver la urea en agua y rociar sobre el ensilaje. -
- Melaza-Urea con acceso restringido: Para hacer la mezcla, se disuelve completamente la urea en 10 ó 12 lt. de agua de preferencia caliente, una vez disuelta se añade el resto del agua y después a la melaza moviendo constantemente para que quede perfectamente mezclada.
- Melaza-Urea a libre acceso: El mezclado es semejante al punto anterior. (2, 56).

FORMAS DE ADMINISTRACION EN SISTEMAS DE PRODUCCION

- Ganado de carne en pastoreo en el trópico: En época de escasez de forraje o cuando este es de bajo valor nutritivo se puede proporcionar melaza-urea, donde tendrá un efecto aditivo, además de servir como fuente de energía y proteína.
- Ganado de carne en pastoreo en zonas áridas: La primera alternativa es a ganado en pastoreo continuo en pastizales que por lo general son de bajo valor nutritivo. Se recomienda ofrecer la mezcla melaza-urea utilizando lamaderos de tambor para el efecto;

La segunda alternativa la constituyen las praderas de rye grass, bajo riego, manejadas en forma intensiva en donde dada la calidad del pasto que excede los requerimientos del

animal en pastoreo se recomienda restringir el uso de la pradera en 7-8 horas diarias y en corral proporcionar una mezcla de esquilmos combinados con melaza-urea. (2)

- Ganado lechero en el trópico: Para ganado lechero no especializado y cuya fuente de alimentación es exclusivamente el pastoreo, puede proporcionarsele melaza-urea ya sea durante la ordeña o a libre consumo.

Si el ganado es buen productor de leche y es manejado en pastoreo se le debe adicionar un concentrado, el cual resulta más económico si se sustituye parte de la fuente de -- proteína por urea.

- Ganado de engorda en corrales: Se pueden utilizar varios -- sistemas ya sea que el alimento que reciben lleve la urea -- incluída, ya sea en forma de concentrado o ensilados. Proporcionar melaza-urea con acceso restringido o a libre acceso.

- Ganado lechero estabulado: Es posible adicionar la urea en el concentrado o con el ensilado.

- Ovinos y caprinos: Se puede administrar en forma similar -- al ganado bovino.

CUESTIONARIO DEL TEMA I I.

1. ¿ Qué es la urea ? Defínala brevemente desde el punto de vista nutricional.
2. Qué importancia tiene de acuerdo a su contenido de nitrógeno y a qué equivalente de proteína corresponde ?
3. Cómo se obtiene la urea químicamente y a nivel industrial ?
4. Cuál es el tipo que se utiliza en la alimentación animal ?
5. Cuál es el propósito fundamental de adicionar compuestos nitrogenados no proteicos (urea) en la alimentación de los rumiantes, y desde cuándo se realiza esta práctica ?
6. A nivel ruminal, cuál es la base del proceso para que la urea sea transformada en amoníaco utilizable.
7. Qué enzima interviene en dicho proceso ?
8. ¿ Cuáles son las rutas que sigue el amoníaco una vez producido en el rumen ?
9. Qué papel desempeñan los microorganismos en este proceso ? Mencione los principales grupos .

10. Señale las principales razones por las que actualmente se utiliza la urea en la alimentación de los rumiantes
11. Económicamente, qué ventaja representa el uso de la urea en México y qué limitantes tiene ?
- 12- Mencione algunas recomendaciones que se deben tomar en cuenta al utilizar la urea en la alimentación animal.
13. Cuál es la importancia de suplementar las raciones con urea en la época de sequía en nuestro país ?
14. Qué ventaja tiene suministrar minerales, especialmente azufre en dietas a base de urea ?

III. DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE UREA EN LAS RACIONES PARA RUMIANTES.

1.- El Potencial de Fermentación de la Urea (P.F.U.).

La urea es la fuente más común y económica de NNP, con un 42-45% de nitrógeno para la síntesis protéica de la bacteria del rumen. En este capítulo se discuten dos temas nuevos en los cuales se indica el uso apropiado de urea en las dietas para rumiantes.

En 1974 y 1975 Burroughs et al.(5) desarrollaron un -- nuevo sistema para determinar la cantidad de urea que podría ser utilizada adecuadamente en raciones para ganado de carne. Ellos propusieron un método basado en el contenido de nutrientes digestibles totales (NDT ó TND) y proteína cruda -- (P.C.) de los ingredientes de la ración. El método es complejo pero de gran utilidad en la determinación de la cantidad de urea que puede ser utilizada por los mencionados animales (52).

Definición.

El potencial de fermentación de la urea (PFU) de los alimentos expresa una evaluación de la cantidad de urea que puede ser utilizada en cualquier ración para ganado bovino, ovino y caprino (5, 25, 52).

Un valor positivo de PFU se convierte en una parte integral del sistema de evaluación de Proteína Metabolizable o

Aminoácidos Metabolizables en la nutrición del ganado cuando la urea es parte de la ración. Un valor positivo de PFU de un alimento o ración puede ser estimado en gramos de urea -- por Kilogramo de Materia Seca (M.S.) de alimento consumido , que puede ser usado por el rumen para la síntesis proteica - microbiana en la parte anterior del tracto digestivo de los ruminantes.

Todo el nitrógeno que compone el PFU se consideró trans formado en proteína microbiana. Estableciendo valores de PFU se incluye la cantidad de energía fermentable presente en unos alimentos, reflejado por su contenido de TND y la cantidad de amoniaco formado de la proteína de los alimentos de-- gradados en el rumen (5).

La fórmula usada en el establecimiento de los valores de PFU es la siguiente:

$$\begin{aligned} & \text{PFU (equivalente de urea en gramos/Kg de materia seca del} \\ & \text{alimento)} \\ & = (1.044 \times \text{gr TND/ Kg MS}) - (\text{grs. de PC/Kg de MS} \times \% \\ & \quad \underline{\text{degradado en el rumen}} \\ & \quad \quad \quad 2 . 8 \end{aligned}$$

Fórmula condensada:

$$\text{PFU} = (1.044 \text{ TND} - \text{B}) / 2.8$$

Para fines prácticos, es conveniente utilizar la fórmula -- desarrollada, ya que es más precisa.¹

¹ Comunicación personal del Dr. Teodomiro Romero.

Los valores de PPU para diferentes alimentos fueron expresados en gramos de urea (44.8% de N) por Kg de materia seca de alimento consumido.

- * El valor de 1.044 representa el potencial neto de -- gramos estimados de alfa-amino proteína microbiana - del rumen (10.44% de TND) que resulta del consumo de cada 10 gramos de TND (5).
- * B en la fórmula son los gramos de proteína estimados en Kilogramos de alimento consumido y degradado en rumen que aporta amoniacó (40, 41).
- * El 2.8 es el equivalente de nitrógeno transformado - de proteína a urea (40, 41).

Ejemplo.

Alimento seleccionado: Alfalfa parte aérea (Tabla III.2

TND 61 %
 P.C.= proteína cruda.... 19.3%
 Degradación de la prot.. 95 %
 PPU-42.8 g

En la fórmula:

$$\begin{aligned}
 \text{PPU} &= (\text{equivalente de urea en gramos/Kg de materia seca de alimento}) \\
 &= \frac{(1.04 \times \text{gTND/Kg M.S.}) - (\text{g PC/Kg MS} \times \% \text{ degradado})}{2.8} \\
 &= \frac{(1.044 \times 61) - (19.3 \times 95)}{2.8} \\
 &= \frac{(63.68) - (183.35)}{2.8} \\
 &= \frac{(-119.67)}{2.8} \\
 &= -42.8
 \end{aligned}$$

A continuación se dá un listado de los alimentos más comunes en términos de exceso o deficiencia de proteína cruda que poseen, expresados en gramos de equivalente urea por kilogramo. Por ejemplo:

Un producto de alto contenido de proteína como es la harina de soya tiene un valor negativo del PFU = (-107.7) , el cual significa que el exceso de proteína en un Kg. de harina de soya es igual a 107.7 gramos de urea.

Por otro lado el maíz tiene un valor correspondiente de PFU = +11.8 Esto significa que el maíz disminuye el contenido de proteína, en un equivalente a 11.8 gramos de urea por Kilogramo.

Por lo tanto, el valor de -107.7 de la harina de soya es restado a el valor de +11.8 del maíz, pudiendo encontrar que se requiere aproximadamente 9.2 Kg de maíz para utilizar el exceso de proteína en un Kg de harina de soya (5, 52).

En la Tabla III.1 tenemos un listado de los ingredientes más comunes, su porcentaje de proteína, cantidad degradada en el rumen(fermentada), y los valores del PFU que son necesarios para calcular las necesidades de urea en las raciones señaladas en la Tabla III.2 , cuando varias combinaciones de ingredientes se mezclan. Si uno quiere mezclar una ración que contiene ingredientes con valores del PFU que no aparecen en la Tabla, el PFU podría ser estimado usando la fórmula anterior, en la cual los valores de TND y proteína son los familiarmente usados en nutrición animal(52).

(Se estima que del 85 al 95% de proteína de los pastos o forraje; de 70 a 80% de proteína de los concentrados y 60 a 70% de proteína en los granos son degradados (fermentados en el rumen) (52).

TABLA III.1 Total de nutrientes digestibles (TND), proteína, degradación o fermentación de la urea (PFU) de algunos de los ingredientes más comunes.^a

Alimento descrito	Composición del alimento		Degradación de la prot.	PFU
	TND	Prot.		
	%	%	%	g
Alfalfa parte aérea	61	19.3	95	- 42.8
Harina de carne	76	57.1	75	-124.6
Harina de carne y hueso	72	53.8	75	-117.3
Grano de cebada	83	13.0	70	- 1.6
Pulpa de remolacha	72	10.0	80	- 1.7
Pasto Bermuda parte aérea	44	9.5	85	- 12.4
Pasto canario, caña, p. aérea	66	13.2	90	- 17.8
Leche de vaca, entera	130	25.8	85	- 29.8
Leche de vaca, desnatada	93	28.5	85	- 51.8
Pulpa cítrica	88	7.1	75	+ 13.8
Melaza cítrica	77	10.9	90	- 6.3
Trébol, carmín, parte aérea	60	16.9	90	- 32.0
Trébol ladino, parte aérea	61	23.0	95	- 55.3
Trébol rojo, parte aérea	64	17.3	95	- 34.8
Maíz, p. aérea como ensilaje	70	8.1	68	+ 6.5
Tusa de maíz	47	2.8	75	+ 10.0
Mazorca de maíz completa	89	9.3	65	+ 11.6
Granos de maíz, destilados con solventes	88	29.8	75	- 47.0
Grano de maíz, amarillo	91	10.0	62	+ 11.8
Rastrojo de maíz, sin mazorca	59	5.9	75	+ 6.2
Maíz dulce, residuo de empacadora	70	8.8	80	+ 1.0
Cáscara de semilla de algodón	41	4.3	75	+ 3.8

Tabla III.1 (cont.)

Alimento descrito	Composición del alimento		Degradación de la prot.	PFU g
	TND	Prot.	%	
	%	%	%	
Harina de algodón, extraída con solventes	75	44.8	75	- 92.0
Festuca, pradera, p. aérea	62	10.5	85	- 8.7
Harina de pescado (anchoveta)	76	76.7	75	-177.1
Harina de pescado (menhadden)	75	66.6	75	-150.4
Granos de cervecería	66	28.1	75	- 50.7
Lespedeza, p. aérea	63	17.8	95	- 36.9
Pasto elefante p. aérea	52	7.8	85	- 4.3
Paja de avena	52	4.4	75	+ 7.6
Avena, granos	76	13.2	70	- 4.7
Avena, forraje, p. aérea	57	8.2	85	- 3.6
Harina de maní, extraída por solventes	77	51.5	75	-109.2
Harina de arroz pulida	84	8.2	70	+ 10.8
Granos de centeno	85	13.4	70	- 1.8
Centeno, granos de destilería	46	24.1	75	- 47.4
Raygrass (lolium spp), Italiano parte aérea	62	16.3	95	- 32.2
Sorgo, granos de destilería	82	33.2	75	- 58.4
Sorgo, granos de milo	80	12.4	52	+ 6.8
Planta de soya, p. aérea	52	16.3	95	- 35.9
Cáscara de soya	45	13.7	95	- 29.7
Paja de soya	38	5.5	75	- 0.6
Harina de soya, extraída por solventes	81	51.5	75	-107.7
Melaza de caña de azúcar, desh	68	10.7	85	- 7.2
Melazas de caña de azúcar	91	4.3	90	+ 20.1
UREA, limitación de valores positivos de PFU	0	280.0	--	---
Salvado de trigo	70	18.0	70	- 18.9
Grano de trigo	88	14.3	70	- 2.9
Cubierta de grano de trigo	77	16.0	70	- 13.5
Harina de trigo	81	17.0	70	- 12.3
Levadura de cerveza	78	47.9	75	- 99.2

Cantidades porcentuales o en g/kg de materia seca.

Fuente: ROMERO, AT. (40) 1986.

Para balancear una dieta necesitamos calcular los valores positivos y negativos del PFU de cada ingrediente que -- contribuye por cada Kilogramo de la dieta y luego ajustar las contribuciones relativas de los ingredientes hasta que los - valores positivos y negativos sean iguales a cero.

- Si las contribuciones de los ingredientes de la ración -- llegan a un valor cero o negativo, la urea NO puede ser utilizada, si es incorporada a la ración.
- Pero si el valor neto de las contribuciones del PFU es -- positivo, entonces la urea puede ser incorporada hasta la cantidad de un gramo por unidad del PFU (+) por Kg de la ración.

Por ejemplo, si la suma de los valores positivos y negativos del PFU llegan a un valor de + 10, entonces podemos añadir 10 g de urea por Kg, ó 1% de urea en la dieta.

(40,42)

En la siguiente tabla, se ilustran los cálculos a realizarse donde varios ingredientes son mezclados en una ración para saber cuanta urea puede utilizarse.

TABLA III.2 Determinación de la cantidad de urea que deberíamos mezclar en una ración para - ganado de leche.

Ingrediente basado en peso seco				Valores del PFU que contribuyen por ingrediente/ ^a Kg de dieta.
Nombre	% en la dieta	g/Kg dieta	PFU/Kg	
Maíz en grano	60.0	600	+11.8	+ 7.08 *
Pulpa cítrica	20.0	200	+13.8	+ 2.78
Melaza de caña	8.0	80	+20.1	+ 1.61
Alfalfa peletizada	8.0	80	-42.8	- 3.42
Harina de soya	3.0	30	-107.7	- 3.23
Sal	1.0	10	-	-
				+ 11.45
				- 6.65
				Neto + 4.80

Romero, A.T., Rivas, G.A., Avila, T.S. (1986).

* E J E M P L O :

$$(PFU/Kg) = 11.8---100\%$$

$$X--- 60\% \text{ (inclusión en dieta)}$$

$$X = 7.08\% \text{ (valor del PFU/Kg)}$$

=====

^a Si la suma de los valores positivos y negativos en ésta columna es igual o menor a cero, NO se debe añadir urea. Si el valor neto es positivo, entonces añadimos aquellos gramos de urea por Kg de ración. En el ejemplo, uno puede añadir 4.8 gramos de urea por cada Kg de ración (0.48%).

Algunos de los valores de PFU para algunos alimentos seleccionados en la Tabla III.1 tienen valores negativos. Un valor negativo de PFU indica exceso de proteína fermentada sobre la sintetizada en la proteína microbiana en un Kg - de alimento expresada en gramos de equivalente de urea. Este nitrógeno podría ser usado en la fermentación sólo si el alimento con un valor negativo de PFU fuera combinado en una ración con alimentos con un valor positivo igual o mayor de -- PFU (5, 25).

Ejemplo de raciones con varios valores de PFU alimentando vacas en diferente nivel de lactación.

En la Tabla III.3 se presentan los ingredientes y composición de nutrientes de cuatro raciones para lactación. La ración A, conteniendo ensilado de maíz, zacate de maíz y melaza. Es una ración favorable para la utilización libre de -- urea, porque tiene un valor positivo del PFU de +9.3 .

La ración B; silo de maíz, parte aérea de maíz y salvado de trigo, tiene un valor positivo de PFU de +1.3, el cual permite el uso limitado de urea.

La ración C; silo de maíz, grano de maíz y heno de alfalfa. Es una ración mediana en proteína que acorde al nuevo sistema no puede utilizarse la urea, pero sí probablemente - una suplementación proteica.

La ración D; silo de maíz, parte aérea de maíz, salvado de trigo y harina de soya. Es una ración alta en proteína con un valor medio negativo de PFU (-12.2) el cual es proba-

ble que no sea beneficiada por urea o una suplementación --
proteica (25).

TABLA III.3 Raciones seleccionadas para lactación
con densidades similares de energía -
pero diferentes en PFU.

Composición de ingre- dientes de la ración, %	Ración A	Ración B	Ración C	Ración D
	PFU medio positivo	PPU bajo positivo	PFU bajo negativo	PFU medio neg.
Ensilado de maíz (40% MS)	72	58	58	47
Parte aérea de maíz (87%MS)	25	20	...	25
Grano de maíz (89% MS )	...	...	24	...
Salvado de trigo (90% MS)	...	19	...	15
Harina de soya (89% MS)	...	...	...	10
Heno de alfalfa (89.2 MS)	...	...	15	...
Melaza de caña (75% MS)	3	3	3	3
TOTAL	100	100	100	100
Composición química de la ración				
M.S. de la ración %	52.8	59.9	60.2	65.2
TND de la ración MS %	76.9	80.1	76.2	81.4
Proteína de la ración MS %	8.4	11.5	10.4	16.5
Proteína digestible MS %	4.6	7.2	7.0	11.8
PFU/Kg de ración M.S./grs. +	9.3	+ 1.3	-0.8	-12.1

BURROUGHS, et al. 1975 (5).

2. Cantidad de Urea utilizable por el método de Satter y Roffler.

Por medio de estudios in vivo e in vitro éstos autores encontraron que los niveles de síntesis de proteína bacteriana del rumen coincidían con el punto donde el amoniaco (NH_3) comenzaba a acumularse. Ellos concluyeron que cuando el amoniaco excedía de 5 mg de NH_3 /100 ml de fluido ruminal, la suplementación de urea no es necesaria (37, 47, 52).

En los datos de la Tabla III.4 se presenta la relación de la concentración de amoniaco en el rumen y la utilización de la urea, con la influencia de la proteína cruda y los nutrientes digestibles totales (NDT) de la dieta. Los valores concuerdan con lo que ha sido bastante conocido; esto es, la urea es bien utilizada en dietas bajas en proteína y altas en energía y pobremente utilizada en dietas altas en proteína y bajas en energía. Cuando la concentración del amoniaco ruminal es de 2 mg/100 ml o menor, entonces la utilización de la urea es probable en exceso del 90%. Pero cuando el amoniaco se acumula con valores de 3 a 5mg/100 ml, la utilización de la urea adicionada varía desde 0 hasta aproximadamente 90%. Sobre valores de 5 mg de NH_3 /100 ml, la utilización de la urea es insignificante (28, 47).

En la Tabla III.5 tenemos una guía práctica de cómo determinar la cantidad de urea que puede ser adicionada, dependiendo del contenido de proteína cruda y NDT de la dieta.

La mayoría de las dietas del ganado de leche y del -- ganado de carne son ad libitum y consisten en granos, ensilado de maíz y forrajes ya sean gramíneas o leguminosas. - Cuando éstas raciones fueron ofrecidas, la proteína cruda y el NDT llegó a un valor del 92% de la variación de la concentración de NH_3 ruminal. Otros factores, como la frecuencia de alimentación, tipo de carbohidrato, extensión de la degradación de la proteína de la dieta y el pH del rumen , sumaron el restante 8% (52).

Tabla III.4 Influencia de la proteína cruda de la ración y NDT de la misma, en la concentración promedio de NH_3 ruminal y utilización de la urea en base a materia seca.

% Proteína Cruda	% NDT							Utilización de la urea.
	55	60	65	70	75	80	85	
	mg NH_3 /100ml							(%)
8	6	5	4	3	2	2	1	
9	6	5	4	3	2	2	1	
10	6	5	4	3	2	2	1	90
11	6	5	4	3	3	2	2	
12	7	6	5	4	4	3	3	
13	8	7	6	6	5	4	4	0-90
14	10	9	8	7	6	6	5	
15	12	11	10	9	8	8	7	
16	14	13	12	11	10	10	10	
17	17	16	15	14	13	13	12	0
18	20	19	18	17	16	16	15	
19	23	22	21	20	19	19	18	
20	27	26	25	24	23	23	22	

Satter & Roffler. 1975 (47).

Tabla III.5 Guía de Satter y Roffler para saber cómo incrementar la proteína, utilizando la urea en dietas con varios niveles de NDT y bajos niveles de proteína cruda (en base a Materia Seca).

% Proteína cruda antes de la adición de urea.	% NDT			
	55-60	60-65	70-75	80-85
	(% P.C. después de la adición de urea).			
8	No ^a	10.0 ^b	10.9	11.4
9	No ^a	10.4	11.3	11.8
10	No ^a	10.8	11.7	12.2
11	No ^a	11.2	12.1	12.6
12	No ^a	No ^a	12.5 ^c	13.0
--	--	11.4 ^c	12.8 ^c	13.6 ^c

^a El límite superior de la utilización de la urea está por debajo del contenido de proteína de la dieta no suplementada y no beneficiada por la adición de urea que sería esperada.

^b Este valor significa que el % inicial de proteína cruda de la ración puede incrementarse en 10% de proteína cruda con urea, cuando tenemos un 60 a 65% de NDT, etc. Recuerde que 1g de urea pura por cada 100 g de dieta es igual a -- 2.91% de proteína cruda

^c Proteína cruda de la dieta, donde el NH₃ ruminal comienza a acumularse, cuando solamente tenemos proteína vegetal en la ración

Satter, L.D., and Roffler, R.E. 1975 (47).

3. Determinación de las necesidades de proteína suplemental por medio del uso de la computadora. *

Proteína metabolizable (PM) y detrmínación del potencial de fermentación de la urea (PFU). FM-07: El objetivo de este programa es determinar la proteína metabolizable y los valores de potencial de fermentación de urea para ciertas materias primas o un suplemento proteico. Estos valores son empleados posteriormente en el programa de análisis de ración de corral de engorda, FM-06, para determinar las necesidades de proteína suplemental.

Tabla III.6 Valores de degradación de proteína para materias primas comunes.

Materia prima	Fracción de Materia seca.	TND ^a	% Degradado ^a (base seca)
Heno de alfalfa	.88	57	95.0
Heno de alfalfa-Bromo	.90	54	95.0
Saraza de alfalfa	.50	61	95.0
Maíz No. 2	.85	91	62.0
Maíz en elote	.87	90	60.4
Maíz ensilado	.40	70	68.0
Maíz, olote	.90	47	75.0
Maíz rastrojo	.75	59	75.0
Avena, grano	.90	76	70.0
Avena, ensilado	.35	61	85.0
Melaza, caña	.75	91	90.0
Torta de soya	.90	81	75.0
Sorgo, milo grano	.89	80	51.0

^a Representa el porcentaje de proteína en la materia prima que es degradada por la población microbiana del rumen.

(5, 40).

* Dicho sistema, se puede desarrollar con la calculadora TEXAS 5859.

INSTRUCCIONES PARA EL USUARIO

1. Oprimir (2nd) (Pgm) 07
PARTE A : DETERMINAR LA PM Y PFU DE UNA MATERIA PRIMA.
2. Entrar el porcentaje de proteína cruda de una materia prima y oprimir (A). El tablero registrará el valor de proteína cruda como "entrado".
3. Entrar el porcentaje de TND de la materia prima (ver tabla III.6) y oprimir (B). El tablero registrará el valor de TND como "entrado".
4. Entrar el porcentaje de proteína cruda degradada en el rumen (ver tabla III.6) y oprimir (C). El tablero registrará el valor como "entrado".
5. Oprimir (D). El resultado registrado en el tablero son los gramos de proteína metabolizable por libra de materia prima. Un procedimiento opcional será oprimir (2nd) (D). El resultado registrado en el tablero son los gramos de proteína metabolizable por Kilogramo.
6. Oprimir (R/S), el resultado registrado son los gramos de Urea que una libra de esta materia prima tiene el potencial de fermentar el valor PFU. Si (2nd)(D') fué empleado en paso 5, el valor de PFU es expresado en gramos por Kilogramo.

Todos los valores están expresados en base seca, por lo tanto los valores calculados de PM y PFU también están expresados en base seca y pueden ser empleados directamente en el programa de análisis de ración de corral de engorda - (PM-06).

PARTE B: DETERMINAR LA PM Y PFU DE UN SUPLEMENTO PROTEICO COMERCIAL.

2. Entrar el porcentaje de PC en el suplemento y oprimir -- (A). El tablero registrará el valor de Proteína Cruda - como entrada.
3. Entrar el porcentaje de PC proveniente del NNP y oprimir (E). Este valor de NNP está enlistado en la etiqueta. El resultado está en gramos de proteína metabolizable por libra de suplemento.
4. Oprimir (R/S). El resultado está en gramos de urea que - una libra de este suplemento tiene la capacidad de fermentar. (El valor de PFU expresado en g/Libra).

Los valores sobre la etiqueta de la materia prima están expresados en base de presentación. Por lo tanto los valores de PM y PFU calculados están expresados en la misma base y se tienen que convertir en base seca antes de emplear los valores en el programa de análisis de ración de corral de engorda. Estos valores de PM y PFU pueden ser convertidos a base seca dividiéndolos por la fracción de materia seca del suplemento (Ver tabla III.6)

Se supone que la porción de proteína natural de un suplemento proviene de torta de soya.

EJEMPLO

En un corral de engorda, se conoce el nivel de proteína cruda de su maíz y del suplemento comercial que se emplea. Sin embargo es deseable emplear el sistema de proteína metabolizable, una parte del programa analizador de ra-

ción PM-06, para evaluar la suplementación proteica para el ganado. Es necesario por lo tanto, generar los valores de proteína metabolizable y potencial de fermentación de urea de los datos: Porcentaje proteína cruda, porcentaje TND, y porcentaje de proteína degradada en el rumen.

PARTE A: Determinar PM y PFU de una materia prima.

ENTRAR	OPRIMIR (2nd)(Pgm)07	TABLERO	CONENTARIO	LECTURA
			- Seleccionar progr.	--
10	(A)	10	Entrar % PC de materia prima (Base seca)	-
91	(B)	91	- Entrar % TND de materia prima (b. seca)	--
62	(C)	62	- Entrar % prot. degradada de materia prima (base seca)	--
	(D)	32.6	- Prot. metabolizable g/Libra	
	(R/S)	53	- PPU (g/Lb)	

PARTE B: Determinar valores de PM y PPU de un suplemento proteico.

36	(A)	36	- Entrar % de proteína cruda (directamente etiqueta)	
0	(E)	54.4	- Entrar % proteína cruda de NNP, gramos de PM/Lb.	
	(R/S)	-34.1	- Potencial de fermentación de urea, gr/ Libra.	

Convertir valores en base seca para ser utilizado en el programa de análisis de ración.

$$\text{Valor PM} = \frac{54.4}{.90} = 60.4 \text{ g/libra (base seca)}$$

$$\text{Valor PFU} = \frac{-34.1}{.90} = -37.9 \text{ g/libra (base seca)}$$

Contenido de registro

R ₀₁	Porcentaje proteína cruda.
R ₀₂	Porcentaje TND
R ₀₃	Porcentaje degradada
R ₀₄	Porcentaje de proteína cruda de NNP
R ₀₅	Potencial de fermentación de urea
R ₀₆	Valor intermedio

Métodos utilizados ^a

Parte A: Determinar PM y PFU de una materia prima ^b
Potencial de fermentación de urea (PFU)

$$\text{PFU} = \frac{1.044 (\% \text{ TND}) - \frac{10 (\% \text{ PC})(\% \text{ degradado})}{100}}{2.8}$$

Parte B: Determinar PM y PFU de un suplemento comercial ^c

^a Ecuaciones desarrolladas de A.S Leaflet R190, Cattle Feeders Day Report, 1974, Iowa State University.

^b Los valores de PM y PFU se expresan en gramos/Kg; para convertir a gm/Libra, se multiplica por 0.45359237. El programa sí da esta conversión.

^c Los valores de PM y PFU se expresan en gramos/libra; para convertir a g/Kg, se divide por 0.45359237. El programa sí da esta conversión.

CUESTIONARIO DEL TEMA III

- 1.- Cuáles son los sistemas que se utilizan actualmente para determinar el porcentaje o la cantidad correcta de urea en las raciones para rumiantes ?
- 2.- En qué consiste el potencial de Fermentación de la Urea. Describalo brevemente.
- 3.- Qué factores toma en consideración dicho sistema ?
- 4.-Cuál es la fórmula que se utiliza para determinar los -- valores de PFU ?
- 5.- Cómo se interpretan los valores positivos y negativos ?
- 6.- Con qué valor de PFU puede ser incorporada la urea a la ración en éste sistema ?
- 7.- Si la suma de los valores positivos y negativos del PFU llegan a un valor de (+) 10, cuántos gramos por Kg de - urea podemos añadir en una ración ?
- 8.- De acuerdo con el método de Satter y Roffler, qué relación existe entre la concentración de amoníaco en el rumen y la utilización de la urea, con la influencia de la proteína cruda y los nutrientes digestibles totales (TND) de la dieta ?

EJERCICIOS.

Determine la cantidad de urea que se deben agregar en las siguientes raciones de acuerdo a los valores de PFU.

Ingrediente	% en la dieta	g/Kg.dieta	PFU/KG	PFU
1.				
Sorgo, granos de milo	53.01	530	_____	_____
Salvado de trigo	34.94	349	_____	_____
P. de soya	3.62	36	_____	_____
H. de pescado	<u>8.43</u>	84	_____	_____
	100.00			
			NETO	
2.				
Ensilado de maíz	72.00	720	_____	_____
Rastrojo de maíz	25.00	250	_____	_____
Melaza de caña	3.00	30	_____	_____
			NETO	
3.				
Sorgo	69.79	697	_____	_____
P. de soya	19.71	197	_____	_____
H. de alfalfa	5.00	50	_____	_____
Melaza	5.00	50	_____	_____
Vits.+ minerales	0.50		_____	_____
4.				
Ensilaje de maíz	25.85	258	_____	_____
Rastrojo de maíz	53.85	538	_____	_____
P. coco	10.15	101	_____	_____
Calabaza	10.15	101	_____	_____

IV. TOXICIDAD DE LA UREA.

1.- Patogenia.

Desde hace muchos años se han conocido síntomas tóxicos asociados con cantidades excesivas de urea en la alimentación de los ruminantes (34). El uso indiscriminado de la urea en el país, es causante de diversas pérdidas económicas por muerte en los animales intoxicados (19).

El problema se ocasiona por la absorción alta de NH_3 que aumenta su concentración en sangre a niveles superiores a 0.5 mg X 100ml, que son los que se consideran normales; en esas condiciones, la síntesis de urea por el hígado es menor que los volúmenes que le están llegando de amoníaco (19)

Satter y Roffler (47), reportan que una concentración de 5 mg/100 ml de amoníaco en líquido ruminal es suficiente para lograr un crecimiento microbiano adecuado. Generalmente los microorganismos ruminales degradan mayor cantidad de proteína a amoníaco de la que son capaces de utilizar para sintetizar proteína microbiana.

Como se ha descrito en capítulos anteriores, el rumen es anaeróbico y las fermentaciones anaeróbicas producen cantidades mínimas de ATP (56), debido a la poca producción de ATP la cantidad de amoníaco incorporado a proteína microbiana es limitada. El amoníaco que no es utilizado por los microorganismos ruminales es absorbido del rumen a la sangre

portal y transportado al hígado.

Las enzimas hepáticas, convierten el amoniaco en urea con gran eficiencia. Los niveles de amoniaco en sangre no aumentan, sino hasta que los niveles de amoniaco ruminal exceden 90 mg / 100 ml de líquido ruminal (34).

Niveles de amoniaco ruminal en becerros de engorda, alimentados con raciones conteniendo 1 y 2% de urea, variaron de 20 a 40 mg/100 ml de líquido ruminal (28). Por lo tanto es necesario que la ración contenga grandes cantidades de urea para que exceda la capacidad del hígado para convertir amoniaco a urea. Una vez que la capacidad del hígado es sobrepasada, las concentraciones de amoniaco en sangre aumentan causando intoxicación.

Lewis et al. (28) consideró que estuvieron involucrados diversos factores incluyendo un efecto tóxico directo del ion amonio, un desajuste en el equilibrio ácido-base y un cambio en el balance electrolítico. También se encontró que los niveles de amoniaco en rumen eran paralelos a cambios en la concentración de amoniaco en la sangre portal, aunque los niveles en sangre portal fueron mucho más bajos (0.03-0.5 mmol/lit en sangre portal vs. 20-40 mmol/lit en rumen). También observaron que cuando las concentraciones de amoniaco en rumen aumentaban de 60 a 100 mmol/lit, había paso de éste a la sangre periférica. Por lo que su información indica, que el hígado puede manejar niveles por arriba de 60 mmol/lit de amoniaco en rumen; por arriba de este nivel de capacidad del hígado para convertirlo a urea es so-

brepasada y los niveles en sangre aumentan, reflejando la - incapacidad de los riñones para excretar a la velocidad necesaria para evitar que aumenten los niveles en sangre (34).

Los niveles tóxicos de amoniaco en sangre pueden ser afectados por factores tales como susceptibilidad de los animales, métodos de análisis utilizados, etc.

Varios reportes indican que niveles mayores de 1mg % de amoniaco en sangre causan intoxicación aguda y niveles - más altos pueden causar la muerte (28, 31, 34, 61).

2.- Mecanismo de acción tóxica del amoniaco.

El mecanismo de acción tóxica del amoniaco no es bien conocido, pero se ha observado la disminución de alfaceto - glutarato del ácido tricarbóxico en casos de intoxicación con urea (34). Otros investigadores (32), han postulado que la acción tóxica de éste es debida a que el piruvato y el - alfacetoglutarato no son descarboxilados; Schenker (50) cita que niveles tóxicos de amoniaco disminuyen la fosfocreatinina en áreas basales del cerebro, causando una disminu - ción de ATP. Esta es una evidencia directa de que el meta - bolismo energético del cerebro se ve afectado.

3.- Factores que influyen en la intoxicación con urea.

Se ha observado que la intoxicación con urea ocurre - fácilmente, cuando ésta es suministrada por medio de sonda ruminal (11, 13, 61), si los animales han estado en ayunas

o si la dieta es deficiente en carbohidratos de alta digestibilidad. Sin embargo, este tipo de intoxicación es influenciado por factores tales como: (13)

1. pH : Uno de los más importantes es el pH ruminal.

Pocos estudios se han hecho para determinar la importancia del pH en la absorción de amoníaco a través de la pared ruminal, pero se ha demostrado que el amoníaco no ionizado (NH_3), es más fácilmente absorbido que el ionizado (NH_4) y la producción de ión amonio es influenciado por el pH. Con un pH superior a 9, el 50% o más del amoníaco, se encuentra en forma no ionizada (NH_3), y cruza fácilmente la pared ruminal, mientras que con pH ruminal menor de 9, el amoníaco se encuentra ionizado y no cruza la pared del rumen disminuyendo su absorción en la circulación portal (8, 34).

2. Proteína: Se ha reportado (27) que la inclusión de proteína natural en la ración reduce el riesgo de intoxicación con urea.

Dos mecanismos para esta protección son:

- a) Al incrementarse la proteína dietaria puede aumentarse la capacidad buffer del rumen, afectando la absorción de amoníaco por su efecto sobre el pH
- b) Algunas enzimas y dos componentes importantes - necesarios para la formación de urea en el hígado, son derivados de proteínas (34).

3. Adaptación del hígado: Se ha demostrado que el hígado puede adaptarse a la utilización de amoniaco, y ser más eficiente en sintetizar urea, recomendándose el aumento paulatino de urea en la ración para adaptar a los animales al consumo de esta (34).
4. Energía: Los carbohidratos fácilmente digeribles son necesarios para la utilización de amoniaco por los microorganismos. En estudios realizados, usando granos y melaza en combinación con urea, la melaza fué más eficiente en prevenir la intoxicación debido a que la melaza disminuye el pH más eficientemente que los granos y también a que aumenta la utilización del nitrógeno por los microorganismos del rumen, reduciendo la cantidad de amoniaco absorbido en la sangre (23, 33, 38).
5. Rapidéz de consumo: Si el porcentaje total de urea en la ración es consumido rápidamente durante una sóla vez al día, la intoxicación puede ocurrir más fácilmente, que si ésta es suministrada en pequeñas cantidades a través del día (34).
6. Condiciones del animal: Animales enfermos, primarios, hambrientos o en ayunas, es frecuente que se intoxiquen, especialmente cuando nunca antes han consumido dietas con urea.

7. Uso de fosfato-urea y ácido fosfórico: Se ha demostrado que con el uso de fosfato urea y ácido fosfórico, se reduce el amoniaco en la sangre, disminuyendo el riesgo de intoxicación. El mecanismo por el cual se reduce éste no es bien conocido aún (33, 36, 47).

Otros factores predisponentes son la falta de agua, - los forrajes pobres, el ayuno prolongado, la falta de un periodo mínimo de adaptación (15 días para el ganado de engorde y 7 semanas para el ganado lechero), errores humanos ya sea en el mezclado del alimento que no es homogéneo, así como acumulación de urea después de fertilizar praderas (2,19

4.- Signos clínicos, tratamiento y profilaxis.

La intoxicación con amoniaco se desarrolla rápidamente, generalmente entre 30 a 60 minutos después de la ingestión del alimento; cuando la urea es suministrada por sonda ruminal, los signos de intoxicación pueden aparecer en menos de 10 minutos (19, 61).

Los signos que se observan son:

Parálisis ruminal, intranquilidad, dificultad para moverse, contracciones musculares en todo el cuerpo, timpanismo moderado o severo, tambaleo y coceo, estupor, poliuria, salivación excesiva, dificultad respiratoria, incoordinación, postración, espasmos tetánicos. La estimulación del animal por contacto o sonido, causa un marcado aumento en los espasmos tetánicos, situación semejante a la causada --

por envenenamiento por estrichnina.

La disnea y regurgitación del contenido ruminal ocurren poco antes de la muerte (2, 19, 34, 56).

Algunas lesiones observadas a la necropsia son: colapso circulatorio agudo con estasis venosa generalizada, extensas hemorragias en epicardio y endocardio, hemorragias en el intestino, congestión en hígado, bazo y riñones (34).

5.- Tratamiento y profilaxis.

Diversos reportes (11, 13, 61) indican que la administración oral del ácido acético como tratamiento en la intoxicación con urea ha tenido éxito, siempre que éste sea dado antes de que se presente tetania. Se reportó que al administrar 80g de ácido acético por medio de sonda ruminal a un borrego, junto con 40g de urea, no se manifestó ningún signo de intoxicación. Estos mismos autores encontraron que la administración de ácido acético por vía intravenosa no protege contra intoxicación (34).

Davis y Roberts (13), observaron que la urea administrada a un nivel de .44 g/Kg de peso era tóxica; sin embargo, si también era administrado ácido acético suficiente para neutralizar el amoníaco antes de la presentación de tetania, los animales sobrevivían.

Word et al. (60), observaron el efecto del tratamiento con ácido acético cuando son dadas dosis letales de urea. Cuatro pares de vacas gestantes fueron alimentadas con forraje de bajo valor nutritivo a libre acceso, además

se les suministró sorgo molido cuatro horas antes de administrarles urea por sonda ruminal en proporción de .44g/Kg de peso. Quince minutos más tarde, se les dió una solución de ácido acético en relación de 2 moles de ácido por cada - mole de urea administrada. Todas las vacas mostraron signos progresivos de intoxicación, hasta que fué administrado el ácido acético, al darse éste, los signos desaparecieron, -- aunque el efecto del ácido parece ser temporal, ya que los niveles de amoniaco se elevaron otra vez después de 60 minutos de ser suministrado.

A los 165 minutos después de ser administrado el ácido, los niveles de amoniaco en sangre se elevaron a 1.2 mg/100 ml, mostrando todos los animales signos de intoxicación dos animales que no recibieron tratamiento con ácido acético murieron, mientras que los que sí lo recibieron a los -- 180 minutos después de administrar la urea sobrevivieron(60)

Otros reportes indican que borregos tratados con vitamina A fueron menos susceptibles a la intoxicación por urea

El cobre, cromo y oxitetraciclina, conocidos como inhibidores de la actividad ureásica, han sido usados junto - con urea, obteniendo resultados que indican que estos protegen parcialmente a animales a los que les han administrado dosis letales de urea (11).

Si la intoxicación no es grave, ayuda mucho la simple ingestión de agua (30-40 lt) en bovinos; en casos graves, - 2-4 litros de vinagre/100 Kg de peso por vía oral y su re--

petición 3-4 horas después de ser necesario, dan magnífico resultado; puede usarse igualmente ácido acético al 5% en igual dosificación (2, 19).

Las concentraciones mayores de 10% de ácido acético - no son recomendables ya que causan lesiones en el esófago. Los animales que sobreviven a las intoxicaciones con urea, - no sufren efectos posteriores o lesiones (2).

Profilaxis:

Para prevenir la intoxicación con urea se recomienda no darla a animales enfermos, hambrientos, en ayunas ni a - primerizas; debe mezclarse muy bien con el alimento y suministrar una fuente de energía que proporcione la necesaria para el crecimiento bacteriano y a su vez, disminuya el pH ruminal.

Es aconsejable adaptar a los animales paulatinamente al consumo de urea, ya que en ocasiones los animales no aceptan la urea por el sabor desagradable. La alimentación - frecuente en vez de una sola al día, es recomendable para - evitar la intoxicación (15, 34).

La introducción gradual de suplementos de urea al ganado es deseado para prevenir el sobreconsumo, siendo especialmente necesario con dietas altas en alimentos succulentos. Para evitar el sobreconsumo se pueden tomar en cuenta los siguientes puntos:

a) Suplementos líquidos: El consumo de mezclas líquidas como urea-melaza por el ganado, aumenta cuando se diluyen con agua; la adición repentina de agua de lluvia o de algún o--

tro tipo puede favorecer esa situación y conducir a la muerte. Lo mismo puede ocurrir con el consumo excesivo de mezclas de urea-melaza, seguido de una privación previa de ella (14).

b) Mezclas secas: El peligro de una mezcla inadecuada es mayor cuando la urea es incorporada en concentrados secos, al consumirse rápidamente (14).

c) Blocks: La urea es incorporada frecuentemente en blocks para que puedan ser lamidos por los animales. Este debe ser protegido contra el agua, pudiendo romperse o reblandecerse y ser consumido totalmente por los animales, con secuelas tóxicas. La regulación de consumo es debido a la condición física del block, la inclusión de sal o ambos (14).

CUESTIONARIO DEL TEMA IV.

1. Mencione brevemente cómo se desarrolla el proceso de intoxicación con urea.
2. Qué niveles de amoniaco en sangre deben existir normalmente.
3. ¿Cuál es el mecanismo de la acción tóxica del amoniaco a nivel bioquímico ?
4. ¿Cuáles son los principales factores predisponentes ?
5. Haga una descripción de los principales signos clínicos.
6. Qué tratamiento práctico podría aplicar
7. Qué recomendaciones daría para prevenir la intoxicación con urea ?
8. Cuál es el manejo adecuado al propocionar suplementos líquidos, mezclas secas y blocks, para prevenir el sobreconsumo y subsecuentemente la intoxicación ?

V. MAXIMIZACION DEL APROVECHAMIENTO DE LA UREA.

1. El uso de la urea en sistemas de alimentación basados en subproductos agro-industriales.

El modo de completar con urea las dietas compuestas - por forrajes de cultivo propio o subproductos industriales deficientes en proteínas, depende de las condiciones locales, de la disponibilidad de estos piensos y características nutricionales de los mismos (26).

Los piensos completados con urea que se utilizan más comunmente en la alimentación de los ruminantes son:

1. Urea mezclada con piensos concentrados;
2. Preparados de urea o de urea y minerales;
3. Complemento líquido compuesto de melazas, urea, minerales y vitaminas;
4. Urea y ensilados o forrajes verdes pobres en proteínas durante el ensilamiento;
5. Piensos comprimidos formados por un compuesto con una gran proporción de paja triturada, tratada con álcali o sin tratar, y completada con urea. (26)

Los principales subproductos y desperdicios de la agricultura e industrias afines procedentes de la producción o elaboración del azúcar, cereales, almidón, frutas y hortalizas, aceite, bebidas aromáticas y productos pecuarios se presentan en cuatro grupos: fuentes principales de energía, proteínas, energía y proteínas e ingredientes diversos de

la alimentación (9).

El Grupo I comprende la melaza (de caña y de remolacha), la pulpa de la remolacha azucarera, los frutos cítricos y el café, las bananas de desecho, el salvado de piña y los subproductos de la elaboración de la yuca y la papa que generalmente son ricos en carbohidratos fermentables y escasos en fibra leñosa y proteínas, ofreciendo por ello, una buena oportunidad para la utilización de la urea.

Grupo II: Las proteínas de semillas oleaginosas, que constituyen la inmensa mayoría de las proteínas complementarias - en el comercio mundial, muestran una distribución regional, extremadamente desigual. Los escasos suministros de tortas oleaginosas, harina de pescado y harina de carne se destinan con frecuencia a animales monogástricos (9, 26).

Grupo III: Los productos procedentes de la molienda del trigo, arroz y maíz se hallan muy extendidos y pueden suministrar proporciones muy importantes de energía y proteínas en todos los tipos de alimentación de los animales. Las limitaciones generales son la calidad de la fibra y las proteínas. Las fracciones de germinados y el salvado de arroz han resultado buenas fuentes de precursores de glucosa y de proteínas suplementarias, respectivamente, en raciones de elevado contenido de azúcar y de urea.

Las proteínas y la energía contenida en los cereales utilizados en destilerías y fábricas de cerveza pueden aprovecharse muy bien por los rumiantes a causa de la fibra.

En el grupo IV: se encuentran los desperdicios procedentes de la elaboración de frutas y hortalizas como ingredientes diversos de la alimentación.(9).

El complemento de urea servirá para la finalidad que se pretende, solamente si se añade a los forrajes pobres en proteína pero ricos en energía fácilmente disponibles como los que se han citado anteriormente. El completar estos forrajes con compuestos baratos de NNP como la urea en lugar de utilizar los piensos ricos en proteína que son más caros queda justificado desde el punto de vista económico ya que son semejantes los efectos obtenidos en cuanto a producción (26).

Melaza y urea

Las melazas de caña empleadas en la alimentación de ganado son un subproducto agroindustrial de la fabricación de azúcar para consumo humano. Son residuos que quedan después de haber cristalizado la mayor parte de azúcar existente en el jugo, una vez purificado y condensado por evaporación.

Debido a su sabor dulce, es un extraordinario saborizante, y por lo tanto un incrementador de consumo de alimento, particularmente en aquellos (pajas y rastrojos) que no ofrecen ningún atractivo para los animales (18).

La palatabilidad a menudo se reduce cuando la urea -- excede al 1% de la dieta, la cual se evita con el uso de la

melaza (6). Además la urea debe ser suministrada con una -- fuente de carbohidratos de fácil asimilación, para una buena utilización y evitar toxicidad; en la combinación con melaza este importante precepto se cumple satisfactoriamente (6, 21).

Existen trabajos donde se ha usado melaza y urea para hacer la suplementación durante invierno y sequía, comparándolo con harinolina u otros suplementos protéicos. En algunos casos, éstos han resultado ser mejores para mantener el peso del ganado; en otros, no hubo diferencias significativas entre el peso de los lotes comparados (21). En todos los trabajos el uso de melaza-urea ha resultado más económico - que la harinolina para hacer la suplementación (21).

González (21), concluyó que el uso de melaza-urea como suplemento demuestra ser tan efectivo como la harinolina con respecto al peso de las vacas en pastoreo; ya que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los lotes tanto en el peso inicial como en el peso final. Y que además no se afecta la fertilidad de las vacas.

En la zona tropical del Golfo de México se hizo un estudio de engorda de novillos en corrales utilizando los siguientes productos: harinolina de algodón, melaza de caña, olote molido, pulidura de arroz, minerales, ensilaje de maíz y urea; donde se obtuvieron las siguientes conclusiones: No se encontró diferencia estadística en el efecto produci-

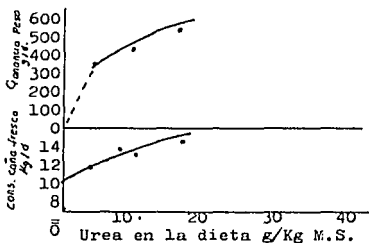
do por las raciones que se estudiaron. La urea abarató la ración y tuvo la capacidad de sustituir parte de las proteínas de la harinolina (19).

Caña de azúcar.

La caña de azúcar no es un alimento balanceado. Su principal deficiencia es nitrógeno y éste debe ser el primer nutriente para proporcionarse en la ración, siendo la principal fuente de amoníaco la urea, la cual en términos generales es la más barata y disponible a nivel de la explotación (38).

Al proporcionarse crecientes niveles de urea en la caña, la respuesta en ganancia y conversión alimenticia es casi lineal, por lo menos hasta consumo diario de aproximadamente 250 g de urea, es decir 35g de urea por cada Kg de materia seca de caña. (Figura V.1)

Figura V.1 Efecto del nivel de urea en raciones basadas en caña de azúcar.



Ensilado de maíz y urea.

Los niveles altos de carbohidratos fermentables presentes en el maíz normalmente, aseguran cantidades adecuadas de ácido láctico que serán producidas por fermentación para dar buena preservación cuando la cosecha es ensilada. Sin embargo para llevar a cabo altos niveles de producción de animales alimentados con ensilado de maíz es necesario, generalmente proveer un suplemento de nitrógeno adicional. La urea ha sido utilizada para éste propósito ya sea al momento de ensilar o a la hora de dar el alimento. Experimentos en Estados Unidos y Francia han indicado que la adición de urea no afecta en forma negativa la calidad de fermentación del silo de maíz, ganancia de peso, consumo de materia seca. Demostrando así que la urea puede ser usada efectivamente para proveer nitrógeno suplementario a ganado joven, alimentado con una ración basada en ensilado de maíz (55).

En un experimento al adicionar melaza (2.5%) y urea (0.5%) al ensilar el maíz, se mejoran las ganancias de peso de los borregos así como la digestibilidad del forraje, en comparación con resultados logrados sin aditivos al silo (51). Cuadro V.2

En otro experimento llevado a cabo para determinar el efecto de la adición de melaza, urea o amoníaco al sorgo al momento de ensilar, se vió que en general al incrementarse el nivel de melaza el pH de los silos tendió a bajar mientras que la adición del amoníaco o urea subían el pH. Con--

siderando que el pH es el resultado de la interacción de ácidos y sustancias amortiguadoras en el forraje y aditivos, es posible que el amoniaco promueva una mayor producción de ácidos y junto con la melaza actúan, facilitando una rápida fermentación y una mejor conservación del forraje (35, 46).

Cuadro V.2 Comportamiento de 30 borregos (Hampshire X criollo) de 20 Kg alimenta - dos con maíz ensilado, solo o con - aditivos, durante 39 días.

	ADITIVOS		
	Ninguno	Urea	Melaza-Urea
Ganancia diaria	44	32	78
Consumo diario, g	659	673	811
Consumo/ganancia	15	21	11
Materia seca diges- tible, %	65	64	72

Shimada, S.A. y Zúñiga, M.H. (51), 1980.

La urea es adecuada como aditivo puesto que aumenta el contenido de N, que suele ser muy bajo (0.6-1.0% de la M.S.) en los ensilados de forrajes tropicales. Goncalves (20) comprobó que la adición de urea al momento de ensilar (0.5% del peso del forraje fresco) usando maíz forrajero con un 29% de M.S. y un 0.85% de N en la materia seca mejoraba la digestibilidad de esta del 51 al 58%. La mejora se

atribuye a una mayor cantidad de N fermentable en la población microbiana del rumen (35, 48).

Debemos tomar en cuenta que las fuentes de proteína vegetal también proveen energía, minerales, vitaminas y otros nutrientes; en tanto que la urea provee solamente nitrógeno (no proteico) para los microbios del rumen. La función de la urea es proveer nitrógeno por lo tanto la bacteria del rumen puede utilizar el exceso de energía del maíz y de los subproductos energéticos, pulpa cítrica y melaza de caña para la conversión de la proteína microbiana, la cual es necesaria en el ganado para mantenimiento, crecimiento y producción: Este tipo de proteína es llamada Proteína Metabolizable (52).

Estos ejemplos del uso de la urea en la alimentación de los rumiantes no agotan todas las posibilidades de su utilización, La preferencia del uso del mejor método depende de las condiciones locales, el abastecimiento de productos que pueden ser utilizados como alimento y el equipo disponible (20).

La sustitución de proteína con urea en dietas de rumiantes puede ahorrar grandes cantidades de proteína para la alimentación de cerdos y aves. Las raciones bien balanceadas para rumiantes y con un correcto balance de energía-nitrógeno, conteniendo además otros nutrientes esenciales - así como fibra y minerales, asegura una conversión efectiva de NNP en los tejidos, como se ha visto en numerosos expe-

rimentos con diferentes combinaciones en todas partes del mundo (26).

En el futuro, el incremento en el uso de los residuos y subproductos agroindustriales estará claramente asociado a la disponibilidad de los nutrientes y al desarrollo de -- sistemas de producción donde la relación insumo-producto -- sea económicamente favorable.

Finalmente, las distintas características de las diferentes regiones, países y condiciones socioeconómicas y políticas hacen difícil derivar conclusiones en cuanto a -- que un sistema de alimentación y manejo de rumiantes sea realmente eficiente o no, independientemente de las condiciones bajo las cuales se han obtenido los resultados aquí señalados (10).

CUESTIONARIO DEL TEMA V

1. Con qué finalidad se recomienda adicionar la urea en sistemas de alimentación basados en la utilización de subproductos agroindustriales ?
2. Cite algunos ejemplos de subproductos que se pueden complementar con urea.
3. En la actualidad está ampliamente difundido el uso de la mezcla melaza-urea. ¿Cuáles son sus ventajas ?
4. Cómo se recomienda usar la urea como aditivo en el ensilaje ?
5. Que influencia tiene la urea sobre el pH en el ensilaje ?
6. A qué se atribuye el incremento en la digestibilidad del ensilado cuando se adiciona urea ?
7. Qué factores pueden limitar el uso de subproductos agroindustriales combinados con urea ?
8. Qué diferencias cualitativas existen entre la utilización de urea y fuentes de proteína natural desde el punto de vista económico y nutricional?

LITERATURA CONSULTADA .

- 1.- ALBA DE, M.J.: Alimentación del ganado en América Latina. 2a. ed., Prensa Médica Mexicana, México, D.F., 1977.
- 2.- ANONIMO : La urea, fuente de proteína para los rumiantes. Mimeógrafo. Fertimex, 1984.
- 3.- BALDWIN, R.L.: Energy metabolism in anaerobes. Am. J. -- Clin. Nutr. 23: 1508. 1970.
- 4.- BRIGGS, M.H.: Urea as a protein supplement. first edition Pergamon Press, Oxford, London, 1967.
- 5.- BURROUGHS, W., NELSON, D.K. and WERTENS, D.R.: Evaluation of protein nutrition by metabolizable protein and urea - fermentation potential. J. Dairy Sc., 58:611-619 (1975).
- 6.- CARRERA, C., RODRIGUEZ, P.: Engorda de novillos usando - urea, melaza de caña y olote de maíz. Tec. Pec. Mex., 1: 15-20 (1963).
- 7.- COLENBRANDER, V.F., MULLER, L.D., MARTIN, D.G. and CARLTON, W.W.: Effects of feeding supplemental nitrogen as -- urea to dairy steers. J. Dairy Sc. 51:979 Abs. (1968).
- 8.- COOMBE, J.B., TRIBE, D.E. and MORRISON J.W.: Some experi mental observations on the toxicity of urea to sheep. Austr. J. Agric. Res. 11: 247 (1960).

- 9.- CHENOST, M. and MAYER, L.: Potential contribution and - use of agro-industrial by-products in animal feed. New feed resources. (FAO, rome) 1976.
- 10.- CHICCO, C.F. y SCHULTZ, E.: El uso de recursos tropicales para la alimentación de los bovinos. Ganadero, 3: 64-101 (1978).
- 11.- CHURCH, D.C.: Digestive physiology and nutrition on -- ruminants Vol.1, 2nd. ed. O&B Books, Oregon, 1975.
- 12.- CHURCH, D.C.: Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Vol.II, 1a. edición, Acribia, Zaragoza, España, 1974.
- 13.- DAVIS, G.R., and Roberts, H.F.: Urea toxicity in cattle. Florida Agr. Exp. Sta. Bull., 611 (1959).
- 14.- F.A.O.: Report of an Ad Hoc consultation on the value - of non-protein nitrogen for ruminants consuming poor herbage. Held in Kumbala, Uganda. 1971.
- 15.- FELIX, C.F., ACOSTA, S.J.: Bases zootécnicas para la -- producción de carne a partir de ganado bovino. Fac. de Med. vet. y zoot. UNAM, México, D.F., 1978.
- 16.- FLORES, M.J.: Bromatología animal. 2a. ed. LIMUSA, México, D.F., 1980.
- 17.- FLORES, M.J.: Manual de alimentación Animal. Vol.4, 1a. ed. CIENCIA Y TECNICA, México, D.F., 1986.

- 18.- FLORES, M.J.: Melaza y urea en raciones para rumiantes. (II parte). Cebú, 3:42-46 (1985).
- 19.- FLORES, M.J.: Melaza y urea en raciones para rumiantes. (III parte). Cebú, 3: 55-62 (1985).
- 20.- GONCALVES, L.C.: Digestibilidade aparente da silagem de milho pura, com ureia mais carbonato de calcio e do -- rolaço de milho. Tesis da Licenciatura, Escola do Veterinaria da UFMG., Belo Horizonte, Brazil. 1972.
- 21.- GONZALEZ, M.F.: Efecto de la suplementación con melaza -urea comparada con harinolina. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM, México, D.F., 1979.
- 22.- HUBER, J.T.: Protein and non- protein nitrogen utilization in practical dairy rations. J. Animal Sc. 41, 954, (1975).
- 23.- HUNGATE, R.E.: The rumen and its microbes. Academic -- Press. New York and London. 1966.
- 24.- JACKSON, P.: Non protein nitrogen as an alternative nitrogen source. FAO animal production and health paper. Rome, 1976.
- 25.- JURGENS, M.H.: Animal feeding and nutrition, 5th. edition, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa. 1982.

- 26.- KOWALCZYK, J.: Maximizing NPN use in feeding systems based on agro-industrial by-products. In: New feed resources. Proceedings of a technical consultation held in Rome FAO, Rome, 1976.
- 27.- KROMAN, R.P., JOYNER, A.E. and SHARP, J.F.: Influence of certain nutritional and physiological factors on urea toxicity in sheep. J. Anim.Sci. 32:732 (1971).
- 28.- LEWIS, D.: Blood -urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. J. Agri. Sci. 48:438 -- (1957).
- 29.- MAYNARD, L.A. and LOOSLI, J.K.: Animal nutrition, 7th. - edition Mc Graw Hill Book Company, New York, 1979.
- 30.- MAYNARD, L.A. y LOOSLI, J.K.: Nutrición animal, 3a. edición en español. UTEHA, México, D.F., 1975.
- 31.- Mc CLAIN, W.R. and LICHTENWALNER, R.E.: Some factors affecting urea toxicity. J. Anim. Sci. (Abs.) 1978.
- 32.- Mc KHANN, G.M., and TOWER, D.B.: Ammonia toxicity and - cerebral oxidative metabolism. Amer.J.Phisiol. 206:1173 (1961).
- 33.- OJTEN, R.R., WALLER, G.R., NELSON, A.B. and TILLMAN, A.D. Ruminant studie with diamonium phosphate and urea. J.Anim Sci. 22:328 (1963).

- 34.- ORTEGA, M.E.: Intoxicación de urea en rumiantes. Vet-Zoot.2: 7-10 (1981).
- 35.- ORTIZ, O.G., y SHIMADA, A.S.: Manipulación de la fermentación en forrajes tropicales. Pasto Merkerón (*Pennisetum purpureum*). Reunión de investigación Pecuaria en -- México, México, D.F., 742, (1983), SARH.
- 36.- PEREZ, C.B., WALNER, R.G. and LOOSLI; Evaluation of -- urea phosphate for ruminants. J. Anim. Sci. 26:810 (1967).
- 37.- POOS, M.I., BULL, L.S., HEMKEN, R.W.: Supplementation - of diets with positive and negative urea fermentation - potential using urea or soybean meal. J. Anim. Sci. 49:5 1417-1426 (1979).
- 38.- PRESTON, T.R.: Caña de azúcar para ganado bovino. Memoria del Seminario Internacional de Ganadería Tropical, efectuado en Acapulco, Gro. FIRA. México, D.F., 1976.
- 39.- PRESTON, T.R. y WILLIS, M.B.: Producción intensiva de - carne, 1a. ed. DIANA, México, D.F., 1974.
- 40.- ROMERO, A.T.: Apuntes de Zootécnia de Bovinos productores de carne. Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM., México, - D.F., 1986.
- 41.- ROMERO, A.T.: Boletín CIEGGT. Fac. Med. Vet. y Zoot. UNAM., México, D.F., 1982.

- 42.- ROMERO, A.T., RIVAS, G.A., AVILA, T.S.: Manual de balanceo de raciones en bovinos productores de carne, leche y doble propósito. Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM., 1986.
- 43.- ROYO, J.: Experimento práctico de la suplementación -- proteica de la harinolina por la de urea. Tesis de Licenciatura. Escuela de Agronomía. Universidad Autónoma de Chihuahua. 1972.
- 44.- RUSSEL, J.B. and HESPELL, R.B.: Microbial rumen fermentation. J. Dairy Sci. 64: 1153.1169 (1981).
- 45.- RUTTER, P.: El aprovechamiento de las melazas. Boletín de servicios agrícolas de la FAO, Roma. 1977.
- 46.- SANTACRUZ, M., LLAMAS, L.G. y GOMEZ, A.R.: Efecto de la adición de melaza, urea o amoníaco a la punta de sorgo al momento de ensilar. Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México, México, D.F., 40. (1984).
- 47.- SATTER, L.D., and ROFFLER, R.E.: Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. J. Dairy Sci. 48: 1219 (1975).
- 48.- SEGURA, M.H.: Manual de silos y ensilados en zona tropical. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM, México. 1984.
- 49.- SEWELL, H.B.: Feeds and rations vary in Urea Fermentation Potential (UFP). Feedlot Management. 20:10 (1978).

- 50.- SCHENKER, S. and MENDELSON, J.H.: Cerebral adenosine -
tryphosphate in rats with ammonia induced coma. Amer.J
Phisiol.206:5 (1964).
- 51.- SHIMADA, A.S. y MERINO, Z.H.: Valor nutritivo de la me-
laza de caña como alimento pecuario. Veterinaria, Méxi-
co 11: 148-151 (1980).
- 52.- SHIRLEY, R.L.: Determinación de la cantidad de urea usa
do en raciones para ganado de carne. Departamento de --
Ciencia animal, Universidad de Florida, Gainesville, Fl.
1981.
- 53.- SHIRLEY, R.L. y PADGET, D.: El azufre en la alimenta --
ción de los rumiantes. Departamento de Ciencia animal, -
Universidad de Florida , Gainesville, Fl. 1978.
- 54.- STANGEL, H.J.: History of use of urea in ruminants feeds.
FAO. Estudios agropecuarios No 75, Roma, 1969.
- 55.- THOMAS, C., WILKINSON, J.M., and TAYLER, J.C.: The uti-
lization of maize silage for intensive beef production.
II. The efect of urea on silage fermentation and on the
voluntary intake and performance of young cattle fed --
maize silage-based diets. J.Agric.Sci. 84:365-372 (1975).
- 56.- UREA EN LA ALIMENTACION DE LOS RUMIANTES. Cebú, Vol.13
no.1 (1987).

- 57.- VILLAVICENCIO, E.: Urea, un sustituto proteico. Folleto No.1 C. Nal. de Inv. Pec. México, D.F. (1963).
- 58.- VISEK, W.J.: Some aspects of ammonia toxicity in animals cells. J. Dairy Sci. 51:5 (1968).
- 59.- WEBB, D.W., BARTLEY, E.E., and MEYER, R.M.: A comparison of nitrogen metabolism and ammonium acetate and urea in cattle. J.Anim.Sci. 35:1263 (1972).
- 60.- WORD, J.D., MARTIN, L.C. and TILLMAN, A.D.: Urea toxicity studies in the bovine. J.Anim.Sci. 29:786 (1969).
- 61.- YOSHIDA, J.: Studies on the toxicity of urea and its -- control. Influence of pH on ammonia absorption from the rumen. Japan J.Zootech.Sci. 34:328 (1963).