



**Cátedra Nissan – UPC**

Innovación en la automoción

**ROV (1987): Ración Óptima para Vacuno de  
leche – guía de referencia -. *Resumen para la  
división PM de Gallina Blanca Purina.***

*Joaquín Bautista Valhondo, Albert Corominas Subias*

R-06/2009

(Rec. Report ROV –g.r.- BC-1987)

*Departamento de Organización de Empresas*

Universidad Politécnica de Cataluña

**Publica:**

Universitat Politècnica de Catalunya  
[www.upc.edu](http://www.upc.edu)



**Edita:**

Cátedra Nissan-UPC  
[www.nissanchair.com](http://www.nissanchair.com)  
director@nissanchair.com

---

G U I A   D E   R E F E R E N C I A

---

---

S I S T E M A   R . O . V .

---

GBP/UPC

Barcelona, Junio 1987

## GENERALIDADES

---

La implementación informática del programa ROV (Ración Óptima de Vacas), cuyo objetivo fundamental es la determinación de la dieta óptima para vacuno de leche partiendo de un grupo de alimentos candidatos a formar parte de la ración, presenta dos versiones en su primera fase de estudio: versión C2.1B destinada fundamentalmente al equipo técnico de Gallina Blanca Purina; y la versión C2.1C destinada al asesoramiento que la empresa ofrece a sus clientes en su labor de "campo".

Ambas versiones se han realizado en lenguaje de programación BASIC (compilado: Quick 1.00 ) y han sido pensadas para funcionar en ordenadores IBM-PC y compatibles con una configuración mínima de 256 Kb de memoria RAM, un floppy disk y un monitor monocromático. El sistema operativo recomendable es el DOS ver. 2.0 , o superiores, de Microsoft.

El sistema ROV consta de tres módulos de programa :

- KARGAGB# : Realiza la carga de códigos-índice en la memoria del ordenador, y procede a dar la acción del sistema al módulo siguiente. Enlaza con el módulo MINOS00#.
- MINOS00# : Es el módulo de gestión de alimentos GBP y de alimentos de clientes. Permite la actualización de las bases de datos que utiliza el sistema. Enlaza con el módulo ANOAO0#.
- ANOAO0# : Es el módulo de cálculos - ración óptima y posterior análisis de alimentos que no intervienen en la dieta -. Enlaza con el módulo MINOS00#.

( #-2 : ver. C2.1B , #-3 : ver. C2.1C )

y manipula 9 bases de datos con sus correspondientes ficheros de índices ( cuatro bases destinadas a alimentos de clientes, y el resto destinadas a los alimentos de GBP ). Una descripción detallada de las mismas puede encontrarse en el Manual destinado al usuario; así mismo podrá obtenerse una visión general del modelo implementado a través de la lectura del anexo destinado a este efecto.

Barcelona 01/06/87

MANUAL DE USUARIO

INDICE : MANUAL DE USUARIO PROGRAMA R.O.V.

---

	Pg.
0. PUESTA EN MARCHA .....	1
1. SOBRE LA OPCION 1 (ALIMENTOS) .....	2
1- Dar de alta un nuevo alimento .....	2
2- Consultar un alimento .....	2
3- Modificar las características de un alimento .....	3
4- Suprimir un alimento .....	3
5- Listar bases de alimentos .....	4
2. SOBRE LA OPCION 2 (CLIENTES) .....	5
1- Dar de alta un nuevo alimento para un cliente determinado .....	5
2- Consultar un alimento de cliente .....	5
3- Modificar las características de un alimento de cliente .....	6
4- Suprimir alimentos de clientes .....	6
5- Listar bases de alimentos de clientes ....	7
3. SOBRE LA OPCION 3 (RACION) .....	9
1- Datos generales .....	9
2- Ingredientes .....	9
3- Cálculo de la ración .....	10
4- Resultados .....	11
5- Análisis Post-óptimo .....	11
4. FIGURAS .....	14

## M A N U A L Programa R O V (GBP)

### O. PUESTA EN MARCHA

Después de haber conectado la máquina y asegurándonos que en el directorio de trabajo (unidad A o B para funcionamiento con diskette, unidad C para funcionamiento con Hard-disk) se encuentran los programas :

- KARGAGB3.EXE
- MINOS003.EXE
- ANOA003 .EXE

las bases de datos :

- |           |           |
|-----------|-----------|
| - FG .DBF | - FFG.DBF |
| - FS .DBF | - FFS.DBF |
| - C .DBF  | - CC .DBF |
| - M .DBF  | - MM .DBF |
| - P .DBF  |           |

y los ficheros de índices :

- |           |           |
|-----------|-----------|
| - FG .NDX | - FFG.NDX |
| - FS .NDX | - FFS.NDX |
| - C .NDX  | - CC .NDX |
| - M .NDX  | - MM .NDX |
| - P .NDX  |           |

para poner en funcionamiento el Sistema deberá teclear la clave ROV y seguidamente pulsar la tecla INTRO.

Efectuadas las operaciones anteriormente descritas, por otra parte no necesarias en caso de que el usuario disponga de un diskette autoejecutable, aparecerá en su pantalla la presentación del programa y se producirá la carga en memoria de los códigos índices de las bases manipuladas por el sistema.

En breves segundos el usuario podrá acceder al menú principal (ver figura 0.1).

## 1. SOBRE LA OPCION 1 (ALIMENTOS)

Elegida la presente opción aparecerá en su monitor una pantalla tal como la presentada en la figura 1.0, que hace referencia al MENU 0.1 de alimentos; según la alternativa que Vd. elija, podrá:

### 1-Dar de alta un nuevo alimento.

Esta opción solo es accesible para la versión C2.1B del programa ROV, y con ella podrá añadir a las bases de datos un nuevo alimento GBP después de haber realizado la selección pertinente.

La selección de alimento podrá realizarse tras la visualización en la parte derecha de su monitor del submenú de selección (ver fig. 1.1).

Trás pulsar:

- F : para el caso de forraje GBP.  
Aparecerá el submenú de forrajes (fig 1.2.):
  - G : forraje genuino
  - S : subproducto
- C : para el caso de cereal GBP
- P : para el caso de pienso GBP
- M : para el caso de mineral GBP

aparecerá en su monitor una pantalla tal como la presentada en la fig. 1.3. (haremos referencia de ella en otras opciones).

Una vez definido un código de 3 caracteres se podrá proceder a la introducción de la denominación de alimento (15 caracteres) y el conjunto de características que se van solicitando a lo largo del desplazamiento del cursor. Introducido el valor de la última característica podrá rectificar o bien seguir adelante con la posibilidad de añadir nuevos alimentos.

### 2-Consultar un alimento.

La presente opción es accesible indistintamente para las versiones C2.1B y C2.1C del programa ROV y con ella podrá visualizar por pantalla la denominación y características de un alimento solicitado a través de la introducción de su código previa selección de alimento (ver figs. 1.1 y 1.2 en su caso).

La consulta del alimento se hará patente en caso de la existencia en la base correspondiente del código solicitado, apareciendo en su monitor una pantalla tal como la presentada en la fig. 1.3. En caso de no existir el código solicitado aparecerá en el recuadro inferior el mensaje "Código inexistente" y quedará interumpida la acción del programa hasta que se produzca la pulsación de cualquier tecla.

Realizadas las anteriores maniobras el usuario podrá seguir la consulta o bien volver al menú de procedencia.

### 3-Modificar las características de un alimento

La presente opción es accesible indistintamente para las versiones C2.1B y C2.1C del programa ROV y con ella podrá modificar por pantalla la denominación y características de un alimento solicitado a través de la introducción de su código previa selección de alimento (ver figs. 1.1 y 1.2 en su caso).

La modificación del alimento se hará patente en caso de la existencia en la base correspondiente del código solicitado, apareciendo en su monitor una pantalla tal como la presentada en la fig. 1.3. En caso de no existir el código solicitado aparecerá en el recuadro inferior el mensaje "Código inexistente" y quedará interumpida la acción del programa hasta que se produzca la pulsación de cualquier tecla.

Si el código del alimento solicitado existe en la base de datos se producirá la visualización de las características del alimento en cuestión. El cursor marcará la posición de la característica(s) susceptible(s) de ser modificada(s) según la versión del programa utilizado. La pulsación de la tecla INTRO conservará el valor actual de los campos presentados para su modificación.

Realizadas las anteriores maniobras el usuario podrá seguir la modificación o bien volver al menú de procedencia.

### 4-Suprimir un alimento.

Esta opción sólo es accesible para la versión C2.1B del programa ROV, y con ella podrá suprimir de las bases de datos un alimento GBP después de haber realizado la selección pertinente.

El submenú de selección de alimento para la presente opción es más amplio (ver fig. 1.4) que el presentado ante la elección de las anteriores opciones. A este submenú se ha añadido la posibilidad de eliminar todos los alimentos y con ello realizar la puesta a cero de las bases, y en caso de solicitar la eliminación de forrajes, el usuario podrá también suprimir todos los registros correspondientes a este tipo de alimento si realiza la posterior confirmación.

En caso de proceder a la eliminación de un alimento concreto se deberá especificar su código y aparecerá en su monitor una pantalla tal como la presentada en la fig. 1.3. Trás la visualización de las características (en caso de la existencia del código solicitado) se pedirá la correspondiente confirmación. Si el código solicitado no estuviera en la base de datos, aparecerá en el recuadro situado en la parte inferior de la pantalla el mensaje "Código inexistente", y la

acción del programa quedará interrumpida hasta la pulsación de una tecla cualquiera.

#### 5-Listar bases de alimentos

La presente opción es accesible indistintamente para las versiones C2.1B y C2.1C del programa ROV y con ella el usuario podrá obtener previa selección los siguientes listados:

- Nutrimientos
- Cereales
- Forrajes genuinos
- Forrajes (subproductos)
- Minerales

Los mencionados listados corresponden a alimentos que han sido dados de alta mediante la versión C2.1B del programa ROV, y hayan podido sufrir alguna modificación posterior permitida.

En cada uno de estos listados se especifica el tipo de alimento en una cabecera y posteriormente los códigos, las

denominaciones y los valores de las características de los alimentos en cuestión.

Las características presentadas son :

- % S.sc : % de sustancia seca
- P.Brta : % de Proteína bruta sobre sustancia seca
- P.Digt : % de Proteína digestible sobre sustancia seca
- P.NNP : % de Proteína del nitrógeno no protéico sobre sustancia seca
- Fibra : % de fibra sobre sustancia seca
- F.f. : Factor corrector de fibra (coeficiente entre 0 y 1)
- U.F.L. : Unidades forrajeras de leche (energía)
- ISS-20 : Se autoexplica
- Pta/Kg : Se autoexplica
- Max d. : Máximo diario de Kg de alimento
- Calcio : Gramos de calcio por Kg de sustancia seca
- Fosforo: Gramos de fósforo por Kg de sustancia seca

En caso de producirse algún error en el o durante el proceso de impresión, quedará interrumpida la acción del programa, devolviendo la gestión al menú principal tras la pulsación de cualquier tecla.

Dentro de esta opción se ha implementado la posibilidad de visualizar por pantalla los códigos y denominaciones de los alimentos de un determinado tipo que ha sido previamente seleccionado. Una vez realizada la selección le aparecerá el mensaje "Pantalla o Impresora (P/I)" (ver fig. 1.5). Si el usuario adopta la visualización por pantalla, obtendrá en su monitor una lista tal como la presentada en la fig. 1.6.

## 2. SOBRE LA OPCION 2 (CLIENTES)

Elegida la presente opción aparecerá en su monitor una pantalla tal como la presentada en la figura 2.0, que hace referencia al MENU 0.2 de clientes;trás haber elegido alternativa aparecerá en la parte inferior izquierda de su monitor la solicitud de código de cliente ("COD :") con la que tendrá la posibilidad de introducir un cliente nuevo o ya existente (máximo de 8 caracteres).Según la alternativa que Vd. haya elegido, podrá:

### 1-Dar de alta un nuevo alimento para un Cliente determinado.

Esta opción es indistintamente accesible para las versiones C2.1B y C2.1C del programa ROV, y con ella podrá añadir a las bases de datos un nuevo alimento marcado por el código de cliente que introdujo con anterioridad y después de haber realizado la selección de tipo de alimento pertinente.

La selección de alimento podrá realizarse tras la visualización en la parte derecha de su monitor del submenú de selección (ver fig. 1.1).

Trás pulsar:

- F : para el caso de forraje de cliente  
Aparecerá el submenú de forrajes (fig 1.2.):
  - G : forraje genuino
  - S : subproducto
- C : para el caso de cereal de cliente
- M : para el caso de mineral de cliente

aparecerá en su monitor una pantalla tal como la presentada en la fig. 2.1. (haremos referencia de ella en otras opciones).

Una vez definido un código de 3 caracteres se podrá proceder a la introducción de la denominación de alimento (15 caracteres) y el conjunto de características que se van solicitando a lo largo del desplazamiento del cursor. Introducido el valor de la última característica podrá rectificar o bien seguir adelante con la posibilidad de añadir nuevos alimentos.

### 2-Consultar un alimento de cliente.

La presente opción es accesible indistintamente para las versiones C2.1B y C2.1C del programa ROV y con ella podrá visualizar por pantalla la denominación y características de un alimento solicitado a través de la introducción de su código previa selección de alimento (ver figs. 1.1 y 1.2 en su caso).

La consulta del alimento se hará patente en caso de la existencia en la base correspondiente del código de alimento solicitado para el código de cliente previamente introducido, apareciendo en su monitor una pantalla tal como la presentada

en la fig. 2.1. En caso de no existir la combinación de códigos alimento\_cliente aparecerá en el recuadro inferior el mensaje "Código inexistente" y quedará interrumpida la acción del programa hasta que se produzca la pulsación de cualquier tecla.

Realizadas las anteriores maniobras el usuario podrá seguir la consulta o bien volver al menú de procedencia.

### 3-Modificar las características de un alimento de cliente

La presente opción es accesible indistintamente para las versiones C2.1B y C2.1C del programa ROV y con ella podrá modificar por pantalla la denominación y características de un alimento de cliente solicitado a través de la introducción de su código previa introducción de código de cliente y selección de tipo de alimento (ver figs. 1.1 y 1.2 en su caso).

La modificación del alimento de cliente se hará patente en caso de la existencia en la base correspondiente de la conjugación de códigos alimento\_cliente, apareciendo en su monitor una pantalla tal como la presentada en la fig. 2.1. En caso de no existir la conjugación de códigos alimento\_cliente aparecerá en el recuadro inferior el mensaje "Código inexistente" y quedará interrumpida la acción del programa hasta que se produzca la pulsación de cualquier tecla.

Si el código del alimento solicitado existe en la base de datos se producirá la visualización de las características del alimento en cuestión. El cursor marcará la posición de las características susceptibles de ser modificadas. La pulsación de la tecla INTRO conservará el valor actual de los campos presentados para su modificación.

Realizadas las anteriores maniobras el usuario podrá seguir la modificación o bien volver al menú de procedencia.

### 4-Suprimir alimentos de clientes

Esta opción es indistintamente accesible para las versiones C2.1B y C2.1C del programa ROV, y con ella podrá suprimir de las bases de datos un alimento de cliente después de haber realizado la selección de tipo de alimento e introducido el código de cliente deseado.

El submenú de selección de alimento para la presente opción es más amplio (ver fig. 1.4) que el presentado ante la elección de las anteriores opciones. A este submenú se ha añadido la posibilidad de eliminar todos los alimentos y con ello realizar la puesta a cero de las bases, y en caso de solicitar la eliminación de forrajes, el usuario podrá también suprimir todos los registros correspondientes a este tipo de alimento si realiza la posterior confirmación.

En caso de proceder a la eliminación de un alimento concreto se deberá especificar su código y aparecerá en su monitor una

pantalla tal como la presentada en la fig. 2.1. Trás la visualización de las características (en caso de la existencia de los códigos solicitados) se pedirá la correspondiente confirmación. Si el código solicitado no estuviera en la base de datos, aparecerá en el recuadro situado en la parte inferior de la pantalla el mensaje "Código inexistente", y la acción del programa quedará interrumpida hasta la pulsación de una tecla cualquiera.

#### 5-Listar bases de alimentos de clientes

La presente opción es accesible indistintamente para las versiones C2.1B y C2.1C del programa ROV y con ella el usuario podrá obtener previa selección los siguientes listados:

- Cereales
- Forrajes genuinos
- Forrajes (subproductos)
- Minerales

todos ellos haciendo referencia al cliente correspondiente.

Los mencionados listados corresponden a alimentos que han sido dados de alta mediante cualquiera de las versiones del programa ROV y hayan podido sufrir alguna modificación posterior permitida.

En cada uno de estos listados se especifica el tipo de alimento en una cabecera y posteriormente los códigos, los nombres de los clientes, las denominaciones y los valores de las características de los alimentos en cuestión.

Las características presentadas son :

- % S.sc : % de sustancia seca
- P.Brta : % de Proteína bruta sobre sustancia seca
- P.Digt : % de Proteína digestible sobre sustancia seca
- P.NNP : % de Proteína del nitrógeno no protéico sobre sustancia seca
- Fibra : % de fibra sobre sustancia seca
- F.f. : Factor corrector de fibra (coeficiente entre 0 y 1)
- U.F.L. : Unidades forrajeras de leche (energía)
- ISS-20 : Se autoexplica
- Pta/Kg : Se autoexplica
- Max d. : Máximo diario de Kg de alimento
- Calcio : Gramos de calcio por Kg de sustancia seca
- Fosforo: Gramos de fósforo por Kg de sustancia seca

En caso de producirse algún error en el o durante el proceso de impresión, quedará interrumpida la acción del programa, devolviendo la gestión al menú principal trás la pulsación de cualquier tecla.

Dentro de esta opción se ha implemantado la posibilidad de visualizar por pantalla los códigos\_nombres de clientes y

denominaciones de los alimentos de un determinado tipo que ha sido previamente seleccionado. Una vez realizada la selección le aparecerá el mensaje "Pantalla o Impresora (P/I)" (ver fig. 1.5). Si el usuario adopta la visualización por pantalla, obtendrá en su monitor una lista similar a la presentada en la fig. 1.6.

### 3. SOBRE LA OPCION 3 (RACION)

Elegida la presente opción aparecerá en su monitor una pantalla tal como la presentada en la fig. 3.0. En ella aparecen un conjunto de acciones que deberán ser utilizadas, para el correcto funcionamiento del proceso, de una forma secuencial.

La presente opción es indistintamente accesible desde las versiones C2.1B y C2.1C del programa ROV salvo pequeñas particularidades que serán expuestas más adelante.

#### 1-Datos generales

La acción 1 del MENU 0.3 permite definir los parámetros necesarios para el cálculo de la ración y que se han considerado generales.

A través de su selección podrá definir la cantidad de litros diarios de leche que se desean extraer de una vaca promedio, el % de grasa que desea contenga el líquido, el peso medio del vacuno considerado, el estado de lactación del vacuno - si está al inicio (I) o en plena (P) lactación-, y los litros de leche que se consideran tomados de la reservas.

Para la introducción de los datos mencionados, el usuario dispondrá de una pantalla tal como la presentada en la fig. 3.1. A partir del seguimiento de la posición del cursor podrá definir los valores deseados y a la vez introducir el "nombre de la granja" (15 caracteres) y el Cliente. Es preciso introducir correctamente el cliente, sobre todo para la versión C2.1C del programa ROV, ya que de ello dependerá el reconocimiento de los alimentos que posteriormente se introduzcan a través de la opción 2 del presente menú.

#### 2-Ingredientes

La opción 2 del MENU 0.3 le permitirá introducir mediante un sencillo editor, los ingredientes que considere candidatos a formar parte de la dieta (ver fig. 3.2).

El editor es de fácil manejo, y las instrucciones más relevantes para su uso se resumen seguidamente:

- La última línea de la pantalla representa el HELP de las teclas de función que se utilizarán para la selección de tipo de alimento.

Las teclas de función figurarán marcadas en el teclado por la letra "F" y un número (F1, F2, ..., F10) y la pulsación de alguna de ellas dará los siguientes resultados :

- F1 : Selección de forraje genuino de GBP
- F2 : Selección de forraje genuino de cliente seleccionado

- F3 : Selección de forraje (subproducto) de GBP
- F4 : Selección de forraje (subproducto) de cliente  
seleccionado
- F5 : Selección de cereal de GBP
- F6 : Selección de cereal de cliente seleccionado
- F7 : Selección de mineral de GBP
- F8 : Selección de mineral de cliente seleccionado
- F9 : Selección de nutrimento de GBP
- F10 : Salida de Editor

Realizada la pulsación de la tecla conveniente quedará marcado en la columna "Tipo" la abreviatura del tipo de alimento seleccionado, el cursor quedará a la espera de la introducción del código (columna Cod. del editor); si el código de alimento introducido existe, aparecerá en pantalla la descripción del alimento y seguidamente se solicitará su precio.

Una vez introducido el precio aparecerá en la columna "Max." el valor por defecto máximo permitido, que podrá ser modificado inmediatamente; la anterior cantidad podrá ser fijada en la dieta mediante la pulsación de la letra "F" cuando el cursor se encuentre en la columna "(M/F)", en caso de pulsar "M" se considerará que la cantidad anterior es cota superior del alimento. Estas entradas solo se solicitarán en caso que el tipo de alimento corresponda a un forraje.

Completados todos los datos de una línea (alimento), el cursor se situará a la espera de una nueva introducción, repitiéndose el proceso aquí descrito.

- Cuando el usuario haya introducido un grupo de alimentos candidatos, si desea modificar los valores de algún alimento en concreto, deberá desplazarse con el cursor a través de la columna "Tipo", una vez situado en el alimento deseado se pulsará INTRO , y se podrá proceder a los cambios pertinentes.
- Si el usuario desea añadir un nuevo alimento tras haber desplazado el cursor a un lugar que no corresponde a la última fila, deberá pulsarse la tecla "Esc". En caso de que cursor no estuviera situado en algún punto de la columna "Tipo", la pulsación de la tecla "Esc" producirá el retroceso al campo anterior de la fila en la que se hallaba.
- Si se desea borrar un alimento editado se procederá de forma análoga al proceso de modificar valores, se situará el cursor en el alimento que se desea borrar, y se pulsará el carácter "@".

### 3-Cálculo de la ración

La opción 3 del MENU 0.3 permitirá obtener la solución del problema planteado.

Acto seguido a su selección aparecerá en su monitor una pantalla tal como la presentada en la fig 3.3. Deberá esperar algunos segundos que dependerán de la envergadura del problema planteado y del tipo de máquina en la que se haga funcionar el programa.

Si el problema planteado no tuviera solución posible, aparecerá en su monitor el mensaje "PROBLEMA INFECTIBLE", y el número de restricciones que incumplan la solución obtenida.

Una vez encontrada la solución aparecerá en su monitor una primera pantalla de solución tal como la presentada en la fig. 3.4, en la que se aprecian, además de los ingredientes candidatos, las cantidades de los alimentos componentes de la dieta óptima y el coste de la ración; pulsando la tecla "INTRO" aparecerá en su monitor la SOLUCION POR REDONDEO y el estado de las restricciones después de realizado el recálculo correspondiente (fig 3.5).

Presentada la solución redondeada se solicitará si se desea o no la impresión del (de los) informe(s).(figs. 3.6 y 3.7).

#### 4-Resultados

La opción 4 del MENU 0.3 le permitirá volver a visualizar los resultados del programa calculado, con la posibilidad de volver a obtener los informes correspondientes. La presente acción del programa se obtiene indirectamente en el momento en el que finaliza el cálculo de la ración (OPCION 3), su funcionalidad está en poder obtener los resultados sin necesidad de volver a reoptimizar.

#### 5-Análisis Post-Optimal

La opción 5 del MENU 0.3 le permitirá realizar un análisis de las características de los alimentos que a pesar de ser candidatos en la elaboración de la dieta, no intervienen en la misma tras la optimización. Las causas de su no intervención pueden deducirse, en la mayoría de las ocasiones, con un hábil manejo de la presente opción.

Seleccionada la opción presente aparecerá en su monitor una pantalla similar a la mostrada en la fig 3.8 , en ella pueden apreciarse las informaciones del post-óptimo, obtenidas a partir de la ejecución de los pasos del proceso :

0- En el recuadro vertical a la derecha de la figura, se mostrarán los alimentos que siendo candidatos para formar parte de la dieta no han sido aptos para la ración óptima proporcionada por el programa lineal. En mencionado recuadro aparece la columna "n" referente al número de alimento que podrá ser utilizado por el usuario para proceder a su análisis, la columna "T" referente al tipo de aliment y la columna "Cod" referente al código de alimento. La versión

C2.1 sólo realiza el análisis de los alimentos "forrajes".

- 1- En primer lugar se procederá a realizar la "Selección" del alimento que se desea estudiar, introduciendo el número que le corresponde en el recuadro destinado a tal efecto, fácilmente detectable por la posición de reclamo del cursor.
- 2- Una vez realizada la selección se rellenarán en la pantalla las columnas "V.ant." y "V.act." que corresponden al valor anterior y al valor actual de las características que figurarán a la izquierda de la pantalla y bajo el título : "RESTRICCIONES".
- 3- Seguidamente el programa procederá al cálculo de los límites inferior y superior (columnas "L.inf.", "L.sup.") que representan entre qué valores debería estar comprendida la característica para que el alimento seleccionado forme parte de la ración con el mismo coste que la calculada con anterioridad. En las columnas presentes pueden darse las siguientes notaciones.

99.99 : Valor de un número real con el que formaría el alimento en estudio parte de la ración. Corresponde al caso de límite inferior o superior acotado (finito y razonable).

NE : El alimento no entra a formar parte de la dieta a causa de que el posible valor teórico con que podría formar parte de la ración sobrepasa los límites naturales de la característica.

SLI : La característica no presenta límite inferior.

SLS : La característica no presenta límite superior.

A la derecha de los valores y límites de las características aparecerá una información complementaria que puede ser de gran utilidad en algunos casos.

- 4- La columna con título "Kg" muestra el valor con el que entraría a formar parte de la ración el alimento en estudio, si el valor actual de la característica fuera el de su límite finito ( en algunas características será un límite inferior - proteína bruta, gramos de calcio por Kg de sustancia seca, ISS-20..; en otras ocasiones será un límite superior - Precio, N.N.P. -).
- 5- La columna con título "Alimento" muestra el tipo y código del alimento que dejaría de formar parte de la ración para ceder su lugar al alimento en estudio. En algunas ocasiones y para algunas características puede aparecer el mensaje "Ninguno", en cuyo caso la nueva ración podría admitir un nuevo alimento (justamente el alimento en estudio) modificandose las cantidades de los ingredientes que ya formaban parte de la dieta.
- 6- Una vez visualizada la información precedente, puede

procederse a la ligera modificación de algún valor de una característica concreta con el propósito de acercar el resto de los límites a los valores actuales. Es preciso que la modificación efectuada tenga sentido práctico o razonable ya que lo contrario podría producir errores en el proceso de cálculo. Modificaciones sucesivas mostrarán al usuario los nuevos límites, los nuevos valores de entrada a la ración del alimento en estudio, y los alimentos que serían expulsados de la ración en su caso.(fig 3.9)

- 7- Si el usuario desea estudiar otro alimento de los presentes en la carta de selección (derecha de la pantalla), bastará con pulsar la tecla "Esc" y se encontrará en la situación "1" del presente proceso.
- 8- Si en una característica se introdujera un valor comprendido entre los límites, aparecerá a pie de pantalla el mensaje "Fuera del óptimo"(fig 3.10). Pulsando una tecla cualquiera aparecerá a pie de pantalla la leyenda:  
"ATENCION:En estos momentos puede reoptimizar y continuar el proceso con la nueva solución del P.L. (Reoptimizar/Seguir)" (fig 3.11).  
Pulsando la letra "S" se abandonará la opción de reoptimizar la dieta y podrá continuarse el proceso desde el punto "6". Pulsando la letra "R" se procederá a recalcular la ración con los valores actuales de las características, producto de las modificaciones que hayan podido sufrir. El programa actuará de forma similar a la acción dada por la opción "Cálculo de la Ración", y mostrará lógicamente la nueva solución obtenida; y en la memoria del ordenador se tendrá los datos correspondientes a todas las modificaciones efectuadas.Trás la presentación de los resultados el programa devolverá la acción al MENU 0.3.

Es conveniente si se desea forzar la entrada de un alimento a la dieta, que el valor de la característica modificada y comprendida dentro de los límites, presente un margen con respecto al límite acotado del orden del 0.5 - 1 %, ya que en caso de ajustar excesivamente podría acontecer la no entrada del alimento, debido a la tolerancia, razonable por otra parte, con la que actúa el programa lineal.

**FIGURAS**

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:15:12
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.1C - ( Barcelona Mayo 1987 )		

MENU 0 : PRINCIPAL

---

1 . . . . Alimentos  
2 . . . . Clientes  
3 . . . . Ración

0 . . . . Finalizar

Opción elegida █

! Pulse un nro de 0 a 3 !

Figura 0.1

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:15:58
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.1C - ( Barcelona Mayo 1987 )		

MENU 0.1 : ALIMENTOS

---

- 1 . . . . Altas
- 2 . . . . Consultas
- 3 . . . . Modificaciones
- 4 . . . . Eliminación
- 5 . . . . Listados
- 0 . . . . Menú Principal

Opción elegida 0

! Pulse un nro de 0 a 5 !

Figura 1.0

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:16:43
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.1C - ( Barcelona Mayo 1987 )		

MENU 0.1 : ALIMENTOS

- 1 . . . . . Altas
- 2 . . . . . Consultas
- 3 . . . . . Modificaciones
- 4 . . . . . Eliminación
- 5 . . . . . Listados
- 0 . . . . . Menú Principal

Opción elegida 2

- Forrajes
  - Cereales
  - Piensos
  - Minerales
  - Abandonar
- Opción A

!! Elija un alimento !!

Figura 1.1

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:17:31
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.1C - ( Barcelona Mayo 1987 )		

MENU 0.1 : ALIMENTOS

- 1 . . . . Altas
- 2 . . . . Consultas
- 3 . . . . Modificaciones
- 4 . . . . Eliminación
- 5 . . . . Listados
- 0 . . . . Menú Principal

Opción elegida 2

- FORRAJES -

- Genuinos
- Subproductos
- Abandonar
- Opción A

!! Elija un forraje !!

Figura 1.2

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:18:46
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.1C - ( Barcelona Mayo 1987 )		

Codigo alimento V12 Denominación VERDE SUDAN2

% Sustancia Seca 18

% sobre SUSTANCIA SECA

- Proteina Bruta	14
- Proteina Digestible	10
- Proteina del N.N.P.	0
- Fibra 26	F.f. 1

UFL	.75
ISS-20	12 Pta/Kg 4.5
	Máximo dia (Kg) 100
Cálcio	6 Fósforo 3

< CONSULTAR >  
Forraje. (6)

[Ca]=[P]≡ g/Kg

¿ Seguir ? (S/N)

Figura 1.3

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:20:55
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.1C - ( Barcelona Mayo 1987 )		

MENU 0.1 : ALIMENTOS

- 1 . . . . Altas
- 2 . . . . Consultas
- 3 . . . . Modificaciones
- 4 . . . . Eliminación
- 5 . . . . Listados
- 0 . . . . Menú Principal

Opción elegida 5

- Todos
- Forrajes
- Cereales
- Piensos
- Minerales
- Abandonar
  
- Opción A

!! Elija un alimento !!

Figura 1.4

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:21:55
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.1C - ( Barcelona Mayo 1987 )		

MENU 0.1 : ALIMENTOS

---

- 1 . . . . Altas
- 2 . . . . Consultas
- 3 . . . . Modificaciones
- 4 . . . . Eliminación
- 5 . . . . Listados
- 0 . . . . Menú Principal

Opción elegida 5

- FORRAJES -

- Todos
- Genuinos
- Subproductos
- Abandonar
- Opción 6

Pantalla o Impresora? (P/I)

Figura 1.5

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:22:36
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.IC - ( Barcelona Mayo 1987 )		

Forraje (G)

E01	ENS.LEGUMGRAM1	E75	ENSIL TRITICALE
E02	ENS.LEGUMGRAM2	E65	ENSIL SORGO
E03	ENS.LEGUMGRAM3	E84	ENS. VEZA-AVENA
000	VERSION FICHERO	J01	HENOLAJ.LEGGRA1
V11	VERDE SUDAN1	J02	HENOLAJ.LEGGRA2
V12	VERDE SUDAN2	J03	HENOLAJ.LEGGRA3
V13	VERDE SUDAN3	J04	HENOLAJ.LEGGRA4
V14	VERDE SUDAN4	H01	HENO LEGUMGRAM1
E31	ENSIL HIERBA 1	H02	HENO LEGUMGRAM2
E32	ENSIL HIERBA 2	H03	HENO LEGUMGRAM3
E33	ENSIL HIERBA 3	H04	HENO LEGUMGRAM4
E34	ENSIL HIERBA 4	H21	HENO ALFALFA1
E41	ENS.RYEGRASS1	E04	ENS.LEGUMGRAM4
E42	ENS.RYEGRASS2	H22	HENO ALFALFA2
E43	ENS.RYEGRASS3	H23	HENO ALFALFA3
E44	ENS.RYEGRASS4	H24	HENO ALFALFA4
E60	ENSIL CEBADA	H32	HENO PRADERA2
E70	ENSIL CENTENO	H41	HENO RYEGRASS

Pulse una tecla para continuar...

Figura 1.6

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:24:36
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.1C - ( Barcelona Mayo 1987 )		

MENU 0.2 : CLIENTES

---

- 1 . . . . Altas
- 2 . . . . Consultas
- 3 . . . . Modificaciones
- 4 . . . . Eliminación
- 5 . . . . Listados
- 0 . . . . Menú Principal

COD :                    Opción elegida 1

!! Código de 8 caracteres !!

Figura 2.0

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:27:09
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.1C - ( Barcelona Mayo 1987 )		

Codigo alimento      Denominación ████████████████████

% Sustancia Seca ██████

% sobre SUSTANCIA SECA

- Proteina Bruta	██████
- Proteina Digestible	██████
- Proteina del N.N.P.	██████
- Fibra	██████
F.f.	██████

UFL	██████
ISS-20	██████
Pta/Kg	██████
Máximo dia (Kg)	██████
Cálcio	██████
Fósforo	██████

< ALTAS >  
Cereal  
ABCDEFGHIH

[Ca]=[P]= g/Kg

Pulse <ESC> para retroceder

Figura 2.1

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:29:15
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.1C - ( Barcelona Mayo 1987 )		

MENU 0.3 : RACION

---

- 1 . . . . Datos generales
- 2 . . . . Ingredientes
- 3 . . . . Cálculo de la Ración
- 4 . . . . Resultados
- 5 . . . . Análisis Post-Optimal

0 . . . . Finalizar

Opción elegida 0

! Pulse un nro de 0 a 5 !

Figura 3.0

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:30:14
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.1C - ( Barcelona Mayo 1987 )		

Granja TEST                      Cliente

Lit/dia 25	Lactación :
% Grasa 3.5	Inicio o Plena I
Peso m. 580	Litros reserva 0 ( <= 20% )

¿ Es correcto ? (S/N)
-----------------------

**Figura 3.1**

	Tipo	Cod.	Descripción	Pta/kg	Max.	(M/F)	Kg
ALIMENTOS							
RACION	P	114	LACTG.14	36			
	P	220	LACTG.TOP20	43			
	C	450	TRIGO	25			
	C	600	CEBADA CERVEC.	31			
	C	800	AVENA	25			
	FG	E01	ENS.LEGUMGRAM1	6	37.23	M	
	FG	E31	ENSIL HIERBA 1	5	39.24	M	
	FG	P45	PAJA TRIGO	4	5	M	
	FG	V11	VERDE SUDANI	5	6	F	
	FG	V98	COLES	2	15	M	
	FG	V21	VERDE ALFALFA1	5	75.22	M	
	FG	V31	VERDE PASTO1	3	85.25	M	
	FS	I20	PUL.REMOL.FR.PR	6	20	M	
	FS	S10	ENDIVIAS	1.5	20	M	
	FS	S30	PULPA ACEITUNA	4.4	4	M	
	M	400	MINERAL.COMPLEX	53			

Nro: 16

1 FG 2 F6C 3 FS 4 F5C 5 C 6 CC 7 M 8 MC 9 P 10 FIN

Figura 3.2

05-01-1987	RACION OPTIMA VACAS	HORA 12:35:12
(c) Gallina Blanca Purina - Versión C2.1C - ( Barcelona Mayo 1987 )		

CALCULANDO LA RACION

Espere por favor...

IT : 21

**Figura 3.3**

	Tipo	Cod.	Descripción	Pta/kg	Max.	(M/F)	Kg
ALIMENTOS							
RACION	P	114	LACTG.14	36.0			2.0
	P	220	LACTG.TOP20	43.0			1.1
	C	450	TRIGO	25.0			1.3
	C	600	CEBADA CERVEC.	31.0			
	C	800	AVENA	25.0			
	FG	E01	ENS.LEGUMGRAM1	6.0	37.23	M	17.3
	FG	E31	ENSIL HIERBA 1	5.0	39.24	M	
Coste:	FG	P45	PAJA TRIGO	4.0	5.00	M	
367.22	FG	V11	VERDE SUDAN1	5.0	6.00	F	6.0
	FG	V98	COLES	2.0	15.00	M	15.0
	FG	V21	VERDE ALFALFA1	5.0	75.22	M	
	FG	V31	VERDE PASTO1	3.0	85.25	M	4.6
	FS	I20	PUL.REMOL.FR.PR	6.0	20.00	M	
	FS	S10	ENDIVIAS	1.5	20.00	M	20.0
	FS	S30	PULPA ACEITUNA	4.4	4.00	M	
	M	400	MINERAL.COMPLEX	53.0			0.1

Figura 3.4

SOLUCION POR REDONDEO

Ptas : 364.8	Ptas/l. : 14.6
Litros aporte forraje	
- Proteina bruta:	16.7
- Energia	: 14.3

RESTRICCIONES

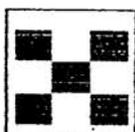
Sustancia seca	16.68	<=	16.68
Capacidad estomago	1.00	<=	1.00
N.N.P.	58.48	<=	358.00
Fibra (E.F.: 14.21)	19.38	>=	15.00
Forraje	12.67	>=	5.80
Proteina bruta	2432.55	>=	2448.77
Energia	15.12	>=	15.09
Calcio	129.86	>=	131.93
Fosforo	71.77	>=	65.41
Calcio/Fosforo	1.81	>=	.8
Calcio/Fosforo	1.81	<=	4

Tip Cod Descripción Kg.

P	114	LACTG.14	2.0
P	220	LACTG.TOP20	1.0
C	450	TRIGO	1.5
C	600	CEBADA CERVEC.	
C	800	AVENA	
FG	E01	ENS.LEGUMGRAM1	17.0
FG	E31	ENSIL HIERBA 1	
FG	P45	PAJA TRIGO	
FG	V11	VERDE SUDANI	6.0
FG	V98	COLES	15.0
FG	V21	VERDE ALFALFA1	
FG	V31	VERDE PASTO1	5.0
FS	I20	PUL.REMOL.FR.PR	
FS	S10	ENDIVIAS	20.0
FS	S30	PULPA ACEITUNA	
M	400	MINERAL.COMPLEX	0.1

75.3 % de Humedad. Racion con excesiva humedad. Riesgo de pobre consumo  
Impresión de informe(s) ? (1/2/N)

Figura 3.5



# GALLINA BLANCA PURINA

## Servicio a Clientes

### RACION OPTIMA PARA VACAS

Granja : TEST

Fecha : 05-01-1987

Producción promedio: 25 lit/día

Lactación : Inicio

% grasa : 3.5

% reserva : 0.00 lit

Peso medio vacas : 580 kg

### RACION VOLUMEN:

Codigo	Descripción	Pts/kg	Lim	M/F	kg	% racion
E01	ENS.LEGUMGRAM1	6.00	37	M	18.0	36.4
E31	ENSIL HIERBA 1	5.00	39	M	1.0	1.6
V11	VERDE SUDANI	5.00	6	F	6.0	5.8
V98	COLES	2.00	15	M	15.0	15.3
S10	ENDIVIAS	1.50	20	M	20.0	16.8

### CONCENTRADOS:

Codigo	Descripción	Pts/kg	kg	% racion
114	LACTG.14	36.00	2.0	11.1
220	LACTG.TOP20	43.00	1.0	5.7
450	TRIGO	25.00	1.5	6.7
400	MINERAL.COMPLE	53.00	0.1	0.6

### CARACTERISTICAS BASICAS DE LA RACION

Coste : 360.8 Pts

Coste por litro: 14.4 Pts/lit

Sustancia seca : 16.5 kg

Proteína bruta : 2414.0 gr

% Fibra bruta : 19.5

Energía : 15 UFL

Calcio : 129 gr

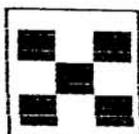
Fósforo : 71 gr

Ca/P : 1.8

Forraje : 13 kg s.s.

La ración propuesta resultará equilibrada únicamente si se utilizan los nutrimentos y programa G.B.P. y se suministra MINERALINA COMPLEX a voluntad.

Figura 3.6



# GALLINA BLANCA PURINA

Servicio a Clientes

## INFORME COMPLEMENTARIO

Granja : TEST

Fecha : 05-01-1987

### RACION VOLUMEN:

Codigo	Descripción	Pts/kg	Lim	M/F	kg	% racion
E01	ENS.LEGUMGRAM1	6.00	37	M	18.0	36.4
E31	ENSIL HIERBA 1	5.00	39	M	1.0	1.6
V11	VERDE SUDAN1	5.00	6	F	6.0	5.8
V98	COLES	2.00	15	M	15.0	15.3
S10	ENDIVIAS	1.50	20	M	20.0	16.8

La ración de volumen propuesta cubre las siguientes producciones de leche al 3.5 % de grasa, además de las necesidades de mantenimiento:

- Por su contenido en proteína 16.4 litros
- Por su contenido en U.F.L. 13.9 litros

### NOTA :

La ración total, forrajes más concentrados, contiene 74.4 % de humedad. Humedades superiores al 40-50 % pueden ocasionar consumos inferiores a los previstos.

Figura 3.7

ANALISIS POST-OPTIMO

n T Cod

ALIMENTO n Tipo Cod Descripcion

Seleccion	1	FS	S30	PULPA ACEITUNA
-----------	---	----	-----	----------------

1	FS	S30
2	FG	E31
3	FS	I20
4	FG	P45
5	FG	V21

RESTRICCIONES V.ant. L.inf. V.act. L.sup. Alimento kg

Sust.seca	89.00	NE	89	NE	FG V31	0.1	6
Cap.estmg	10.00	66.32	10.00	SLS	P 114	0.6	7
N.N.P.	0.00	NE	0.00	NE	Ninguno	0.0	8
Fibra	28.00	NE	28.00	NE	Ninguno	0.0	9
Forraje	89.00	NE	89.00	NE	Ninguno	0.0	10
Prot.bruta	10.00	38.25	10.00	SLS	FG E01	0.6	11
Energia	0.38	0.65	0.38	SLS	FG V31	1.4	12
Calcio	3.80	24.02	3.80	SLS	Ninguno	0.4	13
Fósforo	4.40	NE	4.40	NE	Ninguno	0.0	14
PRECIO	4.40	SLI	4.40	-4.90	P 114	1.1	15

ESC para salir

Figura 3.8

ANALISIS POST-OPTIMO

n T Cod

ALIMENTO	n	Tipo	Cod	Descripcion
Seleccion	2	FG	E31	ENSIL HIERBA 1

1	FS	S30
2	FG	E31
3	FS	I20
4	FG	P45
5	FG	V21

RESTRICCIONES	V.ant.	L.inf.	V.act.	L.sup.	Alimento	kg	
Sust.seca	28.00	NE	28.00	NE	FG V31	0.6	6
Cap.estag	11.50	17.69	11.50	SLS	P 114	7.7	7
N.N.P.	0.00	NE	0.00	NE	Ninguno	0.0	8
Fibra	29.00	NE	29.00	NE	Ninguno	0.0	9
							10
							11
							12
Forraje	28.00	NE	28.00	NE	Ninguno	0.0	13
Prot.bruta	15.00	25.27	15.00	SLS	P 220	7.4	14
Energia	0.76	0.86	0.76	SLS	FG V31	1.3	15
Calcio	6.50	13.85	6.50	SLS	FG V31	1.9	16
Fósforo	3.50	NE	3.50	NE	Ninguno	0.0	17
							18
PRECIO	5.00	SLI	5.00	3.94	FG V31	5.0	19

ESC para salir

Figura 3.9

ANALISIS POST-OPTIMO

n T Cod

ALIMENTO n Tipo Cod Descripcion

Seleccion	2	FG	E31	ENSIL HIERBA 1
-----------	---	----	-----	----------------

1	FS	S30
2	FG	E31
3	FS	I20
4	FG	P45
5	FG	V21

RESTRICCIONES V.ant. L.inf. V.act. L.sup. Alimento kg

RESTRICCIONES	V.ant.	L.inf.	V.act.	L.sup.	Alimento	kg	
Sust.seca	28.00	NE	28.00	NE	FG V31	0.6	6
Cap.estog	11.50	17.69	11.50	SLS	P 114	7.7	7
N.N.P.	0.00	NE	0.00	NE	Ninguno	0.0	8
Fibra	29.00	NE	29.00	NE	Ninguno	0.0	9
Forraje	28.00	NE	28.00	NE	Ninguno	0.0	10
Prot.bruta	15.00	25.27	15.00	SLS	P 220	7.4	11
Energia	0.76	0.86	.9	SLS	FG V31	1.3	12
Calcio	6.50	13.85	6.50	SLS	FG V31	1.9	13
Fósforo	3.50	NE	3.50	NE	Ninguno	0.0	14
PRECIO	5.00	SLI	5.00	3.94	FG V31	5.0	15

!! Fuera del OPTIMO !!

Figura 3.10

ANALISIS POST-OPTIMO

n T Cod

ALIMENTO n Tipo Cod Descripcion

Seleccion	2	FG	E31	ENSIL HIERBA 1
-----------	---	----	-----	----------------

1	FS	S30
2	FG	E31
3	FS	I20
4	FG	P45
5	FG	V21

RESTRICCIONES V.ant. L.inf. V.act. L.sup. Alimento kg

Sust.seca	28.00	NE	28.00	NE	FG V31	0.6	6
Cap.estmg	11.50	17.69	11.50	SLS	P 114	7.7	7
N.N.P.	0.00	NE	0.00	NE	Ninguno	0.0	8
Fibra	29.00	NE	29.00	NE	Ninguno	0.0	9
							10
Forraje	28.00	NE	28.00	NE	Ninguno	0.0	11
Prot.bruta	15.00	25.27	15.00	SLS	P 220	7.4	12
Energia	0.76	0.86	.9	SLS	FG V31	1.3	13
Calcio	6.50	13.85	6.50	SLS	FG V31	1.9	14
Fósforo	3.50	NE	3.50	NE	Ninguno	0.0	15
							16
PRECIO	5.00	SLI	5.00	3.94	FG V31	5.0	17
							18
							19

ATENCION : En estos momentos puede reoptimizar y continuar el proceso con la nueva solucion del P.L. (Reoptimizar / Seguir )

Figura 3.11

A N E X O - 1 : Informe complementario

INDICE : PROGRAMA R.O.V. ( Informe complementario)

---

	Pg.
1. INTRODUCCION .....	2
2. DESCRIPCION DEL MODELO .....	3
2.1. Parámetros de entrada del modelo .....	3
2.2. Formulación del modelo .....	5
2.3. Solución del modelo .....	6
3. ANALISIS POST-OPTIMO .....	7
3.1. Generalidades .....	7
3.2. Consideraciones teóricas .....	7
3.2.1. Cálculo de límites .....	8
3.2.2. Determinación del valor de entrada a la base y de la variable expulsada .....	9

## R E S U M E N

---

### RACIONAMIENTO PARA EL VACUNO DE LECHE MEDIANTE LA PROGRAMACION LINEAL. ( Informe complementario programa R.O.V.)

Se describe un modelo de programación lineal para la optimización de la ración de vacuno de leche teniendo en cuenta las características nutricionales de los alimentos que pueden intervenir en la dieta, la producción de leche solicitada, el % de grasa de la leche y el peso del animal, así como el estado de lactación del mismo.

Se describe también el análisis post-óptimo realizado sobre las características de los alimentos que, no formando parte de la dieta óptima calculada, podrían intervenir en ella tras la modificación de aquéllas.

PALABRAS CLAVE : Programción Lineal, Ración, Vacuno de Leche

Barcelona 01/06/87

## 1. INTRODUCCION

Se describe un modelo de programación lineal para el racionamiento de vacuno de leche (Implementación informática: Programa ROV).

El objetivo del modelo es calcular la dieta óptima a partir de un grupo de alimentos candidatos a formar parte de la ración y teniendo en cuenta solicitudes referentes a la cantidad y calidad del producto a obtener, parámetros característicos propios del animal que ingeriría la ración y las cualidades de los alimentos.

Dentro del marco en estudio consideraremos ración óptima aquella que cumpla los requisitos que se expresan seguidamente :

- La ración debe cubrir todas las necesidades biológicas nutricionales del animal, tales como :
  - Aporte proteínico suficiente
  - Aporte energético suficiente
  - Aporte en minerales suficiente
  - Aporte de sustancia seca en forrajes suficiente
- La ración no debe sobrepasar los límites fisiológicos permitidos, tales como:
  - Cantidad máxima de sustancia seca que puede ingerir la vaca
  - Capacidad de estómago del animal.
  - Cantidad de nitrógeno no proteico que pueda considerarse tóxico.
- La ración debe ser lo más económica posible teniendo en cuenta los alimentos candidatos a formar parte de ella.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Se describe seguidamente el conjunto de parámetros de entrada del modelo, los cálculos previos que se realizan para la generación del programa lineal, el planteo de las restricciones y función objetivo, así como las salidas obtenidas por el modelo antes de la realización del análisis post-óptimo.

### 2.1. Parámetros de entrada del modelo.

Para realizar el planteo del programa lineal, partiremos de un conjunto de parámetros que tipificaremos seguidamente:

#### Parámetros referentes a los alimentos

- C(k) : Coste de un Kg del alimento "k" (Pta/Kg)
- PSS(k) : % de sustancia seca del alimento "k" (ad)
- PB(k) : % de proteína bruta del alimento (k) (ad)
- NNP(k) : % de nitrógeno no proteico por Kg de sustancia seca del alimento "k" (ad)
- UFL(k) : Unidades forrajeras de leche por Kg de sustancia seca del alimento "k" (ufl/Kg)
- ISS20(k) : Factor ISS-20 del alimento "k" (Kg). Es una medida de la máxima cantidad de un alimento forraje que puede ingerir un animal.
- Fi(k) : % de fibra por Kg de sustancia seca del alimento "k" (ad).
- PNC(k) : Factor de equilibrado de dieta pienso-cereal para el alimento "k" (ad).
- CA(k) : Gramos de calcio por Kg de sustancia seca del alimento "k" (g/Kg).
- PH(k) : Gramos de fósforo por Kg de sustancia seca del alimento "k" (g/Kg).

#### Parámetros referentes al animal y al producto.

- P : Peso medio de la vaca (Kg)
- L : Litros de leche a extraer del animal (l)
- G : % de grasa de la leche a extraer (ad)
- IPL : Estado de lactación de la vaca (Inicio -I-, Plena -P-)
- LR : Litros a partir de las reservas del animal (l)

#### Parámetros derivados y restrictivos.

- L4 : Litros de leche al 4% de grasa (l)  
(  $L4 = (0.15 * G + 0.4) * L$  )
- QP : Máximo de Kg de sustancia seca que puede ingerir el animal en estado de plena lactación (Kg).  
(  $QP = 0.02 * P + 0.3 * L4$  )

- QI : Máximo de Kg de sustancia seca que puede ingerir el animal en estado de inicio de lactación (Kg).  
 (  $QI=0.9*QP$  )
- PBMIN : Mínimo de gramos de proteína bruta que debe ingerir el animal.  
 (  $PBMIN=0.833*P+85*L4$  )
- NNPMAX : Máximo de gramos de nitrógeno no proteico que puede ingerir el animal. ( 358 g )
- UFLO : Mínimo de energía necesaria para el mantenimiento de un animal de 600 Kg de peso (ufl)  
 si  $L4-LR < 25$  ent.  $UFLO=9.3+0.45*(L4-LR-10)$   
 si  $L4-LR \geq 25$  ent.  $UFLO=16.+0.50*(L4-LR-25)$
- UFLMIN : Mínimo de energía necesaria para el mantenimiento de un animal (corregida por el peso) (ufl).  
 $UFLMIN=UFLO+0.006*(P-600)$
- KSSMIN : Mínimo de Kgs de sustancia seca a partir de los forrjes que debe ingerir un animal (Kg).  
 $KSSMIN=P/100$
- KSSLO(k) : Máximo de Kg de sustancia seca del forraje "k" que puede ingerir un animal (Kg).  
 $KSSLO(k)=ISS20(k)+(P-600)/100$
- KSSLM(k) : Máximo de Kg de sustancia seca del forraje "k" que puede ingerir un animal corregido por la extracción de leche (Kg).  
 si  $20 \geq L4$  ent.  $KSSLM(k)=KSSLO(k)$   
 si  $20 < L4 < 25$  ent.  $KSSLM(k)=KSSLO(k)-0.10*(L4-20)$   
 si  $25 \geq L4$  ent.  $KSSLM(k)=KSSLO(k)-.15*(L4-25)-0.5$
- FDE(k) : Fracción de estómago del forraje "k". (1/Kg)  
 $FDE(k)=1/KSSLM(k)$
- TCFMINI : Porcentaje de fibra mínima que debe contener una dieta en caso que el animal se encuentre en estado de inicio de lactación ( 15 % ).
- TCFMINP : Porcentaje de fibra mínima que debe contener una dieta en caso que el animal se encuentre en estado de plena lactación ( 16.5 % ).
- CALMIN : Mínimo de calcio necesarios para el mantenimiento (g)  
 $CALMIN=0.06*P+4.2*L4$

FOSMIN : Mínimo de gr de fósforo necesarios para el mantenimiento satisfactorio del animal (gr).

## 2.2. Formulación del modelo

Variables :  $X(k)$  = Kg de sustancia seca del alimento "k"

Función objetivo:

Minimización de costes : [MIN]  $Z = \sum C(k)/PSS(k)*X(k)$  para todo "k"

### Restricciones

- Sustancia seca :  $\sum X(k) \leq Q\delta$  {  $\delta=I,P$  } para todo "k"
- Proteína bruta :  $\sum 10*PB(k)*X(k) \geq PBMIN$  para todo "k"
- Proteína N.N.P. :  $\sum NNP(k)*X(k) \leq NNPMAX$  para todo "k"
- Energía :  $\sum UFL(k)*X(k) \geq UFLMIN$  para todo "k"
- Forraje :  $\sum X(k) \geq KSSMIN$  para forrajes
- Capacidad de estómago :  $\sum FDE(k)*X(k) \leq 1$  para forrajes
- Fibra :  $\frac{(\sum Fi(k)*X(k))}{(\sum X(k))} \geq TCFMIN$  para todo "k"
- PNC :  $\sum PNC(k)*X(k) \leq 0$  para todo "k"
- Calcio mínimo :  $\sum CA(k)*X(k) \geq CALMIN$  para todo "k"
- Fósforo mínimo :  $\sum PH(k)*X(k) \geq FOSMIN$  para todo "k"
- Calcio/Fósforo :  $0.8 \leq CAR/PHR \leq 4$   
 con  $CAR = \sum CA(k)*X(k)$  para todo "k"  
 $PHR = \sum PH(k)*X(k)$  para todo "k"
- Limitaciones de forrajes :  $X(k) \leq KSSLM(k)$  para todo forraje

### 2.3. Solución del modelo.

Una vez seleccionados los alimentos candidatos para formar parte de la dieta se procede a la generación de la matriz del programa lineal (p.l. en lo que sigue).

A la vista de la formulación expuesta en el apartado 2.2. podemos decir que las dimensiones máximas del p.l. son de :

- 19 variables (alimentos)
- 31 restricciones (12 de ellas fijas)

El tiempo de ejecución de un p.l. de estas características, con el SIMPLEX que se ha utilizado y para un ordenador IBM-PC XT es del orden de 1.5 min, en caso que exista solución factible.

Se obtendrán como resultados los Kg de alimentos que intervienen en la dieta después de haberse corregido la solución, dada por el p.l., por los correspondientes porcentajes de sustancia seca.

En memoria del ordenador se conservan los datos correspondientes a la matriz del p.l., así como la matriz resultante de la última iteración del simplex para proceder más tarde a posibles reoptimizaciones.

### 3. ANALISIS POST-OPTIMO

#### 3.1. Generalidades

El análisis post-óptimo que se ha realizado está centrado exclusivamente en el estudio de las características de los alimentos que formando parte del grupo de ingredientes candidatos a formar parte de la ración no han sido seleccionados por el p.l.

Las características estudiadas para un alimento no básico son :

CARACTERISTICA -----	RESTRICCIÓN(S) -----
0 - Coste	función objetivo (FO)
1 - % de sustancia seca (s.s.)	función objetivo
2 - ISS-20	Capacidad de estómago
3 - N.N.P.	res. N.N.P.
4 - % de fibra	res. fibra
5 - P.N.C.	res. P.N.C.
6 - % de proteína bruta	res. Prot. bruta
7 - U.F.L. del alimento	res. energía
8 - gr de Ca por Kg de s.s.	res. calcio mínimo calcio/fósforo
9 - gr de P por Kg de s.s.	res. fósforo mínimo calcio/fósforo

NOTA : Serán alimentos no básicos aquellos que no formen parte de la base del p.l. una vez hallada la solución.

#### 3.2. Consideraciones teóricas

Consideraremos un P.L. de la forma :

$$[\text{MIN}] Z = \sum C(j) * X(j) \quad \text{para todo "j"}$$

Sujeto a :

$$\sum a(i, j) * X(j) \leq b(i) \quad i=1, 2, \dots, G1$$

$$\sum a(i, j) * X(j) = b(i) \quad i=G1+1, \dots, G1+G2$$

$$\sum a(i, j) * X(j) \geq b(i) \quad i=G1+G2+1, \dots, M1$$

$$\text{con } M1 = G1 + G2 + G3$$

Sea "s" un alimento que no forme parte de la dieta.

Una vez hallada la solución debe cumplirse :

$$* \\ X(s) = 0 \quad \text{solución en el primal}$$

$$* \\ \sum a(i,s) * U(i) \leq C(s)$$

donde :

- \*  
-  $X(s)$  : Valor de  $X(s)$  en la solución hallada
- \*  
-  $U(i)$  : Valor de la variable del dual correspondiente a la restricción "i" en la solución hallada.

para que el alimento "s" pueda formar parte de la ración debería cumplirse :

$$* \\ \sum a(i,s) * U(i) \geq C(s) \quad \text{para toda res. "i"}$$

### 3.2.1. Cálculo de límites

Fijamos el análisis en un coeficiente determinado, sea  $a(k,s)$  dicho coeficiente. Buscaremos los límites inferior (LMI) y superior (LMS) entre los que  $a(k,s)$  debería estar comprendido para que el alimento "s" formara parte de la ración.

En tales condiciones pueden darse los casos siguientes :

$$* \\ (i) \quad \sum a(i,s) * U(i) = C(s) \quad \text{para toda res. "i"}$$

Estamos en el caso de óptimo múltiple, por tanto el alimento "s" puede entrar en la base con los valores actuales de  $a(i,s)$ .

$$* \\ \text{Si } U(k) = 0 \text{ entonces } LMI = -\infty \quad ; \quad LMS = +\infty$$

$$* \\ \text{Si } U(k) > 0 \text{ entonces } LMI = a(k,s) \quad ; \quad LMS = +\infty$$

$$* \\ \text{Si } U(k) < 0 \text{ entonces } LMS = a(k,s) \quad ; \quad LMI = -\infty$$

$$(ii) \quad \text{Sea } d(k,s) = C(s) - \sum_{i=1}^n a(i,s) * U(i) \leq a(k,s) * U(k)$$

Se podrían dar la siguiente casuística - sólo posible en la implementación informática al admitir una cierta tolerancia en el p.l. -:

- 1 -  $U(k) = 0$  y  $d(k,s) > 0$   
Imposible ya que por hipótesis de óptimo debe de ser  $d(k,s) \leq 0$
- 2 -  $U(k) = 0$  y  $d(k,s) < 0$   
Indicaría que la solución es posible pero no óptima en contra de la hipótesis de partida.
- 3 -  $U(k) = 0$  y  $d(k,s) = 0$   
Véase caso de óptimo múltiple (i).

$$(iii) \quad U(k) > 0$$

Correspondería a una restricción " $\geq$ " y los límites :

$$LMI = d(k,s) / U(k) \quad ; \quad LMS = +\infty$$

$$(iv) \quad U(k) < 0$$

Correspondería a una restricción " $\leq$ " y los límites :

$$LMS = d(k,s) / U(k) \quad ; \quad LMI = -\infty$$

El tratamiento para los coeficientes de la función objetivo es de gran sencillez. En efecto, los coeficientes del p.l. planteado se obtienen mediante la división del coste del alimento por el porcentaje de sustancia seca, ello quiere decir que se afectan a dos características a la vez en el presente análisis.

De una parte podemos obtener el coeficiente límite para  $C(s)$  de la forma :

$$C(s) = \sum_{i=1}^n a(i,s) * U(i) \quad \text{para toda res. "i"}$$

De otra parte sabemos que :

$$C(s) = c(s) / pps(s)$$

donde :

$c(s)$  : Coste del alimento "s"  
 $pps(s)$  : Porcentaje de sustancia seca del alimento "s"

en consecuencia la obtención del coste límite y del porcentaje de sustancia seca límite resultará inmediata.

$$c(s) = C(s) * pss(s)$$

$$pss(s) = c(s) / C(s)$$

### 3.2.2. Determinación del valor de entrada a la base y de la variable expulsada

Una vez determinados los límites inferior y superior de una característica "k" del alimento "s", nos hallamos en condiciones de determinar el valor con el que entraría dicho alimento a formar parte de la ración en detrimento de otra variable (en algunas ocasiones puede no corresponder a un alimento) que sería expulsada de la base del p.l.

Para ello precisaremos de la matriz  $B^{-1}$  del p.l. y de la solución del primal representada por el vector  $b(j)$ , así como de la matriz A, de elementos  $a(i, j)$ , que conserva los datos del p.l.

En primer lugar calcularemos la columna de coeficientes del alimento "s" (en la última tabla del símplex) resultante después de la transformación que debe sufrir tras la modificación de un coeficiente del problema.

Supongamos que es  $\hat{a}(s)$  la columna mencionada anteriormente.

Su obtención se realiza de la forma :

$$\hat{a}(s) = B^{-1} * a(s) \quad \text{para toda res. "i"}$$

donde el vector  $a(s)$  contiene los valores de las características del alimento "s" tras haber fijado el coeficiente  $a(k, s)$  al valor límite calculado según lo expuesto en el apartado anterior.

Una vez hallada la columna transformada estamos en condiciones de determinar el valor con que el alimento "s" entraría a formar parte de la ración, sea  $\theta$  este valor.

Se obtiene de la forma :

$$\theta = b(r) / \hat{a}(r, s) = \text{MIN} [ b(i) / \hat{a}(i, s) ] \quad \text{para toda } \hat{a}(i, s) > 0$$

Además el valor de "r" nos proporciona la variable que es expulsada (en su caso) al quedar ésta localizada en la fila "r" de la última tabla del símplex.