

## MATEMÁTICAS. 1º CTA

**Este ejemplo sólo tiene como objetivo presentar un caso en el que se involucra un número de variables y restricciones grande, pero aún así no deja de ser un ejemplo. La modelización de una solución real todavía incluiría muchas más variables y restricciones.**

### ESTABLECER UN MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA ORGANIZAR DE FORMA ÓPTIMA LA PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA AGRARIA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS

#### 1. OCUPACIÓN DE LA TIERRA POR LOS CULTIVOS

La superficie de la explotación es de 100 hectáreas de las cuales 90 ha. pueden ser consideradas como homogéneas (pueden soportar todos los cultivos necesitando los mismos niveles y calidades de factores de producción y dando rendimientos semejantes), mientras que las otras 10 ha. son únicamente aptas para la pradera permanente. La distribución de los cultivos se da en el cuadro 1.

Cultivos	Vida de los cultivos (meses)	Nº años necesario para que el cultivo pueda volver a la misma parcela	Periodo de ocupación de la tierra (desde la preparación hasta la recolección)												
			E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D	
Trigo	8,5	1	←-----→												←-----→
Colza grano	9,5	2	←-----→												←-----→
Colza forrajera	5,5	2	←-----→											←-----→	
Maíz	6,5	1					←-----→								
Cebada	8,5	1	←-----→											←-----→	
Pradera permanente	indefinida	-	←-----→												

Cuadro 1

#### 2. ACTIVIDADES ANIMALES

La explotación tiene la posibilidad de poseer un rebaño bovino de las siguientes características:

- Vacas:

- Periodos de parto: concentrados en otoño
- Tasa de fecundidad: 94%
- Número de lactaciones: 6
- Renuevo del rebaño: Auto-reemplazo o compra de vacas
- Edad en el primer parto: 24 meses
- Modalidad de cubrición: Inseminación artificial

- Otras características del rebaño: los animales, no destinados a vacas lecheras, pueden ser vendidos a 8 días o cebados en la explotación hasta los 24 meses. Se puede estimar que habrá una pérdida del 2% en los animales de 0 a 12 meses guardados en la explotación.

**Indicación:** Considerar las siguientes actividades:

- Número de vacas
- Número de terneros
- Número de terneras
- Número de becerros
- Número de becerras
- Venta de terneros lechales
- Venta de terneras lechales
- Venta de becerras
- Compra de vacas para reemplazo
- Número de vacas a reemplazar

La definición de las actividades y el establecimiento de las relaciones entre ellas puede hacerse a partir de los gráficos 2 y 3. El gráfico 2, construido a partir del gráfico 1, nos permite situar (en edad) en todo momento del año a cada una de las actividades animales que se desarrollan en la explotación durante un cierto periodo (en este caso un año). El gráfico 3 presenta las características zootécnicas del rebaño, las posibilidades de compra y venta y las relaciones entre los diferentes tipos de animales.

Año/mes	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
1											N	
2												
3	C										P	
4	C										P	
5	C										P	
6	C										P	
7	C										P	
8	C										P	
9	C										R	

N= Nacimiento C= cubrición P=parto R=reemplazo

Gráfico 1

Actividad	Edad (meses) al principio de la actividad	Edad (meses) al final de la actividad
Terneros/as	0	12
Beceros/as	12	24
Vacas	24	-

Gráfico 2

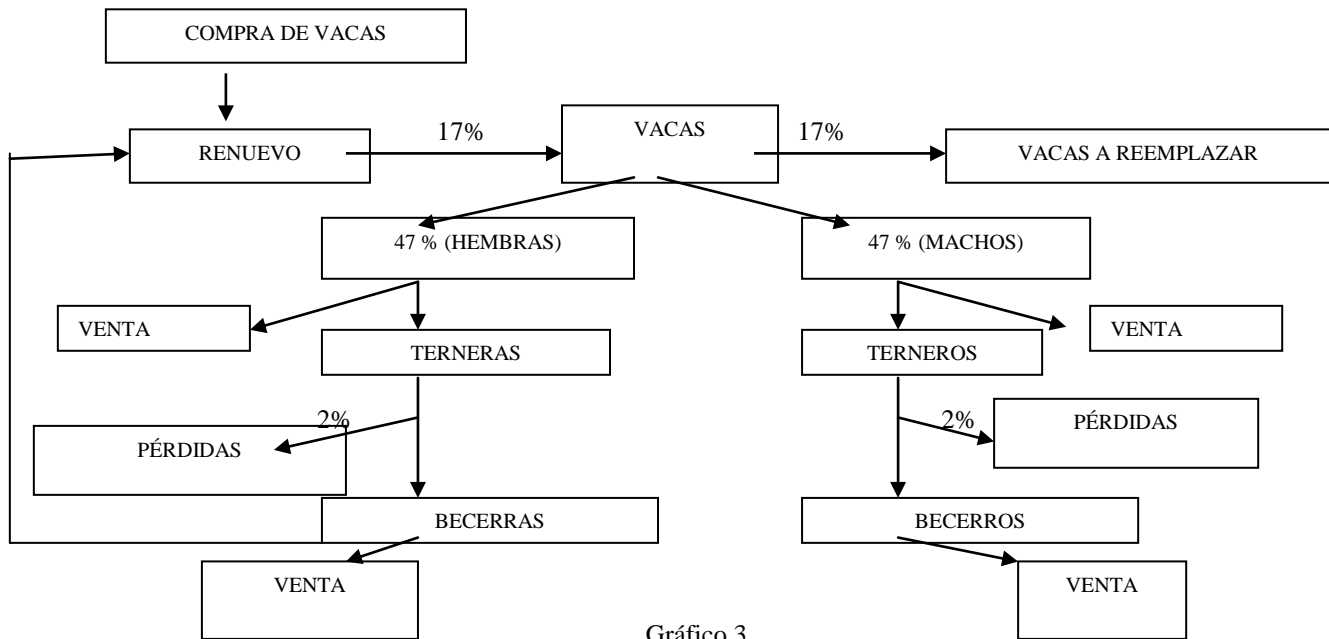


Gráfico 3

### 3. RESTRICCIONES DE TRABAJO

El trabajo disponible en la explotación es de un hombre a tiempo completo. Las disponibilidades en horas por mes y por trabajador en la región son las siguientes:

Mes	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
Horas / hombre	160	160	200	225	220	225	250	250	225	225	184	184

Por otra parte, está previsto que en mayo y junio se podrá contratar mano de obra temporal en cantidad ilimitada, pudiendo realizar la totalidad de los trabajos de la explotación. Las necesidades de mano de obra por hectárea de cultivo se dan en el cuadro 2. Las necesidades de trabajo en horas por animal y por día son las expuestas en el cuadro 3.

Cultivo/mes	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
Pradera permanente	1,25		0,5					0,5				
Trigo /Cebada		0,5		0,5			6				6,75	
Colza grano			0,2	0,5		6			3,25			
Colza forrajera	7	7							3,25			7
Maíz				7,75			0,5			1	1	

Cuadro 2

Animal(*)/mes	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D
Vaca	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Ternero/a	3	1,4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	3	3	3
Becerro/a	1,8	1,4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,8	0,9	1,4	1,8

Cuadro 3 (\*)Se hace la hipótesis de que el tiempo de trabajo necesario por animal es el siguiente:  
 por vaca: 0,5 horas/día  
 por animal de 0 a 4 meses: 0,1 horas/día  
 por animal de 4 a 24 meses: 0,06 horas/día en estabulación y 0,03 en pastoreo

El trabajo suplementario en ciertos periodos especiales (partos, por ejemplo) se supone que será proporcionado por el cónyuge del jefe de la explotación sin añadir gastos.

#### 4. FUNCIÓN ECONÓMICA

Utilizaremos como función económica el margen bruto de la explotación. Los coeficientes a asociar a cada actividad se dan en el cuadro 4.

Actividad	Coeficiente en unidades monetarias	Contenido del coeficiente
Trigo	1720	Margen bruto de la ha de trigo
Colza grano	2579	Margen bruto de la ha de colza grano
Colza forrajera	900	Coste de la ha de colza forrajera
Maíz	1013	Coste de la ha de maíz
Cebada	900	Coste de la ha de cebada
Pradera permanente	450	Coste de la pradera permanente
Vacas	2700	Margen bruto por vaca y año
Terneros	250	Coste de un ternero(alimentación del ternero lechal incluida)
Terneras	250	Coste de una ternera(alimentación de la ternera lechal incluida)
Becerro	2300	Margen bruto por becerro de 24 meses
Becerra	30	Coste de la becerra
Venta de ternero lechal	400	Precio de venta del ternero lechal a 8 días
Venta de ternera lechal	400	Precio de venta del ternera lechal a 8 días
Venta de becerras	3000	Precio de venta de una becerra de 24 meses
Compra de vacas para reemplazo	3000	Precio de compra de una vaca para reemplazo
Vacas reemplazadas	1600	Precio de venta de una vaca a reemplazar
Trabajo temporero mayo	6	Coste de la hora de trabajo
Trabajo temporero en junio	6	Coste de la hora de trabajo

Cuadro 4

#### 5. RELACIÓN ENTRE 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 5

A partir de estos datos se puede construir el gráfico 4 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

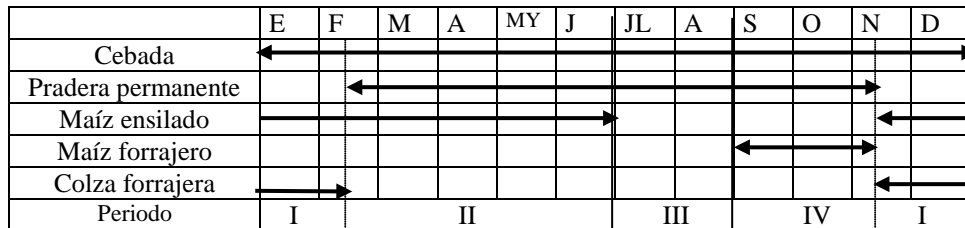


Gráfico 4

#### 6. 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 6 se presentan las raciones posibles que serán consideradas para cada tipo de animal y para cada periodo.

Periodo	Periodo I (91 días)			Periodo II (135 días)	Periodo III (62 días)	Periodo IV (76 días)				
	Raciones posibles (kg)									
Animal	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 6

#### Notas al cuadro 6

- 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 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:

- N° de raciones tipo 1 para vacas en el periodo I
- N° de raciones tipo 2 para vacas en el periodo I
- N° de raciones tipo 3 para vacas en el periodo I
- N° de raciones para vacas en el periodo II
- N° de raciones para vacas en el periodo III
- N° de raciones para vacas en el periodo IV
- N° de raciones para terneros en el periodo I
- N° de raciones para terneros en el periodo II
- N° de raciones para terneros en el periodo III
- N° de raciones para terneros en el periodo IV
- N° de raciones para becerras en el periodo I
- N° de raciones para becerras en el periodo II
- N° de raciones para becerras en el periodo III
- N° de raciones para becerras 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.