



SU RACIÓN ALIMENTICIA

El guano, el afrecho de maravilla, de raps y de soya, el heno de alfalfa y la paja de poroto son los ingredientes que tienen el menor costo por unidad de proteína cruda.

La alimentación del ganado con concentrado, o alimento suplementario, puede significar más del 50 por ciento de los costos de producción. Por ello, es uno de los factores más importantes de controlar. Así, se pueden mantener los gastos de producción en un rango relativamente aceptable y desarrollar una masa ganadera con una nutrición equilibrada. Existen muchos programas computacionales que permiten resolver los problemas que plantea la formulación de raciones, entregando una ración económica y ajustada a los requerimientos de alimentación. Sin embargo, si no se dispone de ellos, es necesario conocer cómo se formula una ración usando la metodología tradicional. Puede ser un buen ejercicio para agricultores y estudiantes que deseen aprender bases para formular una ración y estén dispuestos a efectuar los cálculos algo complejos que se entregan en este artículo.

Raúl Meneses R.
Ingeniero Agrónomo Ph.D.
INIA Los Vilos

Randall Wiedmeier
Ph.D. Universidad del Estado de Utah, Estados Unidos

Para formular una ración balanceada se necesita:

1. Preparar una tabla de ingredientes con los costos de cada uno de ellos, de acuerdo al precio de mercado (Tabla 1), y que ayude a comparar el costo de los diferentes ingredientes.
2. En esta tabla, incluir los contenidos de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y energía digestible (ED).
3. Calcular el costo de la unidad de materia seca, proteína cruda y energía digestible de cada ingrediente.
4. Iniciar el balance de la ración utilizando los ingredientes con valor de nutrientes de menor costo.

Construcción de la tabla de costos

La información sobre los costos de los ingredientes se obtiene de distintas fuentes, como los boletines de Precios y Mercados de Odepa o la Revista del Campo, y del conocimiento de precios de cada agricultor.

Los contenidos de la materia seca y de los nutrientes de los ingredientes de la ración se obtienen de tablas nacionales de composición de alimentos, como, por ejemplo, "Tabla de composición de alimentos para ganado de las zonas centro y centro sur de Chile" (1992) o "Tabla auxiliar química proximal de alimentos" (1982). Estas publicaciones pueden ser consultadas en las diferentes bibliotecas agrícolas existentes en el país. Dividiendo el valor del kilo de ingrediente por el porcentaje de MS se obtiene el precio de esta última. Por ejemplo, en la alfalfa es:

$$\frac{\text{Precio por kilo (\$)}}{\% \text{ MS}} = \frac{63,72}{0,8} = 79,65$$

Lo que arroja un precio de \$79,65 por kilo de MS

El precio de los nutrientes se obtiene dividiendo el precio de la MS por el porcentaje de nutrientes. Por ejemplo, para PC de la alfalfa es:

$$\frac{\text{Precio de MS}}{\% \text{ de PC}} = \frac{\$79,65}{18} = \$4,33$$

Lo que arroja un precio de \$4,33 la unidad de PC de la alfalfa.

En el caso de la energía digestible (ED) de la alfalfa es:

$$\frac{\text{Precio de MS}}{\text{Mcal ED}} = \frac{79,65}{2,65} = \$30,06$$

Tabla 1
Costos de ingredientes y nutrientes

| Ingredientes | \$/kg | MS (%) | \$ MS | PC (%) | \$ PC | ED (Mcal) | \$ ED |
|------------------|--------|--------|--------|--------|-------------|-----------|--------------|
| Alfalfa | 63,72 | 80 | 79,65 | 18,00 | 4,43 | 2,65 | 30,06 |
| Maíz | 111,81 | 88 | 127,06 | 10,60 | 11,99 | 3,92 | 32,41 |
| Avena | 88,50 | 89 | 99,44 | 13,30 | 7,48 | 3,40 | 29,25 |
| Trigo | 127,15 | 89 | 142,87 | 16,00 | 8,93 | 3,88 | 36,82 |
| Centeno | 127,15 | 88 | 144,49 | 13,50 | 10,70 | 3,70 | 39,05 |
| Afrecho | | | | | | | |
| De soya | 174,64 | 85 | 205,46 | 50,10 | 4,10 | 3,66 | 56,14 |
| De trigo | 68,50 | 89 | 76,97 | 16,80 | 4,58 | 3,08 | 24,99 |
| De maravilla | 97,94 | 90 | 108,80 | 32,30 | 3,37 | 2,84 | 38,31 |
| De raps | 100,30 | 89 | 112,69 | 40,40 | 3,58 | 3,22 | 34,99 |
| Harinilla | | | | | | | |
| De trigo | 79,65 | 87 | 91,55 | 16,90 | 5,42 | 3,82 | 23,97 |
| De arroz | 70,80 | 91 | 77,80 | 13,80 | 5,64 | 3,61 | 21,55 |
| De pescado | 271,00 | 86 | 315,12 | 69,10 | 4,56 | 3,04 | 103,66 |
| De sangre | 472,00 | 93 | 507,53 | 89,00 | 5,70 | 4,01 | 126,57 |
| Harina de carne | | 93 | | 54,10 | | 3,13 | |
| Gluten | 100 | 93 | 318,47 | 27,40 | 11,62 | 3,61 | 88,22 |
| Guano | 15,34 | 81 | 18,99 | 22,96 | 0,83 | 2,89 | 6,57 |
| Ácidos grasos | 121,00 | 98 | 123,47 | | | 8,0 | 0,02 |
| Coseta | | 89 | | 8,40 | | 3,80 | |
| Paja de poroto | 33,00 | 81 | 40,74 | 8,50 | 4,79 | 2,67 | 15,25 |

Nota: Los precios son sólo referenciales y pueden no corresponder a valores actuales.

Lo que arroja un precio de \$ 30,06 la unidad de ED de la alfalfa.

De acuerdo a los precios obtenidos y a los valores de composición de alimentos se concluye que el guano, el afrecho de maravilla, de raps y de soya, el heno de alfalfa y la paja de poroto son los ingredientes que tienen el menor costo por unidad de PC. Los ingredientes como ácidos grasos, el guano, la paja de poroto, y la harinilla de arroz y de trigo tuvieron menos costo por unidad de ED (Tabla 1).

Formulación de la ración

En el Cuadro 1 se indican los requerimientos nutritivos para una cabra de 45 kg, que produce 1,5 lt de leche con un seis por ciento de materia grasa. Se estimó que el consumo de MS de la cabra es de 1,8 kg/día.

Como se deduce de la Tabla 1, el guano

es el ingrediente que tiene la unidad de PC de menor costo. Sin embargo, su empleo presenta algunas limitantes, ya que no debería aportar más del 30 por ciento de la proteína cruda, y su proporción en la dieta no debe sobrepasar el 20 a 25 por ciento, aproximadamente, del alimento entregado.

En consecuencia, en el Cuadro 2 (página 46) se indica la preparación de la primera mezcla calculada para que el guano represente un 32 por ciento del total de PC:

$$\frac{\text{Requerimiento PC}}{\text{PC}} \times \frac{\% \text{ aporte del guano}}{\text{guano}} = 12,17 \times 0,32 = 3,89$$

$$\frac{3,89}{\text{Contenido PC guano (\%)}} = \frac{3,89}{0,2296} = 16,96$$

Mezclas posteriores disminuirán la proporción del guano a niveles aceptables. Se usó paja de poroto como ingrediente básico de la dieta (relleno). El requerimiento de PC de la cabra ejemplo es de un 12,17 por ciento y la mezcla de guano/paja de poroto (GP) sólo llega al 10,95 por ciento. El requerimiento de energía digestible es de 2,84 Mcal/kg y la

Cuadro 1
Requerimientos nutritivos

| | Proteína cruda (%) | Energía digestible (Mcal/kg) | Calcio (%) | Fósforo (%) |
|----------|--------------------|------------------------------|------------|-------------|
| Cantidad | 12,17 | 2,84 | 0,44 | 0,31 |

Cuadro 2

Cálculo de la proporción máxima de guano

| Ingredientes | Proporción (%) | Proteína cruda (%) | Energía digestible (Mcal) |
|----------------|----------------|--------------------|---------------------------|
| Guano | 16,96 | 3,89 | 0,49 |
| Paja de poroto | 83,04 | 7,06 | 2,22 |
| Mezcla (GP) | 100,00 | 10,95 | 2,71 |
| Requerimiento | | 12,17 | 2,84 |

mezcla alcanza solamente a 2,71. Por ello, es necesario formular una nueva mezcla para incrementar, en primer término, la proteína cruda (PC). Para cumplir los requerimientos de PC se usó afrecho de maravilla, ingrediente que presenta el más bajo costo de la unidad de proteína cruda, después del guano. El ajuste se realizó usando la técnica de Pearson o Cuadro de Pearson (Cuadro 3). En el cálculo para alcanzar los requerimientos de PC (Cuadro 3) se ajustó su requerimiento de la PC en tres por ciento (12,17 x 1,03) para compensar el contenido de PC en posteriores mezclas. En seguida se establece la diferencia entre el contenido de PC de la mezcla GP (10,95) y el nivel de proteína requerido (12,53), siendo el resultado 1,58. El mismo procedimiento se realiza con el contenido de PC del afrecho de maravilla (AM), o sea, la diferencia entre 32,30 y 12,53, obteniéndose 19,77 como resultado. Luego, es necesario dividir 19,77 por la suma total (21,35) para calcular la proporción de guano/paja de poroto (GP). La proporción de afrecho de maravilla se calcula dividiendo 1,58 por 21,35. Estos valores se anotan en la columna "Proporción" y su total debe ser igual a 100. Para obtener el aporte de proteína cru-

da de cada ingrediente, se multiplica el contenido de PC del ingrediente por la proporción en la ración:

$$\text{Contenido de PC guano/paja de poroto} \times \text{Proporción de la ración} =$$

$$10,95 \times 0,926 = 10,14\% \text{ de aporte de PC}$$

$$\text{Contenido de PC afrecho de maravilla} \times \text{Proporción de la ración} =$$

$$32,30 \times 0,74 = 2,39 \text{ de aporte de PC}$$

El cálculo de ED se realiza de manera similar. Es decir, el valor de ED de la mezcla GP (Cuadro 2) 2,71 se multiplica por 0,926, con 2,51 como resultado. Para el caso del afrecho de maravilla, se multiplica el contenido de ED, que aparece en la Tabla 1, por su proporción, dando como resultado 0,21.

La nueva mezcla de guano/paja de poroto/afrecho de maravilla (GP/AM) tiene contenidos de proteína cruda aceptables, pero es deficiente en energía digestible (Cuadro 3).

El siguiente paso es ajustar el contenido de energía (ED) a los requerimientos establecidos. Al igual que el ajuste realizado para PC, el requerimiento energético debe ser ajustado en un uno por ciento (x 1,01) para compensar la inclusión



posterior de otro ingrediente. Los ácidos grasos son los componentes energéticos de más bajo costo. El cálculo de la proporción y de la ED de la dieta nueva (Cuadro 4) se realiza con el mismo procedimiento explicado para el Cuadro 3. El contenido de PC se obtiene multiplicando la Proporción (97,35) por el contenido de PC de la mezcla GP/AM del Cuadro 3 (12,53). Es decir:

$$12,53 \times 0,9735 = 12,19$$

Los ácidos grasos (AG) no aportan PC. La nueva dieta GP/AM/AG contiene valores aceptables de PC y ED. La ED de la dieta contiene 2,86 Mcal versus 2,84 Mcal requeridas. Asimismo, la PC de la dieta es de 12,19 por ciento, versus el 12,17 requerido. Ya ajustada la dieta es necesario calcular la proporción relativa de cada ingrediente, agregar sal y evaluar el contenido de calcio y fósforo (Cuadro 5).

Para calcular la proporción relativa del guano, se multiplica la ponderación de

Cuadro 3

Ajuste de mezcla GP a los requerimientos de proteína cruda

| Ingredientes | Cuadro de Pearson | Proporción (%) | PC (%) | ED (Mcal) |
|-----------------|-------------------|----------------|--------|-----------|
| GP (12,17x1,03) | 12,53 | 19,77 | 92,60 | 10,14 |
| A. Maravilla | | | | |
| Mezcla (GP/AM) | 21,35 | 100,00 | 12,53 | 2,72 |
| Requerimientos | | | 12,17 | 2,84 |

Cuadro 4

Ajuste de mezcla GP/AM a los requerimientos de energía

| Ingredientes | Cuadro de Pearson | Proporción (%) | ED (Mcal) | PC (%) |
|-------------------|-------------------|----------------|-----------|--------|
| GP/AM (2,84x1,01) | 2,72 | 2,86 | 2,65 | 12,19 |
| Ácidos grasos | 8,0 | | | |
| Mezcla GP/AM/AG | | 5,28 | 100,00 | 2,86 |
| Requerimientos | | | | 2,84 |

Cuadro 5

Evaluación de la dieta formulada

| Ingredientes | Sin sal (%) | Con sal (%) | PC (%) | ED (Mcal) | Ca (%) | P (%) |
|----------------------|-------------|-------------|--------|-----------|--------|-------|
| Guano | 15,27 | 15,23 | 3,50 | 0,441 | 0,320 | 0,23 |
| Paja de poroto | 74,88 | 74,69 | 6,35 | 1,994 | 0,670 | 0,10 |
| Afrecho de maravilla | 7,20 | 7,18 | 2,32 | 0,204 | 0,024 | 0,06 |
| Ácidos grasos | 2,65 | 2,64 | | 0,211 | | |
| Sal | | 0,26 | | | | |
| Total | 100,00 | 100,00 | 12,17 | 2,850 | 1,010 | 0,39 |
| Requerimientos | | | 12,17 | 2,840 | 0,440 | 0,31 |

Se estimó que el consumo de materia seca de una cabra de 45 kg es de 1,8 kg/día.

este ingrediente de cada una de las dietas (Cuadros 2, 3 y 4). Es decir:

$$16,94 \times 0,9260 \times 0,9735 = 15,27\%$$

Para la paja de poroto es el mismo caso: se toman los valores ponderados de los Cuadros 2, 3 y 4, y se multiplican. Es decir:

$$83,06 \times 0,9260 \times 0,9735 = 74,88\%$$

La proporción de afrecho de maravilla se calcula multiplicando la ponderación de los Cuadros 3 y 4. Es decir:

$$7,4 \times 0,9735 = 7,2\%$$

Finalmente, la proporción de ácidos grasos es la ponderación que figura en el Cuadro 4. Todos estos resultados se incorporan en el Cuadro 5.

El contenido de sal permite mejorar las características de aceptabilidad de la ración; en tal sentido, se estima que valo-

res aproximados de 0,26 por ciento de sal son los más adecuados. La inclusión de sal modifica la proporción de los ingredientes; por ello, cada proporción debe ser multiplicada por 0,9974 (100% - 0,26), proporción que representan todos los ingredientes cuando se agrega sal. Ahora, con la nueva proporción, es necesario corregir la ponderación de proteína cruda y energía digestible de acuerdo a los contenidos de cada ingrediente y cuantificar los contenidos de calcio y fósforo, que se obtienen de tablas de composición de alimentos. En este caso, los contenidos de calcio y fósforo están

por sobre lo requerido. En caso contrario, es necesario adicionar estos elementos, como, por ejemplo, carbonato de calcio y harina de hueso, utilizando la misma metodología empleada para formular la ración.

La proporción de los ingredientes de la dieta está expresada como materia seca, por lo que es necesario su conversión a "tal como ofrecido" (TCO) (Cuadro 6). La proporción de cada ingrediente expresada en MS se divide por el correspondiente porcentaje de MS del ingrediente. Por ejemplo, para el caso del guano es $15,23/0,81=18,80$. Los resultados representan una ponderación de cada ingrediente como materia verde, por lo que es necesario calcular el porcentaje relativo de cada ingrediente. Para el caso del guano, se divide 18,80 por ciento por el total de la ponderación, que es 121,95, obteniéndose 15,42 por ciento de "tal como ofrecido".

Como en la formulación de la dieta se utilizaron ingredientes con nutrientes de más bajo costo, la dieta resultante representa aproximadamente la combinación con costo de nutriente más bajo. Sin embargo, hay que considerar que el valor de la dieta a obtener es dependiente de los precios de cada uno de los ingredientes. ▲

Cuadro 6

Proporción de ingredientes para preparar la ración

| Ingredientes | b.MS (%) | MS (%) | bMV* | TCO (%) |
|----------------|----------|--------|--------|---------|
| Guano | 15,23 | 81 | 18,80 | 15,42 |
| Paja de poroto | 74,69 | 81 | 92,21 | 75,61 |
| de maravilla | 7,18 | 90 | 7,98 | 6,54 |
| Ácidos grasos | 2,64 | 98 | 2,69 | 2,21 |
| Sal | 0,26 | 97 | 0,27 | 0,22 |
| Total | | | 121,95 | 100,00 |

* Base materia verde.