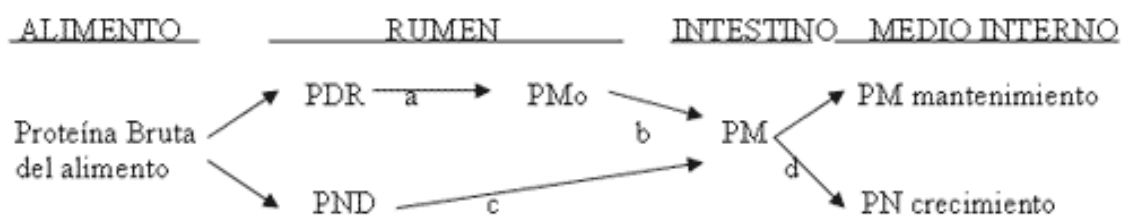




## Esquema del sistema de Proteína Metabolizable (modelo 1 del NRC 2000)



PDR = Proteína Degradable en Rumen	a = 13 % del TND
PND = Proteína No Degradable	b = $PMo * 0,64$
PMo = Proteína microbiana	c = $PND * 0,80$
PM = Proteína Metabolizable	d = eficiencia de PM a PN
PN = Proteína Neta ó Retenida	> ó = 300 Kg PVE: 49,2
	< 300 Kg PVE: $83,4 - (0,114 * PVE)$

La PB del alimento esta compuesta por 2 fracciones, PDR y PND. En el rumen, la fracción degradable (PDR) es utilizada para la síntesis de PMo, la que una vez en el intestino es absorbida como PM. La PMo se considera un 80 % proteína verdadera, y de esta se digiere un 80 % (PM proveniente de la PMo =  $PMo * 0,64$ ).

La fracción no degradable de la PB del alimento (PND) pasa sin modificaciones por el rumen, y al llegar al intestino se absorbe como PM, asumiéndose una digestibilidad del 80 % (PM proveniente de la PND =  $PND * 0,80$ ).

La PM originada de la PMo y la PND, una vez absorbida, cumple las funciones de mantenimiento y crecimiento (PN) del animal.

### Síntesis de Proteína Microbiana (PMo)

La PMo puede aportar entre el 50 y 100 % de los requerimientos de PM en el ganado bovino para carne. La eficiencia en la síntesis de PMo en rumen es un factor crítico si se pretende cubrir los requerimientos proteicos en forma económica; por lo tanto la predicción de la producción de PMo es un componente importante en el sistema de PM.

Si la disponibilidad de amonio en rumen no es limitante, la producción de PMo está estrechamente relacionada con la energía disponible. Debido a la facilidad en la obtención de datos, se utiliza el Total Nutrientes Digestibles (TND) de la ración como indicador de la disponibilidad de energía para la síntesis de PMo.

Burroughs (1974) propuso una eficiencia del 13 % del TND ingeridos para la síntesis de PMo (13 gs de PMo por cada 100 gs de TND). Este valor es una

buena generalización, pero no contempla todas las situaciones. En raciones con muy alta ó baja digestibilidad, por diferentes razones, la eficiencia es menor. Las raciones de alta digestibilidad están compuestas mayoritariamente por concentrados energéticos, lo que reduce el pH ruminal y el turnover bacteriano, produciendo una disminución de la eficiencia de conversión de la proteína y la energía a PMo. Como ajuste en la producción de PMo para raciones de alta digestibilidad, Russell y col (1992), utilizando la FDNe (Fibra Detergente Neutro efectiva) para predecir el pH ruminal, propuso disminuir la eficiencia en un 2,2 % por cada 1 % de FDNe por debajo del 20 %.

La síntesis de PMo también es menor cuando se suministran raciones con baja digestibilidad, principalmente debido a la baja tasa de pasaje ruminal, lo que conduce a un mayor gasto energético para el mantenimiento microbiano y a una menor eficiencia en la síntesis de PMo. Resultados de varios trabajos reportan, con raciones entre 49,8 y 64,7 % de digestibilidad, eficiencias en la producción de PMo de 7,82 y 11,4 %.

Varios otros factores pueden afectar la eficiencia en la síntesis de PMo. En relación con el amonio, algunos amino ácidos y péptidos preformados promueven una mayor síntesis de PMo. El tipo de carbohidratos (estructural vs. no estructural) en la ración puede afectar la producción de PMo, modificando las tasas de fermentación, pasaje, y el pH ruminal. El nivel de consumo de materia seca también es importante, ya que altera el pH y la tasa de pasaje.

El requerimiento de PDR (incluyendo el [nitrógeno](#) No Proteico) se considera igual a la capacidad de síntesis de PMo. Esto asume que la pérdida de amonio debido al pasaje hacia el duodeno y a través de las paredes del rumen, se equilibra con el amonio reciclado. Dicho de otra manera, la deficiencia de amonio en el rumen estimula la toma del mismo a partir del ciclo de la urea; y a la inversa, el exceso promueve a absorción a través de la pared ruminal. De esta manera, considerando el requerimiento de PDR igual a la síntesis de PMo, se balancea ambos, el reciclaje y la absorción de amonio.

La sincronía entre la degradación de los carbohidratos y la disponibilidad de proteína en rumen, optimiza la utilización de PDR. En animales alimentados en base a forrajes, es común que la degradación de la PDR sea bastante más rápida que la disponibilidad de energía a partir de la Fibra Detergente Neutro (FDN); así como lo inverso ocurre con raciones donde los cereales son el principal ingrediente, pronta disponibilidad de energía con lenta degradación de la PDR. Parte de esta asincronía puede ser compensada debido al reciclaje de la urea, y por el aumento de la cantidad de comidas diarias tal como ocurre en animales en feedlot.

La utilización de [nitrógeno](#) No Proteico (NNP) en raciones basadas en cereales, tiene buenos resultados debido a la rápida disponibilidad de energía a partir del almidón. Cuando la base de la alimentación son los forrajes de mediana a baja calidad, el uso de NNP muestra resultados contradictorios. En muchos casos las menores ganancias de peso cuando se utiliza urea en comparación a otra

fuentes de proteína natural, puede deberse más a un déficit de PND que a la falta de eficacia del NNP.

Para el cálculo del aporte de PM por parte de la ración se asume que tanto la PND como la PMo verdadera tienen un 80 % de digestibilidad. La PMo verdadera resulta de considerar que la PMo contiene un 20 % de ácidos nucleicos. De esta forma se considera:

- PM proveniente de la PND = Kg PND de la ración \* 0,80 (80 % digestible)
- PM proveniente de la PMo = Kg PMo \* 0,80 \* 0,80 (80 % Proteína verdadera y 80 % digestible).

### **Requerimientos de PM para mantenimiento**

El Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) (1988), utilizando la técnica de balance nitrogenado, determinó que los requerimientos de PM para mantenimiento eran 3,25 gs PM / Kg PV 0.75. Este valor está en coincidencia con el obtenido por Smuts (1935), y Wilkerson y col (1993) de 3,8 gs PM / Kg PV 0.75. En la presente edición se utiliza como requerimiento de PM 3,8 gs PM / Kg PV 0,75.

### **Requerimientos de Proteína Neta para crecimiento (PN)**

La PN es la Proteína que se retiene en la ganancia de peso.

La determinación del requerimiento de PN está en función a la Energía Retenida (ER), la cuál a su vez depende del Peso Vivo Equivalente (PVE) y la Ganancia diaria (Gd). La inclusión del PVE en el cálculo de ER permite estimar la proporción de proteína que compone la Gd a través de la fórmula  $0,248 - 0,0264 * ENr$ . A su vez se puede calcular las necesidades de PN con la siguiente ecuación  $PN = Gd * (268 - (29.4 * (ER / Gd)))$   $r^2 = 0.96$

Esta metodología permite estimar las necesidades de PN según la Gd y la etapa de crecimiento del animal.

### **Conversión de PM a PN**

De acuerdo a los trabajos del INRA (1988), Ainslie y col (1993), y Wilkerson y col (1993), la eficiencia en la conversión de PM a PN para la ganancia de peso disminuye a medida que el peso vivo aumenta.

En esta edición del NRC 2000, para animales de menos de 300 Kg de Peso Vivo Equivalente (PVE), el cálculo de la eficiencia de PM a PN se realiza con la siguiente ecuación:  $83.4 - (0.114 * PVE)$

Para animales de 300 Kg ó más de PVE se utiliza 49.2.

Esta ecuación predice una eficiencia de conversión de PM a PN de 66.3 % para un ternero de 150 Kg, y de 49.2 % para un animal de 300 Kg.

## **Pautas para formular raciones con el sistema de PM**

En la formulación de raciones para bovinos de carne siempre se deben balancear los requerimientos de:

- Proteína Metabolizable (PM)
- Proteína Degradable en Rumen (PDR)

Si hablamos de PM nos referimos a las necesidades proteicas del bovino para mantenerse y crecer. Cuando de PDR se trata, hacemos referencia primero a los requerimientos de proteína de los microorganismos ruminales y luego, mediante la producción de Proteína Microbiana (PMo), del animal.

Las necesidades de PND, surgen cuando la producción de PMo es insuficiente para cubrir los requerimientos de PM del bovino.

El déficit de PDR, aún cuando los requerimientos de PM puedan estar cubiertos, perjudica la productividad del animal, ya que la capacidad de fermentación ruminal de los carbohidratos, la síntesis de vitaminas, y la disponibilidad de minerales disminuye.

Cuando se está formulando una ración suelen darse algunas de las siguientes situaciones:

1. Los requerimientos de PM y de PDR están cubiertos: situación óptima.
2. Los requerimientos de PM están cubiertos, pero hay déficit de PDR: incorporar fuentes de proteína ricas en PDR hasta balancear. Esto produce un exceso de PM. Si es factible, disminuir las fuentes de PND para economizar proteína.
3. Hay déficit de PM y los requerimientos de PDR están cubiertos: se debe balancear la PM con ingredientes ricos en PND. Esto no siempre es factible, debido a la escasez de ingredientes con altas concentraciones de PND. Una alternativa cuando la cantidad de FDNe se encuentra por debajo del 20 % de la ración, es aumentar la cantidad de fibra y / ó el tamaño de picado de la misma para elevar el efecto estimulante de la rumia y salivación. De esta manera se incrementa el pH ruminal, la producción de PMo y los requerimientos de PDR (más económica y fácil de obtener) y por consiguiente disminuyen los de PND. Si ninguna de estas acciones es posible, se recomienda disminuir las expectativas sobre la ganancia diaria de peso.

## Utilización de nitrógeno No Proteico (NNP)

La urea es el exponente de NNP más conocido y de amplia utilización debido a su fácil obtención y costo. Contiene 45 % de [nitrógeno](#) lo que equivale a 281 % de PB ( $45 * 6,25$ ), de la cual el 100 % es PDR. Estas características hacen de la urea una fuente de PDR de suma importancia para los micro organismos ruminales; no así como proveedora de PND.

El nivel de inclusión de NNP en la ración está determinado por el requerimiento de PDR, la que a su vez depende de la energía disponible en rumen. Cuando se compara la utilización de urea vs. otra fuente proteica natural (harina de girasol, soja, etc.), los resultados varían dependiendo de la concentración energética de la ración. Si el alimento es de baja calidad, suelen observarse respuestas menores ó nulas. Esto se explica por el hecho de que como la disponibilidad de energía en rumen es baja, también lo es la síntesis de PMo, y el requerimiento de PDR se cubre fácilmente con la PDR de la ración. En estos casos, el agregado de NNP aporta poco ó nada a los requerimientos del animal, ya que el déficit de PM se debe a la falta de PND y no a la PDR.

Cuando se compara la adición de NNP vs. proteína natural, a un alimento de alta concentración energética, los resultados suelen ser más consistentes, no encontrándose diferencias en la productividad. La gran disponibilidad de energía en rumen incentiva la producción de PMo y el requerimiento de PDR.

En la bibliografía se recomienda no incluir más del 1 % de urea en la ración, ó hasta el 25 % del total de la proteína para evitar intoxicación por exceso de amonio en rumen. Sin embargo existen numerosos trabajos donde se ha llegado a niveles de incorporación de hasta 3 % base materia seca sin que se observen síntomas de toxicidad. Es probable que los diferentes resultados estén asociados con la alta ó baja digestibilidad de la ración base con que se hicieron los ensayos. En donde existe coincidencia para evitar intoxicaciones por urea es en el manejo de la ración: calidad de la urea (apelmazamiento), mezclado, acostumbamiento gradual, etc.