

## 2ª parte

En el modelo de Programación Lineal construido en la primera parte para optimizar la producción de una empresa agraria falta construir las relaciones existentes entre las actividades animales y la alimentación; para ello tendremos en cuenta el apartado correspondiente a ocupación de la tierra por los cultivos, algunos de los cuales servirán para elaborar raciones para el ganado. SE PIDE: Completar el modelo de la práctica nº4 (cómo se modifican las restricciones y la función objetivo) teniendo en cuenta la alimentación del ganado con los datos que se dan a continuación.

### 1. RELACIÓN EN TRE LAS ACTIVIDADES ANIMALES Y LA ALIMENTACIÓN

Datos:

Alimento	Periodo en el que el alimento está disponible
Cebada	Todo el año
Pradera permanente	15 febrero – 15 noviembre
Maíz ensilado	15 noviembre- 30 junio
Maíz forrajero	Septiembre – 15 noviembre
Colza forrajera	15 noviembre – 15 febrero

Cuadro 1

A partir de estos datos se puede construir el gráfico 1 y determinar los periodos de la alimentación. Como se puede observar en este gráfico, los periodos se han establecido de manera que los alimentos a partir de los cuales se pueden construir las raciones para los animales están disponibles a lo largo de todo el periodo. Los periodos se diferencian entre ellos por el hecho de que la serie de alimentos que son disponibles en un periodo es distinta de la serie de alimentos disponibles en los otros periodos

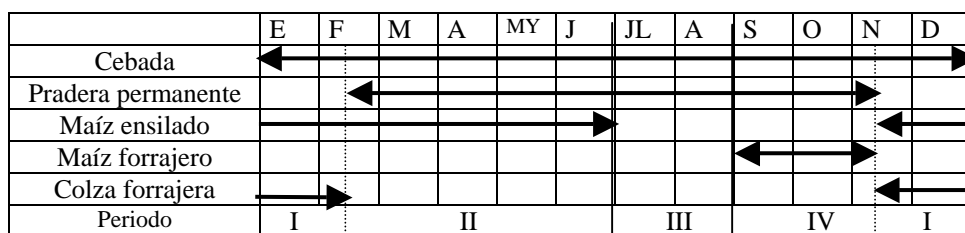


Gráfico 1

### 2. ESTABLECIMIENTO DE LAS RACIONES

Una vez establecidos los periodos de alimentación nos encontramos ante dos opciones para formalizar las raciones entre las necesidades de alimentación de los animales y los aportes de los cultivos o de las compras de alimentos. La primera opción es la utilización de raciones pre-establecidas y la segunda es la formulación del problema de necesidades de los animales y de aportes de los alimentos en términos de proteínas digestibles, materia seca, etc.

Se tratará en esta práctica de utilizar la primera opción, señalando que la utilización de raciones pre-establecidas conduce generalmente a la obtención de modelos de menor dimensión que cuando se consideran los componentes elementales de los alimentos y que sobre todo presenta la ventaja de obligar a introducir en el modelo raciones que los agricultores o por haber sido experimentados por centros de investigación.

Hechas estas observaciones, en el cuadro 2 se presentan las raciones posibles que serán consideradas para cada tipo de animal y para cada periodo.

Periodo Animal	Periodo I (91 días) Raciones posibles (kg)			Periodo II (135 días)	Periodo III (62 días)	Periodo IV (76 días)				
	1	2	3							
Vacas	Ensilado maíz	30	25	20	Ensilado de maíz	14 kg		Maíz forrajero	20 kg	
	Colza forrajera	9	17	25						
	Heno	6	5	3	Heno	5 kg	Heno	10 kg	Heno	6 kg
	Harina	2	1,4	1,5	Harina	2 kg	Harina	1,5 kg	Harina	1,5 kg

Periodo Animal	Periodo I (14 días)	Periodo II (135 días)	Periodo III (62 días)	Periodo IV (31 días)
Terneros y terneras	Ensilado de maíz 10 kg Harina 0,5 kg Heno 2 kg	Pradera permanente 16 kg	Pradera permanente 16 kg	Pradera permanente 18 kg

Periodo Animal	Periodo I (91 días)	Periodo II (135 días)	Periodo III (62 días)	Periodo IV (76 días)
Becerras y becerras	Ensilado de maíz 20 kg Harina 1 kg Heno 3,5 kg	Pradera permanente 30 kg	Pradera permanente 30 kg	Pradera permanente 20 kg

Cuadro 2

#### Notas al cuadro 2

- 1 kg de harina: 0,7 kg de cebada + 0,25 kg de torta de cacahuete + 0,05 kg de minerales
- Para simplificar la formulación de este aspecto no se diferencia alimentación de machos y hembras, ni entre becerras para la venta de reemplazo
- La alimentación en los primeros meses (terneros y terneras) se supone que es comprada
- Son raciones por día (deben ser las medias de las raciones diarias del periodo correspondiente)

#### Observación importante:

En la primera parte del problema (práctica nº 4) se hacía el supuesto de que había un porcentaje de pérdidas del 2% sobre el número de terneros y terneras que se guardaban en la explotación (no destinados a la venta). Estimar en media el número de animales que habrá que alimentar durante todo el año de esta categoría para tenerlo en cuenta al formular las restricciones correspondientes.

#### Indicación:

Considerar las siguientes actividades:

- Nº de raciones tipo 1 para vacas en el periodo I
- Nº de raciones tipo 2 para vacas en el periodo I
- Nº de raciones tipo 3 para vacas en el periodo I
- Nº de raciones para vacas en el periodo II
- Nº de raciones para vacas en el periodo III
- Nº de raciones para vacas en el periodo IV
- Nº de raciones para terneros en el periodo I
- Nº de raciones para terneros en el periodo II
- Nº de raciones para terneros en el periodo III
- Nº de raciones para terneros en el periodo IV
- Nº de raciones para becerros en el periodo I
- Nº de raciones para becerros en el periodo II
- Nº de raciones para becerros en el periodo III
- Nº de raciones para becerros en el periodo IV

Hay que señalar que las únicas actividades que serían indispensables de definir para modelizar este aspecto son las correspondientes a los tres primeros casos. Las otras actividades podrían agregarse a la actividad animal correspondiente (puesto que no existe más que una posibilidad de ración para cada periodo); sin embargo, la toma en consideración de todas estas actividades facilitará la presentación de la modelización del problema de alimentación animal.

## SOLUCIÓN

De las definiciones de las actividades animales que se establecieron en la primera parte del problema, y de las raciones del cuadro 2 aparecen las relaciones del siguiente tipo:

Número de raciones del periodo A para el animal tipo B  $\geq$  número de animales tipo B

El número de restricciones para expresar estas relaciones será igual al número de tipos de animales multiplicado por el número de periodos de alimentación. En este caso el número de restricciones será 12.

Recordemos que en la práctica número 4 se definieron las siguientes variables correspondientes a actividades animales:

- $x_7$  n° de vacas
- $x_8$  n° de terneros
- $x_9$  n° de terneras
- $x_{10}$  n° de becerro
- $x_{11}$  n° de becerra

**Consideraremos ahora, según la indicación las siguientes actividades:**

- $x_{19}$  N° de raciones tipo 1 para vacas en el periodo I
- $x_{20}$  N° de raciones tipo 2 para vacas en el periodo I
- $x_{21}$  N° de raciones tipo 3 para vacas en el periodo I
- $x_{22}$  N° de raciones para vacas en el periodo II
- $x_{23}$  N° de raciones para vacas en el periodo III
- $x_{24}$  N° de raciones para vacas en el periodo IV
- $x_{25}$  N° de raciones para terneros en el periodo I
- $x_{26}$  N° de raciones para terneros en el periodo II
- $x_{27}$  N° de raciones para terneros en el periodo III
- $x_{28}$  N° de raciones para terneros en el periodo IV
- $x_{29}$  N° de raciones para becerros en el periodo I
- $x_{30}$  N° de raciones para becerros en el periodo II
- $x_{31}$  N° de raciones para becerros en el periodo III
- $x_{32}$  N° de raciones para becerros en el periodo IV

Formularemos cada restricción individualmente:

- Número de raciones de tipo 1, tipo 2 y tipo 3 para vacas en periodo I  $\geq$  Número de vacas  
(1)  $x_{19} + x_{20} + x_{21} \geq x_7$
- Número de raciones para vacas en periodo II  $\geq$  Número de vacas  
(2)  $x_{22} \geq x_7$
- Número de raciones para vacas en periodo III  $\geq$  Número de vacas  
(3)  $x_{23} \geq x_7$
- Número de raciones para vacas en periodo IV  $\geq$  Número de vacas  
(4)  $x_{24} \geq x_7$

Para el caso de terneros hemos de hacer la consideración de que las pérdidas son el 2% de los animales que han quedado en la explotación, pero también hay una venta de terneras, por ello podemos estimar que, en media, solo habrá que alimentar durante todo el año al 99% de los animales que se encuentran al principio de esta actividad (terneros y terneras lechales)

- Número de raciones para terneros en periodo I  $\geq$  Número de terneros  
(5)  $x_{25} \geq 0.99x_8 + 0.99x_9$   
(Obsérvese que consideramos terneros y terneras por no haber distinción entre machos y hembras en la alimentación)
- Número de raciones para terneros en periodo II  $\geq$  Número de terneros  
(6)  $x_{26} \geq 0.99x_8 + 0.99x_9$
- Número de raciones para terneros en periodo III  $\geq$  Número de terneros  
(7)  $x_{27} \geq 0.99x_8 + 0.99x_9$

- Número de raciones para terneros en periodo IV  $\geq$  Número de terneros  
(8)  $x_{28} \geq 0.99x_8 + 0.99x_9$

Al igual que para los terneros, consideramos el caso <de los becerros y becerras sin distinción en la alimentación

- Número de raciones para becerros en periodo I  $\geq$  Número de becerros  
(9)  $x_{29} \geq x_{10} + x_{11}$
- Número de raciones para becerros en periodo II  $\geq$  Número de becerros  
(10)  $x_{30} \geq x_{10} + x_{11}$
- Número de raciones para becerros en periodo III  $\geq$  Número de becerros  
(11)  $x_{31} \geq x_{10} + x_{11}$
- Número de raciones para becerros en periodo IV  $\geq$  Número de becerros  
(12)  $x_{32} \geq x_{10} + x_{11}$

Nótese que las variables  $x_{29} \geq x_{10} + x_{11}$  no tienen coste asociado en la función objetivo, luego ésta no se modificará.

Las nuevas restricciones que se añaden al problema son

- (1)  $x_{19} + x_{20} + x_{21} \geq x_7$
- (2)  $x_{22} \geq x_7$
- (3)  $x_{23} \geq x_7$
- (4)  $x_{24} \geq x_7$
- (5)  $x_{25} \geq 0.99x_8 + 0.99x_9$
- (6)  $x_{26} \geq 0.99x_8 + 0.99x_9$
- (7)  $x_{27} \geq 0.99x_8 + 0.99x_9$
- (8)  $x_{28} \geq 0.99x_8 + 0.99x_9$
- (9)  $x_{29} \geq x_{10} + x_{11}$
- (10)  $x_{30} \geq x_{10} + x_{11}$
- (11)  $x_{31} \geq x_{10} + x_{11}$
- (12)  $x_{32} \geq x_{10} + x_{11}$

Y las restricciones de no negatividad

$$x_i \geq 0, \forall i$$