

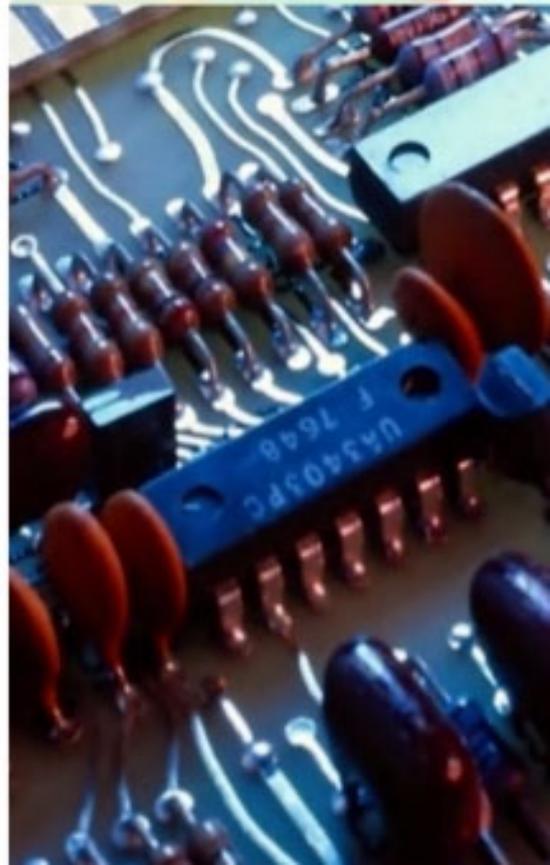
Manuel Fuentes Cabanes



# LA EMPRESA AGRARIA, SU PLANIFICACIÓN MEDIANTE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA



Analistas  
Económicos  
de Andalucía



---

## Indice

	Págs.
Prólogo .....	13
Introducción.....	25
<b>PARTE I:</b>	
<b>LA EMPRESA AGRARIA: CONCEPTO, CARACTERÍSTICAS Y OBJETIVOS .....</b>	<b>41</b>
<b>CAPÍTULO I. CONCEPTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA AGRARIA .....</b>	<b>43</b>
I.1. Concepto de empresa agraria .....	45
I.2. Características de la empresa agraria.....	47
<b>CAPITULO II. LOS OBJETIVOS DE LA EMPRESA AGRARIA Y LA APTITUD DEL EMPRE-</b>	
<b>SARIO ANTE EL RIESGO .....</b>	<b>63</b>
II.1. Los objetivos de la empresa: una revisión.....	65
II.2. La función objetivo en la empresa agraria.....	68

**PARTE II:**

**MODELIZACIÓN DE LAS DECISIONES ECONÓMICO-FINANCIERAS A CORTO PLAZO EN LA EMPRESA AGRARIA..... 79**

**CAPÍTULO III. La función financiera de la empresa agraria en el marco del corto plazo:  
contenido y planificación..... 81**

III.1. La función financiera en la empresa: evolución en el tiempo y situación actual..... 83

III.2. Planificación financiera a corto plazo en la empresa agraria ..... 85

**CAPÍTULO IV. Modelización de las decisiones en la empresa agraria: del análisis marginal clásico a la programación matemática..... 93**

IV.1. Introducción: el papel de los modelos en la planificación empresarial ..... 95

IV.2. El análisis marginal clásico. Sus insuficiencias..... 99

IV.3. El enfoque de programación matemática ..... 111

**CAPÍTULO V. El modelo de planificación propuesto: estructura matemática y análisis sucinto de variables y restricciones..... 121**

V.1. Programación matemática: el paradigma de la programación por metas..... 123

Estructura matemática del modelo ..... 124

V.2. Las variables de programación ..... 126

V.3. Las relaciones estructurales o restricciones: primera aproximación ..... 142

V.4. Principios generales y directrices en la modelización ..... 147

V.5. Esquema gráfico del modelo y proceso general de resolución..... 180

**PARTE III:**

**EL MODELO EN DETALLE: CONFIGURACIÓN DE LAS RELACIONES ESTRUCTURALES (restricciones rígidas y restricciones-meta) Y LA FUNCIÓN OBJETIVO ..... 187**

**CAPÍTULO VI. Modelización de las decisiones relativas a la producción vegetal: aspectos técnicos, económicos y comerciales ..... 189**

VI.1. Utilización del suelo por los cultivos: ocupación, sucesión y frecuencia .... 191

VI.2. Asignación del agua de riego disponible..... 197

VI.3. Consumo de factores no almacenables o asimilados ..... 199

VI.4. Consumo de factores almacenables ..... 204

VI.5. Gestión de los flujos generados de productos vegetales..... 209

VI.6. Cuantificación de stocks finales y de ingresos del período en producción vegetal ..... 218

APÉNDICE VI.A. .... 225

APÉNDICE VI.B. .... 233

**CAPÍTULO VII. Modelización de las decisiones en producción animal: aspectos técnicos y económicos..... 241**

VII.1. Las actividades ganaderas: clasificación y características ..... 243

VII.2. Modelización del flujo de productos liberados por la ganadería de renta ... 244

VII.3. Restricciones de locales en ganado de ceba ..... 253

VII.4. Restricciones relativas a la alimentación del ganado y al consumo de otros factores variables ..... 255

VII.5. Restricciones relativas a la cuantificación de ingresos y valores de balance en producción animal ..... 264

APÉNDICE VII.A. .... 269

CAPÍTULO VIII. El empleo de la mano de obra y de la maquinaria autopropulsada. Medición de costes fijo y de ingresos extraordinarios. Otros condicionantes de la decisión.....	281
VIII.1. El empleo de la mano de obra y de la maquinaria autopropulsada.....	283
VIII.2. Restricciones que recogen la presencia de ciertos condicionantes que acotan el nivel de desarrollo de los procesos.....	293
VIII.3. Medición de costes fijos y de ingresos extraordinarios.....	295
APÉNDICE VIII.A. ....	297
CAPÍTULO IX. Mantenimiento del equilibrio financiero de la empresa a corto plazo. El beneficio del período y otras magnitudes contables.....	303
IX.1. Mantenimiento del equilibrio financiero a corto plazo: administración de la tesorería.....	305
IX.2. El beneficio del período y su distribución.....	312
IX.3. Relaciones que determinan valores de otras partidas del balance de situación final.....	315
APÉNDICE IX.A. ....	321
CAPÍTULO X. Las restricciones-meta y la función objetivo en programación por metas...	337
X.1. Configuración de las restricciones-meta: objetivos a satisfacer y niveles de aspiración.....	339
X.2. La función objetivo en programación por metas.....	365
APÉNDICE X.A.1.....	373
APÉNDICE X.A.2.....	381
CAPÍTULO XI. Aplicación de la metodología general a un caso concreto.....	389
XI.1. Identificación y caracterización sucinta del caso de aplicación.....	391

XI.2. Matrices de programación y función objetivo o de logro .....	404
XI.3. Solución encontrada en planificación bajo hipótesis régimen permanente..	407
XI.4. Soluciones encontradas en planificación del período venidero inmediato ...	419
XI.5. Análisis de sensibilidad.....	429
 CAPÍTULO XII. A manera de conclusión.....	 441
XII.1. La investigación realizada: justificación y síntesis.....	443
XII.2. Rasgos fundamentales del modelo de decisión.....	446
XII.3. Limitaciones de la programación matemática monoperiódica en planifi- cación agraria.....	450
XII.4. Consideraciones finales .....	451
 GLOSARIO .....	 453
 BIBLIOGRAFÍA .....	 463



## PRÓLOGO

Tengo la satisfacción de responder gustosamente a la petición de prologar la obra del Dr. Manuel Cabanes Fuentes *La empresa agraria y su planificación mediante programación matemática*. Esta magnífica contribución es, en primer lugar, una mezcla de arte, ciencia y experiencia bien amalgamada por el Dr. Cabanes, quien a la sazón fuera alumno mío de *Economía de la Empresa Agraria* en los primeros años del discurrir de la Escuela Superior de Técnica Empresarial Agrícola (ETEA). Es, en segundo lugar, el producto de una investigación, dejada reposar en las bodegas del tiempo para convertirse en gran solera, de quien en 1973 me sustituyera en la función docente en la institución y disciplina antes mencionadas. Es, en tercer lugar, la producción de un año exento de docencia en el que el autor ha conseguido embridar sus conocimientos técnicos del mundo agro-ganadero con las bases científicas, para lograr un gran producto final, recomendable a cualquier modelizador que desee diseñar los servomecanismos de una planificación temporal de la empresa agraria.

Esta petición de prólogo en los amenes del Siglo XX me retrotrae al año 1960, año en que terminé mis estudios de Ciencias

Veterinarias y cuando el profesor Dr. Jordano Barea<sup>1</sup> me incitara a iniciar mi formación investigadora en el campo de la programación matemática, aplicada a la optimización de los recursos de las fincas agrarias y a la formulación de piensos compuestos. Las posibilidades de expansión ganadera en la provincia de Córdoba fue el título ambicioso de mi tesis doctoral, en la que utilicé la programación matemática y el método simplex aplicados a la optimización de cultivos de secano y de regadío en dos explotaciones ganaderas cercanas a la ciudad de Córdoba<sup>2</sup>.

A los lectores del siglo XXI, que alborea, conviene recordarles que en aquellos años se contaba con una calculadora manual MONROE y que todo proceso de transformación de matrices y cálculo de nuevas bases se hacía pivotando y calculando durante horas y horas pequeños modelos con no más de diez o doce actividades y cuatro o seis restricciones.

Cuando en 1961 inicié estos estudios no había pasado mucho tiempo desde que G.B.Dantzig fuera el primero en proponer la *programación de una estructura lineal*<sup>3</sup>, que me sirviera prácticamente, diez años después, para utilizar este sofisticado método en la programación del uso eficiente de recursos de fincas agrarias cordobesas.

Es verdad que J. Von. Neuman y L. Kantorovich hicieron importantes contribuciones antes de 1947 a este campo<sup>4</sup>, pero

- 
1. El Dr. Diego Jordano Barea, catedrático de la Universidad de Córdoba, recibía a los alumnos en su disciplina de biología en la Facultad de Veterinaria. Fue un gran impulsor de capacidades investigadoras sobre bases científicas rigurosas y usos de los más avanzados métodos y procedimientos de investigación. A él le debo aquellas primeras incursiones en este mundo y su apoyo para ir a estudiar economía agraria a Estados Unidos de Norteamérica desde 1963-1965, años en que pocos españoles tuvieron la oportunidad de vivir tal experiencia.
  2. La tesis fue publicada por el entonces Departamento de Zootecnia, que luego fuera Instituto de Zootecnia del CSIC, centro mixto UCO-CSIC, desgraciadamente hoy desaparecido, bajo el título *Posibilidades de expansión ganadera en la región cordobesa, ajustadas mediante programación lineal*. Impresa en Imprenta Moderna de Córdoba, hoy también desaparecida.
  3. Dantzig, G. B. (1948), Programming in linear structure. Comptroller. USAF. Washington D.C. February.
  4. Neuman J. Von (1937), A model of general equilibrium. Review of Economic Studies 13(1)1945-6, traduciendo el trabajo Ergebnisse eines mathematischen Kolloquium, N 8 y Kantorovich L. V. 1939. Mathematical Method in the Organization and Planning of Production. Management Science, 1960-6 (4), pp. 366-422, traducido de su original escrito en Leningrado.

fue Dantzig quien junto a Wood aplicaron la programación matemática a la optimización de la logística de las fuerzas militares. Para aquella investigación acudimos no sólo al principio de descomposición de programas lineales, publicado en *Operations Research* en 1960 por Dantzing y Wolfe<sup>5</sup>, sino al gran trabajo de A. Charnes y W. Cooper<sup>6</sup>, quienes nos ayudaron a transponer su enfoque al diseño de mezclas de piensos compuestos para animales a coste mínimo. Tuve la suerte de que de la mano de Earl O. Heady, profesor en Arnes, IOWA, USA encontrara durante el desarrollo de mi investigación aplicaciones más dirigidas al mundo de la agricultura<sup>7</sup>.

Si nos detenemos a reflexionar sobre el éxito de la programación matemática aplicada al ámbito de la planificación de la empresa podemos constatar que lo ha logrado porque este enfoque ha venido a resolver la preocupación central de la teoría económica desde su nacimiento: *La eficiencia en la asignación de recursos escasos, elemento esencial en la teoría microeconómica moderna*; al fin y al cabo, significa ir tan lejos como sea posible en la satisfacción de deseos, disponiendo de una tecnología dada y unos recursos escasos. El concepto de eficiencia en este caso proviene del principio de optimalidad de Pareto, tan conocido por los economistas, que se refiere no sólo a la eficiencia productiva sino también asignativa en el seno de la economía, dentro de la cual juegan un papel importante los procesos productivos. La programación matemática fue capaz de abordar esta asignación de modo óptimo, bajo la hipótesis de rendimientos constantes de escala<sup>8</sup>, en conexión con los desarrollados por Dantzig<sup>9</sup>.

- 
5. Dantzig, G.B. y Wolfe, P. (1960), A decomposition principle for linear programs. *Operation Research* 8 (1), pp. 101-111.
  6. Charnes, A y Cooper, W y Mellon B. (1952), Blending aviation gasolines- a study in programming interdependent activities in a integrated oil company. *Econometrica* 20(2), 135-139.
  7. Heady E.O. (1957), *Economics of Agricultural Production and Resources Use*. Englewood Cliffs. Prentice-Hall.
  8. Véanse los trabajos de Koopmans, (T-1951), *Analysis of Production as an efficient combination of activities*. *Activity Analysis of Production and Allocation*: editado por T. Koopmans en una monografía de la Cowles Commission n°13 N.Y. Wiley Ch. 3-pp. 33-97.
  9. Véanse los trabajos de Dantzig G. B. (1951 a), The programming of interdependent activities en la misma monografía anterior, capítulo 2, pp. 19-32 y Dantzig G.B. (1951 b), Maximization of a linear function of variables subject to linear inequalities, también en el capítulo 21, pp 39-47 de la misma monografía.

Todo el trabajo del Dr. Cabanes Fuentes está en conexión con la teoría de la producción eficiente en términos de mercado (precios) y en términos de precios implícitos (también llamados precios sombra en economía y variables duales en el contexto de la programación lineal). Los precios de eficiencia o implícitos (sombra) nacen de la propia lógica de la maximización, cuando los conjuntos relevantes, son convexos y no nacen, como los precios implícitos, de instituciones tales como el mercado o la bolsa; es decir, que se puede llegar a la máxima eficiencia, utilizando métodos descentralizados en economía, como es el caso de la planificación de una unidad de decisión descentralizada, representada por la empresa.

Bajo la hipótesis de actividad y rendimientos de escala constantes los procesos de producción imaginados por el autor de este libro y descritos detalladamente y paso a paso pueden ser concebidos como un número finito de procesos básicos dentro de la empresa, que pueden ser replicados a escala. Los procesos básicos, actividades en la empresa, son controlados por el gerente, que es quien decide sobre el nivel a alcanzar por los mismos. Claro está que dicho gerente debe de conocer los coeficientes input-output de cada proceso y los límites en la disponibilidad de recursos. Por eso lo importante en la planificación de la empresa no es conocer sólo el nivel de producción de cada actividad sino los valores sombra de los precios o precios de eficiencia, que facilitan las variables duales, verdaderas guías en la toma de decisión de gerentes y de los tenedores de recursos escasos.

Conviene recordar que los modelos lineales de análisis de actividades, como los empleados por el autor de este libro, aceptan un sistema de precios compatibles con la tecnología dada, para los que los precios son positivos y en los que las actividades entran hasta agotar los recursos más eficientes en función de dicha tecnología y la relación de precios; es decir, parten de un enfoque estático. En los modelos no hay referencia a los gerentes que quieran elevar o rebajar los niveles de actividad que ellos controlan o a los tenedores de recursos que

quieran ajustar los precios de los mismos.

Esta dificultad, tanto de carácter dinámico como de carácter lineal, la salva el autor mediante descomposición de actividades y mediante programación por metas y en situaciones de indivisibilidad de recursos y actividades, mediante programación en números enteros. Si se dan rendimientos escalares crecientes en los procesos de producción generalmente es difícil encontrar una situación de equilibrio a medio plazo en el horizonte temporal de la empresa. Esta también puede ser una de las razones para aplicar la programación por metas. Una posibilidad de trabajar con rendimientos escalares crecientes no es sólo la de segmentar la producción en diferentes relaciones input-output sino la de utilizar precios no lineales<sup>10</sup>.

La obra aborda también la toma de decisiones bajo riesgo. El carácter estocástico de las producciones agrícolas ha permitido a muchos autores modelizar los sistemas de planificación de actividades tomando en consideración la variabilidad en el tiempo de los precios agrarios y de los rendimientos unitarios de cultivos y ganado explotado en régimen extensivo. A partir de 1965 se manifiesta una clara ansiedad por avanzar en esta línea de investigación, en parte debido a la selección de la cartera óptima de Markowitz<sup>11</sup>, que fue simplificada por Hazell sustituyendo la varianza por la desviación media absoluta, hasta llegar a tomar en consideración el carácter aleatorio de la disponibilidad de recursos, tras las extensiones de Charnes y Cooper<sup>12</sup>.

---

10. Véanse los trabajos de Heal, G. (1971), Planning prices and increasing returns. *Review of Economics Studies* 38, pp. 281-294; Brown, D, Heal, G y otros (1986), On a general existence theorem for marginal cost pricing equilibria. *Journal of Economic Theory* 38, pp. 11-119.

11. H. M. Markowitz publicó en (1959), su libro *Portfolio Selection. Efficient Diversification of Investment* en J. Wiley and Sons. Esta aportación impulsó el trabajo de la Universidad de Cambridge (U.K.) de Alistair Meade, quien aplicó dicho proceso de optimización a la selección de cultivos generando una serie de planes de producción en el espacio esperanza varianza (E-V) simultáneos al enfoque Maximin de McINERNEY y a los enfoques de HARDEKER, quien luego marchó a Nueva Zelanda. Traigo a colación estas referencias porque tuve ocasión de convivir con ellos y trabajar bajo la dirección del profesor Meade en la Unidad de Land Economic e la Universidad de Cambridge (U.K.).

12. Ver el trabajo de estos dos autores (1959), *Chance Constrained Programming* en el volumen 6 de *Management Science*.

La aportación fundamental del autor se encuentra en la parte III del libro, titulada *Configuración de las relaciones estructurales del modelo y la función objetivo*, en la que se representan las singularidades de la modelización de las producciones agrarias; las especificidades temporales de las producciones ganaderas diferenciando entre ganado de renta y ganado de engorde así como entre fases dentro de esta última clase de animales<sup>13</sup>, el empleo de mano de obra y maquinaria, la modelización del riesgo económico y sobre todo la incorporación del subsistema financiero y su representación, a través de algunas masas del balance y de sus relaciones respectivas respecto de la solvencia y de la rentabilidad financiera del referido subsistema.

El conflicto entre las posibles metas que aparecen en la función objetivo son perfectamente aclaradas ordenando las prioridades, siguiendo los trabajos de Carlos Romero y otros<sup>14</sup>, publicados desde 1984. La asignación eficiente en entornos distintos a los enfoques neoclásicos, como sucede cuando se producen externalidades en la producción o como cuando aparecen rendimientos de escala crecientes, no es tratada por el autor, pudiendo, por consiguiente, ser objeto de futuras reflexiones. Ambas cuestiones toman interés en estos momentos; por ejemplo, los fenómenos de contaminación en el caso de explotaciones intensivas de ganado o los fenómenos de degradación del pasto en explotaciones con relaciones elevadas de carga animal por hectárea son ejemplos típicos de

---

13. La revisión de este capítulo nos trae a colación nuestras aportaciones al diseño de mapas de precios de alimentos para el ganado, dentro de cuyos límites las raciones ofrecidas mantenían su composición y ofrecían el menor de los costes. El lector puede ver Rodríguez Alcaide, J.J. 1963 *Zonas de tolerancia para una zona de coste mínimo ante precios variables, obtenidos mediante programación lineal*. Revista Avances en alimentación animal (4), pp. 611-619 o un más amplio desarrollo en el libro del mismo autor; *Programación lineal aplicada a empresas e industrias agropecuarias* Editado por Fomento Social e impreso en Ediciones Aldecasa, Burgos (253 páginas).

14. Carlos Romero fue catedrático de economía de la Universidad de Córdoba desde 1977 hasta principios de la década de los años noventa. Ha publicado un libro junto a T. Rechman en el que compendia todos sus avances en el campo del análisis multicriterio, aplicado a decisiones agrarias, y entre ciertos métodos aparece el de programación por metas (Ver Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decision. Elsevier. Amsterdam). La programación compromiso buscando la satisfacción de objetivos múltiples ha sido desarrollada por el Dr. Francisco Amador Hidalgo en el mundo de la empresa agraria. Unos años antes a 1977 el Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Sevilla publicó un trabajo de Rodríguez Alcaide, J.J. sobre *Modelos de programación matemática por multiobjetivos* en Tabla Input-Output Y Cuentas Regionales: Teoría, métodos y aplicaciones. Especial referencia a Andalucía, pp. 667-688. Este trabajo sirvió de base para la simulación de escenarios de crecimiento de la economía andaluza a la vista de los planes 1983-1986 y 1987-1990, formulado bajo convenio entre IBM, la Universidad de Córdoba y la Consejería de Economía de la Junta de Andalucía.

externalidades.

No querría finalizar estas líneas sin poner de relieve que los enfoques de la programación lineal deben ser concebidos y enfocados como una generalización del modelo input-output de Leontieff con la única diferencia importante de la posibilidad de que las actividades puedan entrar a competir entre ellas, permitiendo procesos de producción alternativos, siendo la capacidad de producción de cada rama un input disponible en el periodo posterior a un output. De aquel primer modelo de Leontieff se han derivado múltiples enfoques para la economía a lo largo del tiempo en el marco del logro de un equilibrio general dinámico incorporando metas y compromisos.

Escribo estas últimas reflexiones por haber tenido la experiencia de haber integrado producciones, procedentes de planes de producción, decididos de modo descentralizado al nivel de explotación, en espacios superiores de carácter regional (lado de la oferta) y acopladas a las necesidades del consumidor (lado de la demanda)<sup>15</sup>.

Digamos, por último, que el prólogo, que sirve de introducción a la magnífica aportación del profesor Cabanes Fuentes, me ha permitido resucitar y revivir periodos ya lejanos de mi formación como investigador en ámbitos cercanos a los del autor. El periodo de docencia e investigación vivido en ETEA, en Córdoba, desde 1965 a 1973, lleno de queridas y bien recordadas experiencias, me sirvió para consolidar mi formación en teoría económica de la empresa y en la utilización de los métodos propios de la investigación operativa, como profesor en ambas disciplinas. Una de las líneas que me entusiasmó fue la de la optimización de procesos al nivel descentralizado.

Mi paso al Gabinete de Estudios del Polo de Desarrollo de Córdoba, me permitió entrar en el ámbito de los procesos de planificación y optimización al nivel centralizado. Sin dejar los modelos de carácter lineal, el bagaje y la independencia traída desde la empresa me permitió entender y avanzar rápidamente

---

15. Rodríguez Alcaide, J.J. y otros. (1968), Análisis interregional del sector económico vacuno, forraje, pienso. Archivos de Zootecnia 17, pp. 29-55 y Fundamentos económicos de las curvas discontinuas de la oferta: aplicación al sector vacuno de carne en España. Archivos de Zootecnia 17, pp. 289-304.

en un segundo campo de especialización: la economía cuantificada a partir de la construcción de tablas input-output y la modelización de dicha economía desde la estructura construida con el enfoque general de los modelos de Leontieff<sup>16</sup>. No hubiera podido haber impulsado esos estudios en el seno del Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Sevilla, de la que fui su coordinador científico desde su fundación hasta setiembre de 1977 sin el periodo de aprendizaje y formación que logré como profesor de ETEA, hoy Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Córdoba.

*Prologar este libro es volver a las raíces.*

Benalmádena 16 de julio de 2000  
*Festividad de la Virgen del Carmen*

**JOSÉ JAVIER RODRÍGUEZ ALCAIDE**  
*Catedrático de Economía de la Universidad de Córdoba*

---

16. El profesor Basilio Leontieff, recientemente fallecido, fue nombrado Doctor honoris causa por la Universidad de Córdoba, investido por el Rector Vicente Colomer, por sus relaciones y colaboraciones en los estudios que se realizaran en la Universidad de Córdoba sobre el análisis y modelo input-output.



# INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos cuarenta años, la agricultura española ha conocido un periodo de aceleradas modificaciones marcado por profundos cambios tecnológicos, económicos y sociales, que ha originado una mutación decisiva de las bases de la misma. La causa desencadenante hay que buscarla en el proceso de crecimiento económico que se inicia en España a finales de los años cincuenta, que trae como consecuencia inmediata la crisis de la denominada *agricultura tradicional*.

La superabundancia de mano de obra, el escaso nivel tecnológico, la baja relación capital/trabajo, el muy reducido nivel de mecanización y la coexistencia de la pequeña y gran empresa son características básicas de esa agricultura tradicional, que también se caracteriza por la escasa importancia relativa de los *gastos de fuera de la explotación*, el alto índice de *reempleo* y, sobre todo en las empresas pequeñas por el alto nivel de autoconsumo, debido a la estrecha conexión familia-empresa que en las mismas se da. Todo ello se traduce en un grado muy bajo de integración del sector agrario con el resto de los sectores pro-

ductivos, configuradores, aquél y éstos, de la actividad económica global. El output del sector agrario está constituido básicamente, por una serie de productos tradicionales (trigo, leguminosas, productos derivados de la vid, productos derivados del olivo, etc.) demandados por una población con niveles de ingresos muy reducidos que condiciona un mercado interior extraordinariamente limitado.

La política agraria da estabilidad a dicho sistema productivo pues tiene como objetivo prioritario la protección de esos productos tradicionales mediante la regulación de sus mercados y el establecimiento de precios fijos o precios de garantía.

En ese ambiente, los problemas de planificación y toma de decisiones en la empresa agraria son fácilmente resolubles al no haber problemas graves de colocación de la producción, por ser estables en el tiempo las técnicas productivas y por no producirse grandes alzas en los costes de producción, dada la abundancia de mano de obra y la escasa importancia absoluta y relativa de los gastos de fuera de la explotación. En terminología de G. S. Odiorne<sup>17</sup> podemos decir que predominan con mucho las decisiones rutinarias frente a las decisiones de innovación o de resolución de problemas, pues sólo muy de tarde en tarde surge la necesidad del cambio en la estructura productiva o en la combinación de producciones practicada en la explotación, debido a la estabilidad de la demanda.

Como hemos dicho antes, la causa última de la crisis de la agricultura tradicional está en el proceso del crecimiento económico de España y Europa Occidental, de los años cincuenta y sesenta. Y esa crisis hay que entenderla, ante todo,

Como subordinación progresiva al mercado de todo un sector productivo, eliminando las bases de su equilibrio anterior, quebrando irreversiblemente su estabilidad tradicional y dando lugar al predominio definitivo de nuevas

---

17. G. S. Odiorne (1969), p. 46 ss.

relaciones económicas en correspondencia con las que caracterizan, ya desde hace muchos años, a las restantes actividades económicas<sup>18</sup>.

El crecimiento económico global y el consiguiente incremento general del nivel de renta, tiene para el sector agrario y por ende para las empresas que lo integran dos consecuencias principales: el cambio en las condiciones del mercado de trabajo y el cambio en la demanda al sector agrario por el resto de los sectores productivos, motivado, principalmente, por el cambio en la dieta alimenticia de la población consumidora.

La expansión de los sectores industrial y de servicios crea una importante demanda de empleo en los mismos, que invita a la población rural al abandono de su hábitat y su traslado a la ciudad. Dadas las precarias condiciones de vida de gran parte de esa población, la misma no resiste la llamada, provocándose así una inmensa corriente migratoria y un importante trasvase de mano de obra a los otros sectores productivos. De esta manera se pasa en el sector agrario de la abundancia de mano de obra a la escasez de la misma, con el consiguiente incremento de los salarios reales y la aparición de la necesidad imperiosa de tecnificar la empresa mediante la sustitución progresiva de trabajo humano por máquinas si es que se quiere sobrevivir, pues en las nuevas condiciones sólo la sustitución hombre-máquina hace posible la mejora necesaria de los niveles de rendimiento y eficacia.

Pero el cambio en las técnicas de producción, que se inicia entonces, y que hoy ya se nos presenta como algo connatural al funcionamiento de la empresa agraria, supone bastante más que esa sustitución. Así, se generaliza el empleo de fertilizantes químicos, de piensos compuestos para el ganado, de semillas selectas para la siembra, de productos fitosanitarios, de nuevos métodos de riego, etc. El progreso técnico irrumpe en el sector agrario provocando profundos cambios en las técnicas de pro-

---

18. J. L. García Delgado y G. Roldán López (1973), p. 275.

ducción y un incremento de la dependencia del mercado, pues dichos cambios traen consigo una reducción del *reempleo*, un aumento importante en la relación *capital/trabajo* y un aumento, también importante en términos absolutos y relativos, de los denominados *gastos de fuera de la explotación*, haciéndose así más dependiente el sector agrario del resto de los sectores productivos.

Los cambios en la dieta alimenticia de los españoles quiebra, por otra parte, el anterior ajuste oferta-demanda caracterizado por una estrecha correspondencia. Ello obliga a la empresa a una reorientación productiva continua, aunque menos intensa de lo esperable a tenor de la amplitud de los cambios producidos en la demanda, debido al *paraguas* protector de la política de precios agrarios aplicada, al estar articulada ésta más en función de los crecientes costes de producción de unas empresas muchas veces inviables, que en razón de la orientación y directrices impuestas, con progresiva insistencia, por el mercado. A través de los precios fijos o de garantía, se apoyó, hasta bien entrada la década de los años ochenta, la producción de ciertos productos tradicionales, cuya oferta fue en aumento a la vez que el consumo de los mismos disminuía dada su baja elasticidad-renta. Por consiguiente, se puede afirmar que a la agricultura española le sorprendió la crisis económica de la segunda parte de la década de los años ochenta con la transformación a medio hacer, fundamentalmente en lo relativo a la adaptación oferta-demanda, lo que originó costosos excedentes y, simultáneamente, un desequilibrio crónico de la balanza comercial agraria<sup>19</sup>, situación desde la que se afronta nuestra adhesión a la CEE a comienzos de 1986.

Ello no debe ocultar, sin embargo, el enorme esfuerzo de adaptación y cambio a las nuevas condiciones, efectuado por una gran mayoría de los empresarios del sector agrario, como se deduce fácilmente de

los cuadros 0.1 y 0.2.

**Cuadro 0.1**  
**Producción total agraria, reemplazo, consumos**  
**Intermedios y amortización**  
*(a precios corrientes)*

Concepto	1964		1985	
	Mill. Ptas.	%	Mill.Ptas.	%
Producción Total Agraria	318.617	100,0	3.228.446	100,0
Reemplazo	86.129	27,0	544.377	16,9
Producción Final Agraria	232.488	73,0	2.684.069	83,1
Consumos Intermedios	50.694	15,9	1.147.726	35,6
Amortización	4.503	1,4	121,385	3,8

Fuente: Ministerio de Agricultura. Secretaría General Técnica (1987), Cuentas del Sector Agrario, nº 12.

El cuadro 0.1 recoge para el sector la evolución en términos absolutos y relativos de los conceptos *Reemplazo*, *Gastos intermedios* y *Amortización*, en el período 1964-1985. Ello pone claramente de manifiesto los profundos cambios habidos en las técnicas de producción aplicadas, así como la creciente dependencia exterior de las empresas del sector agrario y, por supuesto, la creciente integración económica de las mismas y su cada vez más acusada *vocación comercial*.

A su vez, los datos del cuadro 0.2 son sumamente elocuentes en lo que concierne al problema de la adaptación oferta-demanda. Como puede verse, a lo largo del período considerado se produce un sensible cambio en la composición de la producción final agraria como resultado del proceso de adaptación de la oferta agropecuaria a las orientaciones y directrices del mercado; y ello a pesar del papel retardador de la política de precios aplicada.

19. Ministerio de Economía y Hacienda (1984), p. 31 ss.

**Cuadro 0.2**

**Producción final agraria en millones de pesetas**  
(a precios corrientes)

Concepto	1964		1985	
	V. Absoluto	%	V. Absoluto	%
PRODUC. FINAL AGRARIA	232.488	100,00	2.684.069	100,00
a) Producción Vegetal Final	140.460	60,42	1.499.664	55,87
• Cereales	29.375	12,64	370.237	13,79
• Leguminosas grano	3.972	1,71	9.637	0,69
• Raíces y Tubérculos	12.616	5,45	61.233	2,28
• Plantas Industriales	10.308	4,43	160.256	5,97
• Hortalizas frescas	26.857	11,55	320.205	11,93
• Frutas frescas	16.509	7,10	186.323	6,94
• Cítricos	8.648	3,72	104.037	3,88
• Frutas tropicales	—	—	—	—
• Uvas	—	—	—	—
• Vino y mosto	9.751	4,19	92.280	3,44
• Aceituna de mesa	—	—	—	—
• Aceite de oliva	19.672	8,46	134.618	5,02
• Otros	2.752	1,18	69.998	2,61
b) Producción Animal Final	74.061	31,86	1.047.056	39,01
• Carne	45.073	18,39	674.248	25,12
• Leche	15.769	6,78	241.858	9,01
• Huevos	14.282	6,14	111.833	4,17
• Otros	2.496	3,37	9.178	0,34
• Variación cabaña	-3.559	-1,52	9.939	0,37
c) Producción Forestal Final	10.411	4,48	77.715	2,90
• Madera y leña	7.236	3,11	40.980	1,53
• Otros	3.175	1,37	36.735	1,37
d) Mejoras por cuenta propia	7.556	3,25	59.634	2,22

Fuente: Ministerio de Agricultura. Secretaría General Técnica (1987), Cuentas del Sector Agrario, nº 12.

Evidentemente, la modernización y apertura al mercado de nuestra agricultura no se paralizó en el ya lejano año de 1986. El proceso continuó, desde dentro de la Comunidad Económica Europea (hoy Unión Europea) a la que pertenecemos desde entonces, impulsado o como respuesta a las nuevas condiciones, pues desde nuestra adhesión, la política agraria de la Unión Europea (UE) ha ido moviéndose de forma constante hacia una cada vez mayor apertura al exterior, obligando así a sus empre-

sas del agro a un continuo proceso de modernización y adaptación a las condiciones de mercado, en busca de la necesaria competitividad. Para superar los problemas internos provocados por las políticas agrarias vigentes hasta 1986 (acumulación de excedentes y problemas presupuestarios de ello derivados) y responder a las exigencias y desafíos provenientes del entorno (Ronda Uruguay del GATT y Ronda de la Organización Mundial del Comercio), la UE se ha visto obligada a sucesivas modificaciones de su política agraria común (PAC) desde 1986 hasta la actualidad, y todas ellas en la dirección de disminuir el nivel de proteccionismo y limitar mediante diversos mecanismos la producción agraria susceptible de recibir apoyo público. Como hitos de tal proceso tenemos la reforma de la PAC de 1992 (reforma McSharry) y la reforma de la PAC de la *Agenda 2000* (paquete Santer).

La reforma de la PAC de 1992 supuso un cambio radical en la filosofía del proteccionismo agrario comunitario vigente hasta entonces, que tenía como piedra angular la fijación del precio mínimo de intervención a niveles bastante por encima del precio de mercado internacional, unido a la obligación ilimitada de compra de la producción a tal precio por parte de los organismos públicos de intervención. Los objetivos de la reforma fueron los de cambiar el sistema de organización de mercados y protección de rentas de los agricultores, haciéndolos más compatibles con las exigencias e intereses de terceros países a la vez que se eliminaban los excedentes estructurales originados por los sistemas anteriores. El elemento fundamental del nuevo sistema fue, por tanto, la reducción de los precios institucionales aproximándolos a los del mercado mundial, pero compensando el efecto negativo sobre ingresos y rentas de dicha reducción, con ayudas directas a la hectárea o cabeza de ganado, calculadas en función de los rendimientos medios comarcales históricos y no de los rendimientos reales de cada campaña. Junto a lo anterior se establecen otras tres grandes líneas de actuación: a) medidas para la protección medioambiental; b) programas de reforesta-

ción de tierras, referidos especialmente a tierras que abandonan su función tradicional de producción agrícola; c) jubilación anticipada de agricultores, para racionalizar las explotaciones (tamaño, parcelación, etc.) y hacer una agricultura más dinámica y competitiva.

La Agenda 2000, aprobada por la Comisión Europea en julio de 1997 y por el Consejo Europeo de Berlín en marzo de 1999, es la respuesta de la Comisión a las invitaciones realizadas por el Consejo Europeo de Madrid de diciembre de 1995, para que ofrecieran soluciones relativas a la ampliación de la UE hacia el Este y al sistema de financiación de la misma, estando varias secciones del documento consagradas a la agricultura y a la reforma de la PAC, que continúa la senda ya marcada por la del 92, pero profundizando en algunos de sus objetivos a la vez que se establecen otros nuevos. El eje fundamental es la aproximación de los precios de intervención comunitarios a los precios más bajos del mercado internacional, lo que permite reducir gradualmente los aranceles y las subvenciones a las exportaciones. Junto a ello, se pone especial énfasis en la necesidad de:

- a) *Compensar el efecto negativo sobre las rentas agrarias de la caída de los precios, con un incremento de las ayudas directas.*
- b) *Garantizar la calidad de los productos agrícolas alimenticios.*
- c) *Fomentar prácticas respetuosas con el medio ambiente.*
- d) *Diversificar las actividades en el medio rural.*

Como novedades más destacables de la reforma, hay que mencionar la supresión o limitación de los regímenes de intervención (sustituyéndolos, generalmente, por ayudas para el almacenamiento temporal), la introducción de la posibilidad de aplicar reducciones en las subvenciones cuando *el montante total de*

*pagos que deban concederse a un agricultor o ganadero por un año natural rebase determinados umbrales* y la posibilidad de penalizar o incluso suspender las ayudas a aquellas explotaciones que ocasionen daños ecológicos.

Todo lo anterior nos hace pensar que, con mayor o menor celeridad, caminamos dentro de la UE hacia una agricultura que contará cada vez con menos apoyos presupuestarios cuando se trate de *producir* y que contará cada vez con más apoyos cuando se trate de *conservar*. Una agricultura dualizada en la que una parte deberá producir eficaz y competitivamente para defender su producción en los mercados interiores y exteriores, y, junto a ella, otra agricultura produciendo bienes intangibles, como la conservación de la belleza del paisaje, residenciando y atrayendo el ocio de los ciudadanos o favoreciendo actividades turísticas o deportivas, como la caza y la pesca. Pero esas agriculturas, una y otra, entre sus criterios de actuación deberán tener muy presente el de la *sostenibilidad* que equilibra intereses ecológicos y productivistas.

La Agenda 2000 no olvida la mejora de la competitividad, pero las ayudas destinadas a la modernización de las explotaciones, acceso a la tierra, introducción de innovaciones tecnológicas y nuevos productos, etc., no son ciertamente, muy generosas. Y no debe ignorarse que si no se consigue la competitividad de las explotaciones comunitarias, éstas no podrán sobrevivir en ese nuevo marco caracterizado por la liberalización y la internacionalización de la economía, de manera que el reto a nivel colectivo e individual es ciertamente importante. Por lo que a nuestros agricultores se refiere, el peso relativo de los conceptos *Reempleo*, *Consumos intermedios* y *Amortización* dentro de la Producción Total Agraria para el año 1996 en comparación con los años 1964 y 1985 (cuadros 0.1 y 0.3) y los cambios habidos en la estructura interna de la Producción Final Agraria (cuadros 0.2 y 0.4) ponen de manifiesto el esfuerzo realizado por los mismos para adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno.

**Cuadro 0.3**  
**Producción agraria, reemplazo, consumos**  
**Intermedios y amortización**  
*(año 1996)*

	Valores (Millones de ptas.)	
	Absoluto	%
Producción total agraria	4.728.582	100,00
Reemplazo	172.505	3,76
Producción Final Agraria	4.550.787	96,24
Consumos intermedios	1.853.380	39,20
Amortización	355.574	7,52

Fuente: Red Contable Agraria Nacional, 1996 y Anuario de Estadística Agraria 1997, Ministerio de Agricultura.

De cualquier forma, el esfuerzo de adaptación realizado no resulta suficiente de cara al futuro a la vista de los avances previsibles en el campo tecnológico y otros cambios esperados tanto en el entorno específico de la empresa agraria como en el entorno general, resultando especialmente relevantes al respecto los cambios en las expectativas provocados por el cada vez más intenso proceso de globalización financiera, económica y cultural, que trae aparejada una profunda alteración del marco de referencia y en los modos de actuación del empresario, si es que éste aspira a que su empresa siga siendo competitiva.

El empresario del agro está así abocado a desarrollar su actividad en un medio ambiente cada vez más fluido, incierto y cambiante, por lo que en el desarrollo de su función tendrá que poner a prueba su capacidad de dirección y gestión ante problemas técnicos, económicos, financieros y de mercado cada vez más complejos y frecuentes. Y ello: a) porque el progreso técnico obligará a plantearse, con mucha mayor frecuencia, posibles cambios en la técnica de producción aplicada; b) por los cambios previsibles en las regulaciones de los distintos productos agrarios en el sentido de favorecer y potenciar el juego de los mercados; y c) porque el crecimiento de la demanda en la UE está tocando

techo, al haber llegado la población a un nivel de alimentación suficiente, al menos en términos de necesidades nutricionales y energéticas, lo que lleva a un incremento de la competencia y de la lucha por los mercados.

**Cuadro 0.4**  
**Producción final agraria**  
*(año 1996)*

Concepto	Valores (Millones de ptas.)	
	Absoluto	%
PRODUC. FINAL AGRARIA	4.550.787	100,00
a) Producción Vegetal Final	2.657.700	58,40
•Cereales	841.100	10,64
•Leguminosas grano	40.000	0,88
•Raíces y Tubérculos	147.600	3,24
•Plantas Industriales	112.600	2,47
•Hortalizas frescas	621.100	13,65
•Frutas frescas	288.900	6,35
•Cítricos	266.000	5,85
•Frutas tropicales	28.300	0,62
•Uvas	39.000	0,86
•Vino y mosto	237.900	5,23
•Aceituna de mesa	16.000	0,35
•Aceite de oliva	179.800	3,95
•Otros	196.400	4,32
b) Producción Animal Final	1.757.700	38,62
•Carne	1.294.700	28,45
•Leche	334.900	7,36
•Huevos	110.600	2,40
•Otros	17.500	0,38
c) Producción Forestal Final	135.387	2,98
•Madera y leña	105.237	2,31
•Otros	30.150	0,66

Fuente: Anuario de Estadística Agraria 1997, Ministerio de Agricultura.

El empresario estará cada vez más obligado a la realización de un mayor y más riguroso esfuerzo de previsión si quiere responder de manera adecuada a los tres grandes interrogantes: *¿qué producir?* *¿cuánto producir?* y *¿cómo producir?*, pues de ello va a depender que se atienda adecuadamente a la triple exigencia

del proceso de modernización rural: reducir costes unitarios, adaptarse a los cambios de la demanda y mantener el excedente empresarial.

Pasaron, pues, los tiempos de la improvisación y de las prácticas rutinarias y hemos entrado de lleno en el campo de la agricultura científica, abierta, de mercado y competitiva. Se trate de la producción, del almacenamiento, de la transformación o de la venta de productos, los problemas a resolver serán siempre complejos y en estas condiciones únicamente el buen sentido no es suficiente para encauzar con acierto todos los aspectos de la gestión. Es necesaria alguna otra cosa que sostenga a la intuición y a la experiencia y los agricultores que no sean capaces de aplicar métodos de trabajo y de dirección eficientes, no tendrán puesto en la agricultura del futuro.

En este marco, las *técnicas operativas*, tomando el término en el sentido que le asignaba ya en 1968 el *Prof. Ballestero*<sup>20</sup>, pueden rendir grandes servicios al ente decisor. Estas técnicas, clasificadas en dos grandes subconjuntos, son:

- 1º. ***Técnicas de información*** o aquellas que proporcionan los datos empíricos necesarios para cimentar sobre bases reales el proceso deductivo que ha de seguir a continuación.
- 2º. ***Técnicas de elección*** o aquellas que, a partir de los datos aportados por las técnicas de información, permiten obtener en cada caso las mejores reglas de acción para que el empresario pueda fundamentar en ellas de modo racional sus decisiones.

Pero frente a la conveniencia, casi podríamos decir necesidad, del empleo en la gestión de la empresa agraria de técnicas de

---

20. E. Ballestero (1968). P. 70

elección más o menos sofisticadas, nos encontramos con la escasa implantación de las mismas en la realidad. Las razones fundamentales que, a nuestro entender, lo explican son:

- 1º. Insuficiente preparación de nuestros hombres del campo en temas de naturaleza económica y comercial.
- 2º. Reducida utilización en el seno de la empresa agraria de técnicas de información avanzadas, tales como la Contabilidad Analítica, que hace que en la mayoría de las situaciones no se disponga de la información necesaria para la aplicación eficiente de *técnicas de elección* en los procesos decisionales.
- 3º. La gran empresa agraria, la gran empresa propiamente dicha, prácticamente no existe, predominando por el contrario las empresas medianas y pequeñas. Ello hace que la elaboración de modelos de elección para su empleo a nivel individual, resulte siempre problemática, pues muy pocas empresas están en condiciones de aportar los conocimientos técnicos necesarios y de afrontar el coste correspondiente.

De las tres limitaciones apuntadas, las dos primeras creemos que pueden y deben ser superadas a través de una intensa y permanente acción formativa y divulgadora, a desarrollar por los organismos públicos pertinentes, poniendo énfasis en los aspectos económico-financieros de la gestión frente a los estrictamente técnicos. Seminarios, cursos monográficos, organización de demostraciones y viajes de estudios, asesoramientos económico-financieros individualizados, etc., podrían ser algunas de las modalidades de actuación.

El obstáculo que representa la pequeña dimensión de las empresas agrarias para la difusión entre las mismas de técnicas de decisión eficientes pero dotadas de una cierta complejidad conceptual y operativa, entendemos que puede ser superado

mediante la normalización de métodos y modelos o, lo que es equivalente, mediante la creación de estructuras conceptuales generales de las que puedan derivarse aplicaciones específicas a problemas concretos. En esta línea de pensamiento, en las páginas que siguen se expone el desarrollo conceptual de un modelo normalizado de planificación económico-financiera a corto plazo, específicamente pensado para la empresa agraria y, por ende, adaptado a sus características internas y a las de su entorno específico condicionante directo e inmediato de su actuación. En definitiva, lo que se pretende es el establecimiento de un modelo de los modelos de planificación a corto plazo en la empresa agraria, de forma que los posibles casos concretos puedan ser tratados como casos particulares de esa otra situación más general acotada y aprehendida por el modelo-base.

El trabajo queda estructurado en tres grandes apartados. La **Primera Parte** explora el concepto de empresa agraria, en busca de la más exacta delimitación de la realidad objeto de estudio, explicitando sus características más relevantes con vistas a la modelización de su funcionamiento y de sus procesos decisoriales.

En la **Segunda Parte** se efectúa una introducción a la planificación económico-financiera de la empresa a corto plazo y al papel de los modelos de decisión en dicho ámbito, con especial referencia al análisis marginal clásico y al enfoque alternativo de programación matemática, en el que se basa nuestra aportación a la resolución del problema de la optimización de la toma de decisiones en la empresa agraria. Se exponen a continuación las características del modelo de decisión propuesto, con un análisis sucinto de las variables y restricciones configuradoras de la matriz de programación.

En la **Tercera Parte** se desarrolla el modelo en detalle (configuración de la función objetivo y análisis pormenorizado de las distintas submatrices) con ejemplos concretos de construcción

de cada submatriz, para terminar con la presentación de los resultados relativos a un caso real de aplicación de la metodología, que se aprovecha para profundizar en la exposición de la operativa del análisis de sensibilidad y de sus potencialidades en el campo de la planificación.

Dada la complejidad del problema tratado, el empleo del ordenador en los procesos de cálculo numérico se hace inevitable. En el pasado, ello ha representado un freno adicional a la difusión de las técnicas de dirección científica en el seno de las empresas, pues los grandes ordenadores, por su elevado coste, han estado *de facto* fuera del alcance de la mayoría de las empresas agrarias o no agrarias. Por fortuna, la aparición del microprocesador (*super-chip*) a principios de la década de los setenta y la subsiguiente aparición de los micro y miniordenadores, cada vez más baratos, más pequeños y con mayor capacidad de memoria y de cálculo, ha supuesto el derrumbe de la barrera impuesta por los grandes ordenadores que impedía la penetración efectiva de la informática en el segmento de las pequeñas y medianas empresas y, por consiguiente, el empleo de la misma en los procesos de análisis de la información y toma de decisiones.

## **Capítulo I**

### **Concepto y características de la empresa agraria**



## I.1. CONCEPTO DE EMPRESA AGRARIA

Todos los tratadistas están de acuerdo en que empresa agraria es toda aquella empresa que desarrolla una actividad agraria. El problema surge cuando se pretende delimitar el concepto de actividad agraria.

Para muchos autores una actividad es *agraria* cuando emplea la tierra para obtener productos vivos, plantas o animales. Se exigen, por consiguiente, dos requisitos fundamentales: a) la participación activa del factor tierra (*fundus*) en el proceso productivo y no meramente como soporte de éste, y b) desarrollo de una actividad dependiente de un ciclo biológico. Como consecuencia, A. Ballarín, principal exponente dentro de España de esta postura, entiende por actividad agraria

(...) toda aquella dirigida a **obtener productos del suelo** mediante la transformación o aprovechamiento de sus sustancias físico-químicas en organismos vivos de plantas o animales controlados por el agricultor en su génesis y crecimiento

Asimismo, define la empresa agraria como

(...) la unidad de producción económica, constituida por el empresario y sus colaboradores, así como por la tierra y demás elementos organizados mediante los cuales se ejercita una actividad agrícola, ganadera, forestal o mixta<sup>21</sup>

Agraristas tan cualificados como Sanz Jarque, José L. de los Mozos, Carlos Vattier, Luis Amat Escandell o Antoine Megre, pertenecen con Ballarín al conjunto de los que se basan en la idea matriz del *fundus* a la hora de caracterizar a la actividad y a la empresa agraria.

Sin embargo, otros autores han dado vida a una original y, hasta podríamos decir, revolucionaria teoría sobre la actividad y la empresa agrarias a partir de la formulación del criterio biológico por el prof. Carrozza<sup>22</sup> en 1972. Según esta corriente de pensamiento, hay empresa agraria siempre y cuando la actividad productiva que en la misma se desarrolle esté regulada por leyes

---

21. A. Ballarín Marcial, (1979), p. 279.

22. M. Carroza, (1972), p. 48.

biológicas.

Las ventajas de este último enfoque parecen a primera vista evidentes, pues el mismo permite catalogar como *agrarias* actividades que la práctica social, económica, administrativa, etc., considera típicamente como agrarias y que quedan sin embargo excluidas cuando se aplica el criterio territorial o de vinculación a la tierra: actividad ganadera independiente, cultivos hidropónicos, bodegas, almazaras, queserías, etc. Sin embargo, el criterio biológico tiene el inconveniente de ser demasiado amplio, obligando por ello a tener que considerar como agrarios procesos tales como la cría de animales de peletería, de animales de lujo, de peces en agua dulce o, incluso, hasta la misma fabricación de antibióticos, cosa a todas luces improcedente, por lo que tanto en uno como en otro caso se hace necesaria la referencia a casos particulares: en el primer caso para incluirlos en la definición y en el segundo para excluirlos de la misma. Pues si por definición se entiende *una descripción de tal clase que no permita ninguna duda sobre la identidad de lo definido*, es claro que ni mediante el criterio territorial ni mediante el biológico se precisa con rigor el concepto de subsector agrario o actividad agraria, ni, en consecuencia, lo que hay que entender por empresa agraria a todos los efectos, pues bajo el primer criterio se comete un error por defecto y bajo el segundo por exceso. Por ello, y ante la dificultad del tema

(...) algunos autores prefieren no comprometerse demasiado y se limitan a decir que una empresa es agraria cuando desarrolla una actividad tradicionalmente tenida como agraria<sup>23</sup>.

con lo que se eleva el casuismo a la categoría de ley, correspondiendo, en último término, al legislador distinguir entre empresas agrarias y no agrarias.

Nosotros aquí adoptamos una postura eminentemente práctica. Para nuestro empeño, nos basta con la delimitación clara y

---

23. E. Ballester, (1995), p. 24.

precisa del conjunto de empresas agrarias al que van orientadas estas reflexiones: el constituido por las empresas que, en dependencia directa del medio físico, emplean la tierra para obtener productos vivos, plantas o animales, vendiéndolos sin transformación industrial, que son el núcleo esencial del sector agrario, cualquiera que sea el criterio utilizado para delimitarse éste.

## **I.2. CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA AGRARIA**

### **El punto de partida: la dependencia del medio físico**

En concordancia con R. L. Cohen<sup>24</sup>, podemos afirmar que el marco general de la teoría económica es aplicable a la actividad agraria, tanto como lo es a la actividad industrial. Sin embargo, la actividad agraria reúne un conjunto de características básicas que la diferencian notablemente de las demás. Y esas características tienen una fuerte incidencia en la marcha de la empresa agraria, condicionando en gran medida la toma de decisiones en los órdenes productivo, comercial y financiero, así como la propia ejecución de las acciones derivadas. Como dice Fangeras,

(...) la agricultura tiene por exclusivo objeto transformar materia viva en materia viva, introduciendo la tierra en la cadena de transformación<sup>25</sup>

Es por consiguiente, una actividad biológica ligada al medio físico y con una fuerte dependencia respecto del mismo, lo que origina una serie de limitaciones y condicionantes a la acción que no se presentan o no tienen igual importancia en otro tipo de empresas.

---

24. R.L. Cohen, (1960), p. 7.

25. Citado por J. Chombart de Lauwe y otros, (1965), p. 17.

Debido a esa dependencia, en los procesos productivos agrarios la cantidad de producto obtenida no depende sólo de la técnica aplicada y de las cantidades empleadas de los denominados *factores de producción controlables*, sino también de los valores tomados, a lo largo del proceso productivo, por los distintos elementos integrantes del medio físico. Estos elementos juegan el papel de factores de producción incontrolables, siendo las oscilaciones de sus valores la causa principal de las variaciones de la producción a corto plazo.

Las características estructurales del medio físico, en su doble vertiente de suelo y clima, determinan también el conjunto de las actividades de producción técnicamente factibles en el ámbito geográfico de referencia y, por tanto, el conjunto potencial de actividades para las empresas agrarias ubicadas en ese espacio.

Por otra parte, el carácter biológico de los procesos productivos agrarios confiere a éstos una acusada componente estacional debido, por un lado, a que la evolución biológica de plantas y animales está fuertemente ligada a la estacionalidad climática y, por otro, a la rigidez temporal de los procesos que hace que sean difícilmente acortables, hasta el punto de que la duración de los mismos hay que tomarla como un dato que la ciencia, al menos hasta el momento presente, a penas ha podido modificar. Todo ello crea problemas de combinación de actividades y procesos en el tiempo, de organización y distribución temporal de los trabajos, de financiación, etc., ninguno de ellos de fácil solución.

Asimismo, ese carácter biológico de los procesos hace que la mayoría de los productos agrarios sean perecederos o difíciles de guardar, lo que puede crear serios problemas de almacenamiento y comercialización. Son también productos escasamente diferenciables y esta diferenciación, cuando se consigue, es difícil de mantener y acreditar comercialmente. Pero con todo, lo más grave posiblemente sea la estacionalidad de la producción, que, junto con el carácter perecedero de los productos, explica las

especiales características del mercado agrario, con sus problemas de almacenamiento, financiación y comercialización, originado por los desfases temporales entre producción y consumo.

## Complejidad de la producción agraria

En la empresa agraria la producción múltiple es la regla y la simple, la excepción. Ello es técnicamente posible gracias a la relativamente alta flexibilidad de los factores fijos, indicativa de su polivalencia y versatilidad, y se justifica desde los puntos de vista técnico y económico por: a) la rigidez de los procesos productivos con respecto al tiempo, que hace que el desarrollo de procesos simultáneos sea la única manera de asegurar la utilización intensiva del factor tierra y de la mano de obra fija, y b) por las ventajas de la diversificación frente a sus propios inconvenientes y a las ventajas de la especialización<sup>26</sup>.

En producción agraria, los procesos están unidos entre sí por relaciones de naturaleza muy diversa. La más frecuente es la de **competitividad**, que significa que los procesos compiten entre sí por los recursos a tasas de sustitución crecientes o constantes<sup>27</sup>, no siendo normal en agricultura las tasas de sustitución decrecientes. Pero, junto a las relaciones de competencia, es frecuente la existencia de relaciones de complementariedad y de suplementariedad. La **complementariedad** entre procesos existe cuando con el mismo montante de factores el incremento de uno

---

26. Las principales ventajas de la diversificación son: a) contribuye a la mejor conservación de la fertilidad del suelo (efecto beneficioso de las rotaciones); b) permite un mejor aprovechamiento del factor suelo, al ser la única manera de encajar dos cultivos sobre una misma parcela en el mismo año; c) las demandas de mano de obra y de otros recursos pueden atribuirse de manera más uniforme a lo largo del año; d) los cobros y pagos de explotación se distribuyen también de manera más uniforme a lo largo del tiempo, con el consiguiente efecto positivo sobre la tesorería; e) es un poderoso instrumento para la atenuación del riesgo y la incertidumbre, al hacer posible que las pérdidas en unos procesos sean compensadas con las ganancias en otros. A estas ventajas hay que añadir el ahorro en costes de transportes cuando se da la diversificación

27. Las condiciones que deben darse en agricultura para que varios procesos se sustituyan unos por otros, según una tasa constante, son: a) que los procesos consuman los mismos recursos, en las mismas épocas del año; b) que las producciones finales sean obtenidas en los mismos períodos; y c) que ningún producto de uno sea utilizado como factor de producción de otro. Este es el caso, por ejemplo, del trigo y la cebada por un lado y del girasol y el algodón por otro.

de ellos produce cierto incremento en el otro o ambos pueden aumentar incrementándose simultáneamente. En agricultura la complementariedad suele darse entre procesos desplazados en el tiempo (el cultivo de una leguminosa que almacene nitrógeno en el suelo puede tener como consecuencia una mayor producción por hectárea de los cereales que se cultiven a continuación sobre la misma parcela) aunque también se puede dar entre procesos simultáneos como, por ejemplo, es el caso de la introducción de ganado ovino en pastoreo sobre una determinada parcela en la que anteriormente sólo había ganado vacuno, pues ello puede provocar cierta mejora en el rendimiento de ambas producciones debido a los diferentes hábitos de pastoreo de una y otra especie y a que la alternancia posiblemente contribuya a la mejora del estado sanitario de las especies. La **suplementariedad** se da cuando uno de ellos entra en el sistema de producción utilizando recursos excedentes<sup>28</sup>, pero también puede darse entre procesos desplazados en el tiempo, que utilizan recursos escasos, pero con demandas localizadas en distintos momentos del tiempo, como es el caso del cultivo de maíz en segunda cosecha sobre una parcela que con anterioridad, dentro del año agrícola, ha tenido trigo. Con respecto a estas dos últimas clases de relaciones debe, sin embargo, tenerse en cuenta que las mismas suelen darse sólo dentro de determinados intervalos de intensidad de los procesos y que, normalmente, no son válidas para todos los recursos, por lo que dos procesos pueden ser complementarios o suplementarios, con respecto a un determinado factor y no serlo con respecto a los restantes.

A las anteriores relaciones hay que añadir las *ligazones* existentes entre procesos, originados por:

- a) El desarrollo de procesos productivos *en cadena*, es decir, procesos en los que el producto de uno es factor de pro-

---

28. Es el caso, por ejemplo, de la introducción en una explotación netamente agrícola de una actividad ganadera, llevada en régimen de estabulación permanente y llamada a aprovechar excedentes temporales de mano de obra o edificios sin otro uso.

ducción del otro. Es el caso, por ejemplo, de las cadenas *hierba → heno → leche → quesos; cebada → carne de cerdo; y horas de tracción → trigo.*

- b) El desarrollo de procesos productivos *en circuito cerrado*, es decir, procesos en los que el producto de uno es factor de producción del otro, y alguno de los productos de este último factor a su vez en el primero: por ejemplo, *hierba → heno → estiércol → hierba.*
- c) El desarrollo de procesos productivos *en bucle*, que son un caso particular de los procesos *en cadena*, cuando ésta se forma con dos o más procesos idénticos en cuanto a su naturaleza pero desplazados en el tiempo, es decir, sucesivos. En este caso un mismo bien asume el papel de *producto* en el proceso anterior y de *factor* en el posterior. Nos estamos refiriendo, lógicamente, al reemplazo, todavía presente en la empresa agraria.

Debe mencionarse también el caso de los **procesos de producción conjunta acoplada**, muy frecuentes en agricultura, y que vienen a aumentar la complejidad de la gestión al verse incrementada de manera *necesaria* la gama de productos y, por consiguiente, la de posibilidades en el área de la gestión.

La situación no es menos compleja por el lado de los factores. Ya nos hemos referido a la polivalencia de los mismos, que permite que la producción pueda variar con relativa facilidad de unos bienes a otros, pues la mano de obra, la fuerza de tracción y muchas máquinas pueden emplearse para casi todos los aprovechamientos, requiriendo, como mucho, la introducción de pequeñas modificaciones de carácter reversible. Pero cuando se están recogiendo los aspectos esenciales de la producción agraria, resulta obligado referirse también a las relaciones entre factores en la producción:

Los factores, que intervienen en la obtención de un determinado producto, guardan entre sí relaciones de muy variada naturaleza, siendo las más frecuentes las de sustitución<sup>29</sup>, bien a una tasa constante o bien a una tasa creciente. Tanto en uno como en otro caso la sustituibilidad puede ser total (por ejemplo, un fertilizante con el 18% de  $P_2O_5$  y otro con el 45% se sustituyen el uno por el otro como portadores de ácido fosfórico en la proporción constante de 2,5 a 1) o parcial, en cuyo caso lo normal es que sean sustituibles por debajo de cierto nivel y tiendan a continuación a ser complementarios por encima de ese nivel. Es el caso, por ejemplo, de la semilla y los fertilizantes en la producción vegetal o de los alimentos concentrados frente a los de volumen en la alimentación animal, que se comportan como factores sustituibles-limitativos. Entre los factores se dan también las relaciones de complementariedad. Los factores de producción son complementarios cuando no pueden utilizarse racionalmente el uno sin el otro. La complementariedad es perfecta cuando todo incremento de la producción lleva consigo un crecimiento simultáneo y proporcional de la dosis de los factores. Es menos frecuente en agricultura que la sustituibilidad perfecta y, por supuesto, mucho menos frecuente que en la producción industrial, pero no faltan ejemplos que avalan su existencia, configurándose, por consiguiente, como un aspecto más a tener en cuenta en la planificación.

Este cúmulo de relaciones entre procesos, entre factores y entre factores y procesos, muestra el perfil de una situación compleja en la que cualquier modificación parcial va a tener repercusión en el conjunto de la explotación por las fuertes interrelaciones existentes en la misma. Esto se nos muestra como un poderoso argumento a favor de la planificación global y simultánea, para toda la explotación, frente a la parcial y sucesiva. La naturaleza integrada de la producción en la empresa agraria es algo tan acusado, que la consideración del sistema en su conjunto será,

---

29. Existe sustitución entre factores cuando pueden reemplazarse parcial o totalmente unos por otros en el proceso productivo.

con frecuencia, el enfoque más apropiado si se quiere responder debidamente a dichas interrelaciones: La planificación debe llevarse a cabo sobre la base de toda la explotación.

## **El factor tiempo en la actividad agraria**

No hay ningún proceso productivo que sea instantáneo. Transcurren siempre, por el contrario, un cierto número de unidades de tiempo desde que se inicia un proceso hasta su finalización con la obtención del producto correspondiente. El tiempo se nos presenta, en consecuencia, como un factor de producción tanto o más indispensable que el capital o el trabajo.

Debido al carácter biológico de los procesos de producción agrarios, éstos son, generalmente, de larga duración y muy rígidos o inelásticos en el tiempo, entendiéndose por ello la escasa capacidad que se tiene de acortar el período de producción mediante el acortamiento de la duración de alguna o algunas de las fases coordinadas que pueden distinguirse en los mismos. Así tenemos, por ejemplo, que en el cultivo de cereales o leguminosas de invierno son precisos alrededor de siete meses para obtener el producto final, cinco menos para criar un cerdo, más de dos años para que una vaca produzca su primer ternero y también varios años para que un cultivo arbóreo dé su primera cosecha. La mecanización permite reducir sensiblemente los tiempos de preparación del terreno, siembra y recolección en el cultivo de plantas anuales, pero la duración del período vegetativo es alterable solamente por vía genética, camino fuera del alcance del empresario individual.

Por otra parte, los procesos biológicos están fuertemente ligados a la estacionalidad climática, de manera que las fechas de comienzo y de finalización de los distintos procesos, sobre todo en el caso de los cultivos al aire libre, son algo predeterminado, dentro de estrechos límites. El trigo se siembra en noviembre y

se recolecta en junio, el maíz se siembra en marzo y se recolecta en septiembre, etc. Aunque esa ligazón no sea tan fuerte en el caso de la ganadería, todos sabemos, por ejemplo, que la producción de corderos es máxima en los meses de primavera. Por ello, y al margen de las excepciones o matizaciones que haya que hacer, puede afirmarse que en agricultura no es posible la repetición de un proceso de producción específico en un mismo año, pues, como resultado de los condicionantes de tipo biológico, sólo es posible completar el ciclo de producción una vez. Ello justifica el carácter periódico de gran parte de las producciones agrarias y origina problemas de organización del trabajo, de mercado y financieros:

- a) El carácter periódico de las producciones agrarias crea problemas de organización del trabajo, haciendo difícil el pleno empleo: a períodos *punta* siguen períodos de reposo en los que el paro encubierto es inevitable bajando así la productividad total de este factor. Otra característica del trabajo agrícola es la variedad a que está sometido a lo largo del año, lo cual dificulta en gran medida la división del trabajo y la especialización del mismo. Las labores agrícolas son muy diferentes: el riesgo, la siembra, la escarda, el ordeño, la recolección, etc. constituyen tareas que requieren ciertas habilidades específicas; pero ocurre que con excesiva frecuencia una misma tarea sólo se repite de año en año o incluso con periodicidad mayor según la rotación de cultivos seguida o el sistema de explotación animal aplicado. Operaciones que es preciso ejecutar sólo en determinadas estaciones, meses o épocas, no permiten una mano de obra especializada que después permanecería desocupada. Ello no quiere decir que en el campo no existan obreros especialistas en determinadas tareas o faenas, pero como éstas suelen ser de temporada, no pueden ejercer su especialidad durante todo el año por lo que o bien se dedican también a otros trabajos corrientes o son contratados como especialistas, en régimen eventual.

- b) La duración de los procesos productivos en agricultura y el correlativo carácter periódico de la mayoría de las producciones, justifican la rigidez de la oferta a muy corto plazo y a corto plazo. Generalmente tienen que pasar muchos meses y a veces años desde que se inicia el proceso hasta que finaliza. Por ello, ante una situación de escasez resulta imposible reaccionar a corto plazo aunque haya factores ociosos o subempleados.
- c) La lentitud de los procesos productivos trae como consecuencia la escasa movilidad del capital invertido en la producción. Las rotaciones del activo circulante, del activo fijo y, por consiguiente, del activo total son muy bajas en agricultura y el período de maduración bastante más grande, en general, que el correspondiente a la empresa industrial, con el consiguiente incremento en las necesidades financieras y en el coste de financiación.

Las influencias del tiempo sobre la producción son, en definitiva, numerosas y complejas; en consecuencia no resulta fácil ligarlo con los otros factores en una función representativa de la producción. Por ello, la incorporación del tiempo en la planificación suele realizarse mediante una u otra de estas dos fórmulas simplificadas: a) ligando la definición de ciertos factores al momento de su utilización (hipótesis de producción *instantánea* o sin referencia al tiempo) y b) distinguiendo varias fases coordinadas de la producción que implican combinaciones definidas de factores (producción en *su duración* o con referencia explícita al tiempo). Este último enfoque, al permitir la definición en el tiempo de los distintos actos productivos, hace posible un mejor conocimiento de la marcha de la empresa a lo largo del período de planificación, informando suficientemente bien al decisor sobre la dinámica de las operaciones de producción, sobre el estado de tesorería, sobre la localización temporal de los diversos actos de compra y venta, etc. gozando por ello de mayor aceptación por parte del modelizador.

## Características generales del mercado de productos agrarios. Su incidencia en la planificación empresarial

Al aproximarnos al tema del mercado agrario no pretendemos la realización de un estudio sistemático y en profundidad del mismo, sino destacar los aspectos más relevantes y que mayor incidencia puedan tener en la planificación económico-financiera a corto plazo en la empresa agraria.

Desde el punto de vista de la oferta, los mercados agrarios se caracterizan por la estacionalidad y por la rigidez a corto plazo, todo ello producto, como ya hemos dicho, de la rigidez y vinculación temporal de los procesos de producción. A ello hay que añadir la aleatoriedad de los rendimientos que provoca las consiguientes variaciones no planeadas en la oferta de una campaña a otra.

La demanda presenta también una cierta estacionalidad, variable de unos productos a otros, pero siempre menos acusada que en el caso de la oferta. Destaca, con mucho, su gran rigidez con respecto al precio y a la renta, originada por la clase de necesidades que cubren los productos agroganaderos, esto es, necesidades de alimentación, clasificables dentro del amplio grupo de las necesidades como de primer orden o vitales, normalmente muy limitadas en capacidad<sup>30</sup>.

El mercado de los productos agrarios se caracteriza asimismo por la presencia de un gran número de vendedores en la primera fase de la comercialización, es decir, de un gran número de agricultores que venden un producto poco o nada diferenciado y en cantidades mínimas en comparación con la oferta total. Ello hace que el empresario, individualmente no tenga apenas influencia en el mercado, siendo el precio un dato para él, cualquiera que sea

---

30. Lo anterior deja de ser cierto cuando se trata de productos agrícolas que pueden considerarse de lujo, como flores, vinos de marca, etc.

la forma concreta de mercado en la que se opere (competencia perfecta, competencia pura, monopolio de demanda o monopsonio y oligopolio de demanda, como formas más frecuentes).

Esta debilidad del agricultor, unida a las características de la oferta y de la demanda y al carácter estratégico de la producción agraria desde el punto de vista social, justifica la intervención más o menos intensa de los poderes públicos en el sector a través de distintas medidas de política agraria, siendo de ello un buen ejemplo la Política Agraria Común (PAC) de la Unión Europea, a la que nos hemos referido con anterioridad.

## **Incertidumbre en la actividad agraria**

La actividad agraria, y por consiguiente la empresa agraria, se ve afectada por tres grandes clases de incertidumbre, según la naturaleza de las variables que la provocan: a) incertidumbre tecnológica; b) incertidumbre institucional; c) incertidumbre económica.

La primera se deriva del conocimiento inexacto referente a cuáles serán los avances tecnológicos futuros y cuáles sus efectos sobre los métodos y prácticas de la producción agrícola, efectos que pueden llegar en algunos casos a convertir en obsoletas instalaciones y máquinas de reciente adquisición.

La incertidumbre institucional está asociada, fundamentalmente, con posibles cambios en la política agraria o con cambios en las preferencias y comportamientos del consumidor, que pueden originar profundos cambios en la demanda.

La incertidumbre económica tiene una doble componente: la técnica y la comercial. La incertidumbre técnica se deriva de la inestabilidad de los rendimientos físicos y la comercial de las oscilaciones a corto plazo de los precios de productos y factores.

Ambos tipos de incertidumbre tienen, no obstante, una causa común: el carácter biológico y la fuerte dependencia respecto al medio físico de la actividad agraria. También tienen un efecto común: la inestabilidad del resultado económico de un ejercicio a otro, lo que hace que el mismo tenga siempre carácter aleatorio. Analicemos con más detalle estas dos formas de manifestarse de la incertidumbre económica:

#### **a) Incertidumbre técnica o física**

Como se ha dicho anteriormente, la incertidumbre de tipo técnico es originada fundamentalmente por la variación de los rendimientos de los cultivos y del ganado de un año a otro, debiéndose esta variación a la acción del medio natural, sobre cuyos factores integrantes (lluvia, temperatura, vientos, etc.) tiene el agricultor escaso o nulo control. Esa variación es especialmente notable en el caso de los cultivos de secano y en las formas extensivas de producción ganadera, basadas en la utilización, como principal alimento, de productos agrícolas obtenidos en la explotación.

Para una técnica de producción dada, los rendimientos por hectárea en los cultivos dependen del volumen de lluvia caído y su distribución a lo largo del tiempo, de las temperaturas medias, máximas y mínimas habidas a lo largo del proceso, pedrisco, incendios, etc., así como de la presencia más o menos virulenta de enfermedades y plagas propias de los cultivos.

El tiempo atmosférico, directa o indirectamente, y las enfermedades inciden también en el rendimiento del ganado, siendo estas últimas la principal causa de variación del producto en el ganado estabulado, cuya explotación se realiza en un medio físico más o menos controlado.

Por todo ello, el agricultor, aunque esté en condiciones de fijar

la técnica de producción y el nivel de aplicación de los factores variables independientes, no puede prever con exactitud la cantidad de producto de que podrá disponer como resultado del proceso productivo.

Los factores naturales incontrolables pueden afectar también al valor de los consumos unitarios de ciertos factores de producción, como ocurre con los consumos de mano de obra o de horas-máquina en operaciones al aire libre o a las mismas disponibilidades de ciertos recursos fijos en determinados períodos.

#### **b) Incertidumbre comercial o de mercado**

Al contrario de lo que comúnmente ocurre en la empresa industrial o de servicios, en la empresa agraria los precios de venta de los bienes que produce no son variables de decisión, pues o vienen dados por el mercado o por la Administración. El agricultor se comporta como un simple *adaptador de la cantidad* a los precios existentes.

La estructura básica del mercado en el que opera el agricultor se aproxima en mayor o menor grado, según productos, a la competencia perfecta, por lo que el precio unitario que percibe por sus productos no depende de su actuación, sino de las fuerzas del mercado, es decir, de la confluencia oferta-demanda. Las características de la oferta de productos agrarios, inelástica a corto plazo y dependiente de factores naturales incontrolables, provoca variaciones a corto plazo de los precios de los mismos como efecto de las variaciones de la producción. Estas fluctuaciones cuando van unidas a demandas muy inelásticas con respecto al precio, cosa muy frecuente en los productos agrarios, provocan grandes fluctuaciones en los precios, sobre todo de aquellos productos difícilmente almacenables en su estado natural, como suele ser el caso, por ejemplo, de los productos hortícolas. Por ello, la Administración atenúa en muchos casos el riesgo derivado de esas fluctuaciones de los precios de mer-

cado, mediante la fijación de precios mínimos de garantía o precios de intervención.

Los precios de los factores de producción son también para la empresa agraria una variable exógena, poco o nada controlable, pero ahora no como fruto de una situación, más o menos acentuada, de competencia perfecta en el mercado, sino como fruto de la siempre pequeña dimensión de la empresa que hace que ésta sea siempre un cliente al por menor.

La oferta de factores de producción agrarios está caracterizada por una notable heterogeneidad de las formas de mercado, entre las que predomina el oligopolio. Pero la formación de los precios no suele estar abandonada al juego de las fuerzas de mercado, sino que está sometida a una cierta intervención pública. Así el mercado de trabajo está regulado por mecanismos de negociación colectiva y disposiciones sobre salario mínimo y otros inputs importantes, como fertilizantes, productos petrolíferos, seguros, piensos compuestos, productos fitosanitarios, etc., pueden estar sometidos al régimen del Precios Autorizados o al de Precios Comunicados. Este posible control, unido a las especiales características de la formación del precio en mercados oligopolistas por el lado de la oferta, hace que los precios de los inputs agrarios muestren en su conjunto mucha menor variación en el corto plazo que los precios de los productos del campo, si exceptuamos, naturalmente, aquellos inputs que son outputs de otras empresas agrarias, como animales para engorde y reposición, heno, paja, etc.

Por todo lo anterior, se puede afirmar que el empresario del agro está en condiciones de conocer con mayor certeza o prever con mayor exactitud, los precios de los factores que utiliza que los precios de los productos que vende, salvo en el caso de producción bajo contrato o de actuación en mercados intervenidos con precio fijo y comprador único.

Al contrario de lo que ocurre con las incertidumbres tecnológica

e institucional, que son típicas del largo plazo, la incertidumbre económica, tanto en su dimensión técnica como en su dimensión comercial, muestra sus efectos en el corto plazo. Por fortuna, el empresario del agro está en condiciones de atenuar esa incertidumbre técnica y comercial mediante diversas acciones, unas veces alternativas y otras complementarias:

Por lo que el riesgo técnico se refiere, caben cuatro grandes posibilidades o vías de actuación: a) concertar un seguro con una entidad privada o pública; b) diversificación mediante la combinación de actividades con rendimientos no correlacionados; c) instalaciones flexibles que permitan una mayor adaptabilidad al cambio de actividades, y d) tratamientos profilácticos adecuados de cultivos y ganados.

La atenuación del riesgo comercial cabe afrontarla a través de las siguientes tres vías: a) actuación en mercados regulados o intervenidos con precios fijos o de garantía; b) uso de contratos de integración en los que los precios de venta se fijan al comienzo del proceso de producción; y c) diversificación de actividades orientada a la obtención de productos con precios no correlacionados positivamente.

## Capítulo II

### Los objetivos de la empresa agraria y la aptitud del empresario ante el riesgo



## II.1. LOS OBJETIVOS DE LA EMPRESA: UNA REVISIÓN

Es evidente que los centros decisores de la empresa deben tener un objetivo o conjunto de objetivos que otorgue racionalidad al proceso decisorio orientado a la elección entre estrategias o líneas de acción alternativas. La definición de los mismos constituye, sin embargo, uno de los puntos más controvertidos de la teoría de la empresa, sin que se haya llegado a una formulación plenamente satisfactoria.

Como es de todos conocido, la teoría económica de la empresa en su concepción tradicional (teoría neoclásica) cuenta entre sus hipótesis básicas con la referente a la maximización del beneficio como único argumento orientador de la decisión del empresario. A éste se le considera un individuo absolutamente racional, siendo, asimismo, el único órgano empresarial que interviene activamente en la toma de decisiones desde su doble calidad de empresario y propietario de los bienes de producción. Supone también esta teoría la existencia de información perfecta eliminándose así toda posible incertidumbre respecto al futuro.

Ese carácter unidimensional del comportamiento empresarial ha sido objeto de duras críticas a los largo de las últimas décadas, debiendo mencionarse al respecto el trabajo pionero de Hall y Hitch<sup>31</sup> sobre el empleo real de la referida teoría en la forma de decisiones en la empresa. A partir de este trabajo se multiplican las críticas a la formulación del beneficio como objetivo único perseguido por la empresa, críticas que, siguiendo a K. E. Boulding<sup>32</sup>, reagrupamos en dos grandes categorías: 1ª) las que afirman que el decisor orienta su comportamiento mediante variables distintas del beneficio o teniendo en cuenta los valores alcanzados por más variables simultáneamente, y 2ª) las que cuestionan el concepto de maximización, afirmando que en las

---

31. L. Hall y C.J. Hitch, (1939), pp. 12-49.

empresas se adopta un comportamiento de satisfacción más bien que de maximización.

El primer enfoque comprende, entre otros, un conjunto de trabajos que han dado lugar a lo que pudiéramos llamar *teoría de la dirección para la fijación de objetivos*<sup>33</sup> o modelos gerenciales, que parten del supuesto, implícito o explícito, de la separación entre propiedad y control. O, como afirman J. Durán, V. Salas e I. Santillana<sup>34</sup>, que se fundamentan en la consideración de la empresa como organización compleja, cuyo control efectivo radica en manos de la gerencia (dirección) y no en poder de los accionistas (propietarios).

Dentro del amplio conjunto de autores defensores de la *no maximización* resulta obligada la mención de los encuadrados en la denominada escuela de Carnegie, entre los que destacan H. A. Simon, que constituye el exponente más cualificado de lo que ha dado en llamarse Teoría Conductista (Behaviorista) de la empresa, y R. M. Cyert y J. G. March, que han desarrollado la citada teoría en términos operativos. La proposición esencial de estos autores es el rechazo, por falta de realismo, de la hipótesis del comportamiento maximizador. Herbert A. Simon dice al respecto:

En la mayoría de las teorías psicológicas, el motivo para actuar procede de impulsos y la acción termina cuando el impulso ha sido satisfecho. Además, las condiciones, que satisfacen un impulso no son necesariamente fijas, sino que pueden ser especificadas por un nivel de aspiración que se ajusta hacia arriba o hacia abajo a base de la experiencia.

Los modelos de comportamiento de satisfacción son más ricos que los modelos de comportamiento maximizador, porque aquéllos no sólo tratan del equilibrio sino además del método para alcanzarlo.

Si la empresa tiene abiertas distintas alternativas que se encuentran en su nivel de aspiración o por encima de él, la teoría predice que escogerá la alternativa mejor entre las que conoce como disponibles. Si ninguna de las alternativas disponibles satisface sus aspiraciones corrientes, la teoría predice un comportamiento cualitativamente distinto: a corto plazo, conducta investigadora y revisión de objetivos; a largo plazo, lo que hemos denominado conducta emocional, la cual el psicólogo se inclinaría a llamar neurosis. Hay pruebas empíricas de que las metas de las empresas se formulan, de hecho, a base de un criterio de satisfacción<sup>35</sup>.

---

32. K. E. Boulding, (1974), p. 35.

33. J. A. Cuervo García, (1978), p. 86 ss.

34. Durán Herrera, J.; V. Salas Fumas e I. Santillana del Barrio, (1982), p. 22.

35. H. A. Simon, (1970), p. 33 ss.

Este criterio de satisfacción emana de un modo natural de la hipótesis de racionalidad limitada (bounded rationality), propia de la teoría conductista y en contraposición al supuesto de racionalidad perfecta de la teoría económica tradicional. En su obra **Administrative Behavior**, Simon caracteriza la racionalidad limitada en buena medida como una categoría residual: la racionalidad es limitada cuando no puede tener la omniscencia. Y las *deficiencias de omniscencia* son en gran parte deficiencias del conocimiento de todas las alternativas, incertidumbre acerca de los sucesos exógenos relevantes e incapacidad de calcular las consecuencias.

Al igual que en la teoría de la dirección, la empresa objeto de estudio de los autores behavioristas es aquella cuyo control efectivo está en mano de la dirección y no en poder de los propietarios, es decir, aquella a la que el empresario-riesgo y el empresario-decisión se encuentra escindido en una dualidad. En estas condiciones, Cyert y March<sup>36</sup> defienden que los objetivos en la empresa, vista como unidad compleja y no con la visión atomística característica de la teoría económica tradicional, se establecen en base de negociaciones y renegociaciones entre los participantes de la organización, sosteniendo, junto con H. A. Simon<sup>37</sup>, que los centros decisores al tratar de alcanzar un conjunto de objetivos múltiples, debido a la vigencia de la hipótesis de racionalidad limitada y al posible conflicto entre los mismos, deben conformarse con satisfacer en la medida de lo posible esos objetivos en vez de buscar su imposible maximización. Según la escuela Behaviorista, los vectores de comportamiento de la empresa son: 1) ausencia de racionalidad perfecta; 2) multiplicidad de objetivos; 3) niveles de aspiración satisfactorios y no óptimos; 4) coalición para solucionar los conflictos; 5) consideración secuencial de alternativas, y 6) tendencia al mantenimiento de la viabilidad de la organización (supervivencia),

---

36. R. M. Cyert and J. G. March, (1965), p. 20.

37. H. A. Simon, (1965), p. 99 ss.

por parte de los distintos agentes involucrados en la toma de decisiones.

La totalidad de los autores aceptan en la actualidad la presencia de objetivos múltiples en la empresa, cuya consecución vendrá siempre condicionada, siendo práctica común distinguir, como mínimo, tres niveles o categorías de objetivos empresariales en función de la importancia de los mismos para la organización. El primer nivel está integrado por los objetivos esenciales, denominados *finés generales*, que se desean alcanzar a largo plazo; el segundo nivel está integrado por objetivos tales como el beneficio, la ganancia, etc., concebidos como medios para alcanzar los fines generales; y el tercer nivel está integrado por una categoría de objetivos que juegan el papel de medios para la consecución de los objetivos del segundo nivel o, simplemente, el de condiciones o restricciones de éstos.

## II.2. LA FUNCIÓN OBJETIVO EN LA EMPRESA AGRARIA

Una de las características más universales de la empresa agraria es la generalizada identidad entre propiedad y control, recayendo en la figura del empresario-propietario todas las decisiones importantes. Además, esta figura suele ser individual y muy raras veces colectiva. Por ello y por la íntima relación existente en el sector agrario entre el empresario y su familia con la propia empresa es frecuente que se establezca como fin general u objetivo de primer nivel de la empresa agraria el de la consecución de un nivel de vida satisfactoria para el empresario y su familia, compatible con la supervivencia a largo plazo de la empresa.

Entre nivel de vida y supervivencia puede presentarse un problema de prioridad relativa. En unas situaciones la elevación del nivel de vida será prioritaria y en otras lo será la supervivencia,

generalmente acompañada de un cierto crecimiento que se va a traducir en cambios estructurales e incremento de tamaño o dimensión. En el primer caso, la empresa estará al servicio de la familia y la supervivencia acentuará su carácter de medio frente a su carácter de fin y, en el segundo caso, será la familia la que esté *al servicio de la empresa*, lo que se traducirá en una menor tasa de crecimiento de su nivel de vida y en el paulatino incremento de la atención y de la dedicación del empresario al desarrollo de la función empresarial, con el consiguiente sacrificio, total o parcial, de ciertos objetivos del área personal (ocio, desarrollo personal, dedicación a la familia, etc.).

Dentro del conjunto de objetivos de segundo nivel, prácticamente la totalidad de los tratadistas en temas de economía de la empresa agraria consideran al beneficio como el objetivo prioritario, tanto a corto como a largo plazo<sup>38</sup>, y de hecho, como tendremos ocasión de ver más adelante al referirnos a algunos trabajos empíricos sobre las pautas de conducta del agricultor, este objetivo subsiste siempre, al menos como meta instrumental indispensable. Algunos autores se plantean, sin embargo, su sustitución por la ganancia<sup>39</sup>, entendiendo por tal el beneficio más los costes de oportunidad, denominada también *renta agrícola y disponibilidades del empresario*. A favor de ello aducen tres importantes razones: a) se evita el cálculo de los costes de oportunidad que, por su fuerte dosis de subjetivismo, constituye una importante fuente de arbitrariedad en la cuantificación del beneficio; b) la ganancia explica mejor que el beneficio el com-

---

38. Véase por ejemplo:

- M. de Benedictis y V. Cosentino, (1979), p. 28.
- P. Cordonnier, R. Carles and P. Marsal, (1974), p. 337.
- C. S. Barnard y J.S. Nix, (1984), pp. 42-58.
- M. Carel, (1966), p. 27.
- E. O. Heady and H. R. Jensen, (1964), p. 8 ss.
- J. Chombart de Lauwe y otros, (1965), pp. 13-26-69.
- E. N. Castle y M. H. Becker, (1968), p. 81.
- E. Ballester, (1983), p. 55.
- R. R. Beneke y R. Winterbeer, (1984), p. 10.

39. Véase por ejemplo:

- E. Ballester, (1983), p. 572.
- J. Chombart de Lauwe y otros, (1965), p. 40.
- C. Couffin, (1970), p. 23.

portamiento de la empresa agraria y en particular el de la empresa agraria familiar<sup>40</sup>, al dar una respuesta satisfactoria al hecho, relativamente frecuente de la estabilidad de empresas con beneficios negativos<sup>41</sup>; y c) es un resultado más importante, financieramente hablando, que el beneficio, pues la ganancia es

(...) con lo que realmente cuenta el empresario para hacer frente a las necesidades de su familia y a las de la explotación<sup>42</sup>

Creemos que no les falta razón a los que proponen la referida sustitución del beneficio por la ganancia, sobre todo tratándose de empresas de tipo familiar. Por ello, ganancia y beneficio creemos deben ser considerados como objetivos alternativos en la modelización de la toma de decisiones, decantándose por uno u otro en cada caso concreto.

Los niveles de objetivos no son, evidentemente, compartimentos estancos sino que, por el contrario, están interconectados entre sí, generalmente por una relación *fines-medios*. Un caso claro al respecto es el de los objetivos *supervivencia* y *beneficio*.

La supervivencia, sobre todo cuando va unida a una estrategia de crecimiento, presenta el doble carácter de medio y de fin, variando con cada caso particular la mayor o menor acentuación de uno y otro aspecto. De cualquier forma, la supervivencia ocupa un lugar preeminente en el conjunto general de objetivos por ser condición *sine qua non* para la consecución de beneficios y, por ende, para el mantenimiento y elevación del nivel de vida de la familia, pues ese beneficio es el que hace posible la transferencia de medios financieros desde la empresa hacia la unidad familiar, necesarios para atender sus múltiples necesidades. Beneficio y supervivencia guardan, por otra parte, una clara

---

40. Entendemos por empresa agrícola familiar aquella en la que el empresario, además de aportar su capacidad de dirección y gestión y el capital necesario, aporta su fuerza de trabajo unida a la de alguno o algunos de los restantes miembros de la familia.

41. E. Ballester, (1983), pp. 571-572.

42. J. Chombart de Lauwe, *Ibidem*,

relación causal de tipo circular, pues de la misma manera que la existencia de la empresa es condición *sine qua non* para la consecución de beneficios, la generación de un cierto excedente es condición *sine qua non* para la supervivencia, con o sin crecimiento, ya que en caso contrario difícilmente se podrá hacer frente a medio y largo plazo a los compromisos financieros sin entrar en un proceso más o menos acelerado de endeudamiento creciente y reducción del capital propio, lo que conlleva la reducción de la capacidad de generar excedentes netos y, por último, la propia desaparición de la empresa. La existencia es necesaria para poder obtener beneficios, pero a la vez es necesario obtener beneficios para poder seguir existiendo.

Junto a los objetivos referidos existen otros configurando también la función de utilidad del empresario del agro, que situamos en un tercer nivel por su claro carácter instrumental. Este conjunto adicional de objetivos, que podríamos calificar de secundarios o instrumentales, por ser medios para alcanzar los objetivos de primer y segundo nivel o simples condiciones de éstos, no tiene su causa o razón de ser en la separación entre propiedad y dirección, cosa que como ya hemos dicho no se suele dar en la empresa agraria, sino en los gustos, deseos y preferencias del empresario, siendo otras veces resultado de una imposición del entorno<sup>43</sup>. Sin ánimos de ser exhaustivos, podemos mencionar aquí objetivos tales como el de obtención de altos rendimientos por razones de imagen y de satisfacción personal; disminución de la complejidad de la explotación mediante el desarrollo de un número reducido de actividades; mantenimiento de la liquidez, de la solvencia y del control a través de una estructura financiera adecuada; mantenimiento de ciertos trabajadores en la empresa por razones más sentimentales que económicas; potenciación de

---

43. Véase, por ejemplo:

C. S. Barnard and J. S. Nix, (1984), pp. 4 s y p. 348.

P. Cordonier, R. Carles y P. Marsal, (1975), p. 10.

M. Carel, (1966), pp. 26-27.

E. Ballester, (1983), p. 57 s.

R. R. Beneke y R. Winterbeer, (1984), p. 10.

J. Chombart de Lauwe y otros, (1965), p. 13.

E. O. Heady y H. R. Jensen, (1964), p. 8 s.

D. Metcalf, (1974), p. 33.

ciertas actividades y limitación de otras, también por razones de preferencia personal y no por razones económicas; o reducción de la estacionalidad del trabajo a efectos de una mejor organización de las tareas y de la minimización del trabajo eventual necesario. Estos y otros objetivos, muchos de ellos de difícil especificación hasta para el propio empresario en cada caso particular, acompañan a los de primero y segundo nivel, la mayoría de las veces acotando o constriñendo el campo de búsqueda del beneficio (o de la ganancia), que queda configurado como objetivo (medio) principal, sobre todo en el marco del corto plazo.

El empresario del agro se enfrenta así a una función de criterio caracterizada por la presencia de múltiples objetivos, lo que puede expresarse en términos analíticos como sigue:  $U = f(H_1, H_2, H_3, \dots, H_n)$ , lo cual sugiere que el nivel de utilidad,  $U$ , del empresario, correspondiente a una determinada forma de utilización de los recursos, dependerá del nivel de consecución de los objetivos particulares  $H_1, H_2, \dots, H_n$ .

En lo que concierne al tema de la maximización, opinamos que la tesis de no maximización defendida para la gran empresa por Simon, Cyert, March y otros autores, tiene también plena vigencia para la empresa agraria pues se mantienen las condiciones de pluralidad de objetivos y racionalidad limitada, enunciadas en su momento como motivos básicos de la no maximización. Por consiguiente, el decisor está obligado a poner en obra una estrategia organizacional tal que permita alcanzar todos los objetivos a un nivel *satisfactorio* en vez de buscar la imposible optimización de objetivos en conflicto. Así por ejemplo, la estrategia a largo plazo de expandir los recursos fijos de la explotación impone límites al beneficio a corto plazo, pues la adquisición por ejemplo, de una mayor cantidad de tierra es posible que reduzca de tal manera el nivel de disponibilidades monetarias y las posibilidades de financiación externa a corto plazo que no esté en condiciones de financiar el nivel adecuado de operacio-

nes corrientes, con la consiguiente repercusión negativa sobre el nivel de actividad a corto plazo y, por consiguiente, sobre el nivel de beneficio. Surge, en consecuencia, la necesidad de ir a una solución de compromiso. Otro ejemplo clásico de conflicto entre objetivos en el ámbito de la empresa agraria lo tenemos en la práctica corriente de las rotaciones de cultivos con las que se pretende conservar la fertilidad del suelo, pues como dicen C.S. Bernard y J. S. Nix

(...) si bien se podrían lograr mayores utilidades a corto plazo por una sobreexplotación con las cosechas más rentables, esta orientación podría disminuir los valores de las tierras y la capacidad de realizar ganancias en el futuro<sup>44</sup>.

La incertidumbre acerca del comportamiento de ciertas variables exógeno-incontrolables, consustancial a la actividad agraria, refuerza la hipótesis de racionalidad limitada y, por ende, la tesis de la no maximización, ya que en condiciones de incertidumbre, el empresario no puede adoptar una actitud maximizadora aunque esté motivado para ello, pues, como afirma S. Enke.

(...) en un mundo donde predomina la inseguridad, la voz del economista que grita 'maximizar', o el deseo de maximizar del empresario, no ofrecen al ejecutivo ninguna receta específica que le diga cómo hacerlo<sup>45</sup>

Que el empresario del agro no tiene una motivación maximizadora, salvo en casos y situaciones muy concretas, ha sido, por añadidura, puesto de manifiesto en diversas investigaciones de corte empírico, realizadas con el objetivo común de medir el coeficiente de aversión al riesgo en el ámbito de esta categoría social<sup>46</sup>. En la mayoría de estos trabajos se cuantifica el coefi-

---

44. C. S. Barnard y J. S. Nix, (1984), p. 5.

45. S. Enke, (1951), p. 566 ss.

46. Pueden verse entre otros, los siguientes trabajos:

W. McCarthy y J. Anderson, (1966).

R. Officer y A. Halter, (1968).

E. Francisco y J. Anderson, (1972).

W. Lin, G. Dean y C. Moore, (1974).

J. Webster y J. Kennedy, (1975).

E. Moscardi y A. de Janvri, (1977).

F. Conklin, A. Baguey y A. Halter. (1977).

A. N. Halter y R. Mason, (1978).

J. Dillon y P. Scandizzo, (1978).

L. Brink y B. Mc Carl, (1978).

ciente de aversión al riesgo a través de la estimación directa de funciones de utilidad empleando para ello datos obtenidos mediante entrevistas que permiten determinar puntos de indiferencia entre operaciones arriesgadas que prometen beneficios hipotéticos. Menos frecuente es el empleo de métodos de cuantificación basados en la conducta observada en lo concerniente a la demanda de factores y liberación de productos al mercado, o en la experimentación científica basada en la investigación psicológica.

La lectura de los trabajos referenciados permite llegar a una serie de conclusiones a las que habrá que darles un mero valor orientativo, pues no debemos ignorar las dificultades presentes en todo intento de medición del coeficiente de aversión al riesgo, cualquiera que sea la metodología seguida para ello, y la posible falta de representatividad de las distintas muestras utilizadas en los trabajos reseñados. Estas conclusiones son:

- 1°. La gran mayoría, aunque no todos los agricultores, presentan aversión al riesgo, lo que se traduce en coeficientes de aversión mayores que cero.
- 2°. La neutralidad o preferencia por el riesgo suele estar ligada a decisiones parciales de planificación y no a decisiones de planificación global.
- 3°. La mayor o menor importancia cuantitativa de la aversión suele estar ligada a factores de personalidad, demográficos y socio-económicos. En este orden de cosas cabe destacar lo siguiente:
  - a) Existe una cierta correlación positiva entre educación (formación) del empresario y la predisposición a aceptar riesgos, así como una cierta correlación negativa entre la edad y esa predisposición.

---

H. P. Binswanger, (1980).  
J. W. Cary y W. R. Holmes, (1982).  
G. F. Patrick y J. B. Kliebenstein, (1983).

- b) A igualdad de todo lo demás, el empresario-propietario presenta una mayor aversión al riesgo que el empresario-arrendatario.
  - c) La aversión al riesgo es más grande entre los pequeños y medianos empresarios que entre los grandes. Ello se debe, a nuestro entender, a que la pequeña dimensión de las empresas limita en gran manera las posibilidades de buscar financiación en períodos difíciles, al girar todo alrededor de la garantía personal y patrimonial de una sola persona, y a que la fuerte imbricación familia-empresa, característico en las pequeñas y medianas empresa agrarias, agudiza en el empresario la conciencia de sus obligaciones sociales para con su familia.
- 4º. A nivel de muestra, la distribución del coeficiente de aversión al riesgo es dispersa y no está necesariamente bien representada por el valor promedio de la misma.
- 5º. Algunos de los estudios indican que las funciones de utilidad individuales pueden no ser estables en el tiempo, variando, por el contrario, al variar el status socio-económico de la familia.

Las anteriores conclusiones ponen de manifiesto tanto la necesidad de considerar el riesgo en los modelos de decisión de la empresa agraria como las dificultades inherentes a la determinación de coeficientes concretos de aversión al riesgo. De cualquier forma esta aversión refuerza la tesis de la no maximización y nos lleva a considerar como objetivo prioritario a corto plazo no la maximización del beneficio (o de la ganancia) sino la obtención de un beneficio lo más elevado y estable posible en el marco de la incertidumbre y de las restricciones impuestas por otros objetivos que se tratan también de satisfacer.

No cabe duda de que la realización de trabajos relacionados con el estudio del comportamiento del agricultor en cuanto agente tomador de decisiones aportan un *corpus* de información que permite una más completa y acertada aprehensión de la realidad. Ello, sin embargo, no debe hacernos olvidar la dificultad, a veces insuperable, de incorporar los fines y objetivos que se desprenden de los análisis empíricos a los modelos de decisión de naturaleza cuantitativa, cosa que ya fue puesta de manifiesto por F. G. Patrick y B. F. Blake en 1980<sup>47</sup>.

De cualquier forma, lo hasta aquí expuesto nos permite proponer el siguiente conjunto tentativo de objetivos para la empresa agraria, orientador de la actuación en el marco del ejercicio económico<sup>48</sup>:

**1º. Objetivos de naturaleza económico-financiera**, que contribuyen de forma mediata o inmediata a la elevación del nivel de vida del empresario y de su familia y a la supervivencia de la empresa:

- a) Obtención de un beneficio lo más elevado y estable posible en el marco de la incertidumbre, en cuanto expresión fundamental de la bondad de la actuación a corto plazo.
- b) Minimización del riesgo económico, configurado por la agregación del riesgo técnico provocado por la variabilidad de los rendimientos físicos unitarios de las actividades (riesgo técnico) y por la variabilidad en los precios de venta de los productos terminados (riesgo de mercado).
- c) Minimización del riesgo de no poder llevar a cabo el plan de actuación propuesto, por no estar realmente disponi-

---

47. F. G. Patrick y B. F. Blake, (1980).

48. Todos los objetivos propuestos deben verse como medios para consecución de las dos grandes aspiraciones de largo plazo o fines generales de la empresa: supervivencia y nivel de vida satisfactorio para el empresario-propietario y su familia.

bles en la cantidad necesaria, los recursos fijos demandados.

- d) Aseguramiento del equilibrio financiero de la empresa a corto y muy corto plazo.
- e) Mantenimiento a medio y largo plazo de la capacidad de la empresa para hacer frente a los pagos que se derivan del ciclo de explotación (optimización del fondo de manobra).

**2º. Objetivos económico-sociales u objetivos vinculados al empresario como ser social, a su familia y a los grupos externos afectados por el quehacer de la empresa:**

- a) Acceso a unos dividendos satisfactorios, en cuanto determinantes del nivel de vida del empresario y su familia.
- b) Minimización de la estacionalidad de la demanda de mano de obra, en cuanto expresión de la estabilidad en el tiempo de esa demanda y, por ende, de la continuidad y estabilidad de los trabajadores en el empleo.
- c) Minimización del empleo de mano de obra eventual y de alquiler de tracción y maquinaria autopropulsada, como forma de reducir la dependencia y complejidad del sistema, a la vez que se asegura una mayor calidad de las operaciones laborales.
- d) Maximización del ingreso total, en cuanto expresión del prestigio del empresario como agricultor, dentro de la comunidad local.

**3º. Objetivos derivados de los gustos, actitudes y preferencias del empresario o de las exigencias del entorno.** A la vista del carácter coyuntural de los mismos, su difícil especificación con

carácter general y su no menos difícil cuantificación, opinamos que su inclusión debe hacerse a través de las denominadas *condiciones psicológicas*, que permiten la consideración de los citados objetivos de manera indirecta mediante la potenciación de ciertas actividades y/o la limitación de otras.

## Capítulo III

### **La función financiera de la empresa agraria en el marco del corto plazo: contenido y planificación**



### III.1. LA FUNCIÓN FINANCIERA EN LA EMPRESA: EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO Y SITUACIÓN ACTUAL

Hasta mediados de la década de los cincuenta, los estudios sobre finanzas giran en torno a la problemática de la obtención de fondos, aspecto complementado con el estudio de las instituciones financieras, así como de los instrumentos financieros y su utilización. A partir de aquí y de manera paulatina, se va imponiendo el actual enfoque que se ocupa no sólo de la obtención de los fondos sino también de la utilización de los mismos<sup>1</sup>.

En este sentido, ya en 1963 E. Solomon<sup>2</sup> adopta una postura que ha terminado por hacerse clásica. Solomon considera como responsabilidad de la función financiera la búsqueda de las respuestas adecuadas a estas tres grandes cuestiones:

1. ¿Cuáles son los activos específicos que debe adquirir una empresa?
2. ¿Qué volumen total de activos debe tener una empresa? Es decir, qué dimensión ha de tener la empresa y cuál debe ser su tasa de crecimiento.
3. ¿Cómo financiar las necesidades de capital?, esto es, qué estructura financiera es más conveniente.

Este enfoque goza hoy de aceptación general, si bien algunos autores, como Jean C. T. Mao, se han pronunciado por la inclusión de las decisiones relativas al plan de beneficios en el área de responsabilidad de la dirección financiera. Es decir, el plan de

---

1. Véase por ejemplo:  
J. C. T. Mao, (1974), p. 3 ss.  
J. C. Van Horne, (1976), p. 3 ss.  
A. S. Suárez Suárez, (1980), p. 102.

2. E. Solomon, (1963), p. 8.

beneficios no debe ser un dato para ésta, sino algo a determinar juntamente con la determinación de la estructura económico-financiera de la empresa. El referido autor dice en concreto:

Esta definición financiera por Solomon destaca la adquisición y el uso de fondos, a expensas de la función de planteamiento de la ganancia del ejecutivo financiero. La expresión 'planteamiento de la ganancia', según la emplearemos se refiere a las decisiones operativas adoptadas por el ejecutivo en las áreas de fijación de precios, volumen de productos y selección de las líneas de productos por la empresa. Por consiguiente, el planteamiento de la ganancia no sólo es una función fundamental para maximizar la ganancia operativa a corto plazo, sino también un prerrequisito para optimizar la inversión y las decisiones financiera a largo plazo. Por tanto, para los fines que nos interesan en esta obra, ampliaremos la definición de Solomon acerca de la función financiera, con el fin de incluir no sólo las decisiones vinculadas con la utilización adecuada de fondos, sino también las actividades de planteamiento de la ganancia<sup>3</sup>.

La postura de J. C. T: Mao la entendemos plenamente justificada dada la incuestionable influencia que tiene la explotación<sup>4</sup>, sobre la configuración y cuantía del pasivo y del activo circulante y, por consiguiente, sobre el fondo de maniobra y los flujos de tesorería<sup>5</sup>.

La necesidad de integrar las decisiones relativa al beneficio

---

3. J. C. T. Mao, (1974), p. 3 s.

4. Actividad de producción y distribución de la empresa, cuyo resumen lo constituye la Cuenta de Explotación.

5. La influencia de la explotación sobre el fondo de maniobra se manifiesta en un doble sentido: por un lado, las ventas incrementan el saldo de Caja y Bancos y el de las cuentas a cobrar (Clientes y Efectos a cobrar), aumentando de este modo el fondo de maniobra. Por otro lado, la producción (vendida o no) exige realizar pagos al contado, la utilización de factores de explotación ya existentes o la adquisición de otros nuevos que supondrán necesariamente una disminución del saldo de Caja (compras al contado) o un aumento de las cuentas de Proveedores y Efectos a Pagar (compras a crédito), disminuyendo así el fondo de maniobra. El efecto de la explotación sobre la tesorería, entendida como saldo de la cuenta de Caja y Bancos c/c, también se manifiesta en un doble sentido aunque, lógicamente, no es la única fuente de variación. El pago al contado de gastos de explotación, la adquisición con pago al contado de factores almacenables, el pago de gastos acumulados y el pago a proveedores por compra a crédito, disminuyen la tesorería. El cobro a clientes por ventas al contado o por ventas a plazo efectuadas en su momento, aumentan la tesorería.

dentro de la función financiera, ha sido también defendida, con anterioridad a James C. T: Mao, por S. Robbins y E. Foster, los cuales, ya en 1957, escribían:

(...) no se ha prestado la debida atención a las responsabilidades financieras vinculadas con el planteamiento de la ganancia, pese a que representan un papel fundamental en las actividades cotidianas desarrolladas por la división financiera de las compañías modernas<sup>6</sup>.

En la actualidad ya nadie pone en duda que el *núcleo* de la función financiera de la empresa debe estar constituido por el análisis de las expectativas de ganancias y de las decisiones relativas a la configuración del activo y del pasivo empresarial, a la luz de los objetivos generales de la organización y de los objetivos específicos del área financiera.

### III.2. PLANIFICACIÓN FINANCIERA A CORTO PLAZO EN LA EMPRESA AGRARIA

En concordancia con nuestras anteriores reflexiones sobre el contenido moderno de la función financiera, concebimos el plan financiero de la empresa como un sistema de planes estructurado alrededor de tres núcleos básicos interdependientes y comprensivos de los aspectos técnico, económico y financiero del proceso productivo. Esos núcleos son: el de planes y presupuestos financieros a largo plazo; el de planes y presupuestos de explotación; y el de planes y presupuestos de tesorería. Su interrelación puede verse en el Gráfico 1, en el que las flechas indican la secuencia temporal de las decisiones. La línea discontinua delimita el campo de la planificación a corto plazo.

Como dice A. S. Suárez<sup>7</sup>, la planificación financiera a largo plazo admite la posibilidad de modificaciones en el mercado y en los medios, constituyendo un conjunto de opciones que cuestionan

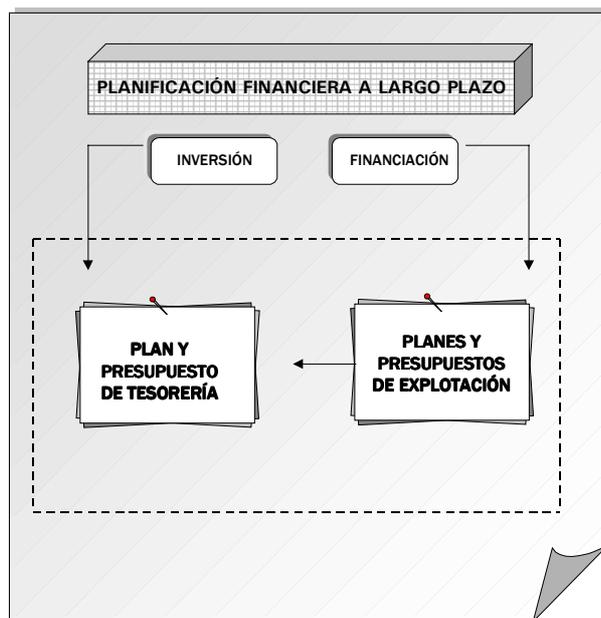
---

6. S. Robbins y E. Foster, (1957), p. 466.

7. S. Suárez Suárez, (1977).

hasta la propia existencia de la empresa, modificando su orientación y su dimensión. La misma se relaciona íntimamente con la política de inversiones en estructura y el estudio del mercado de capitales a largo plazo, fuente prioritaria de los recursos financieros necesarios para la realización de estas inversiones. La estructura sólida de la empresa, así como la estructura financiera de la misma, desempeña el papel de variables y no de datos, jugando un papel clave en su definitiva configuración la política de crecimiento de la empresa, la rentabilidad esperada de los proyectos de inversión y el coste de las distintas fuentes de capital.

FIGURA 1  
**Interrelación de los planes financieros de corto y de largo plazo**



La |  
con

por el  
vas y

comerciales dentro de una estructura general dada de la empresa y de una situación económica también dada, comprendiendo asimismo el establecimiento de los propios planes de producción y en relación con ellos los de colocación y venta de los productos, así como los de abastecimiento de recursos productivos necesarios para la producción. El ámbito de la planificación a corto plazo es, pues, el de la explotación.

Los Planes y Presupuestos de Explotación se establecen en términos de ingresos y costes, describen los flujos reales del período de referencia y conducen al beneficio de explotación previsional correspondiente a ese período.

Pero como sabemos, todas las decisiones tomadas por la empresa ya sean a corto o a largo plazo convergen en la tesorería, constituyéndose ésta en el reflejo más claro de la coherencia o incoherencia de los planes adoptados en otros sistemas y subsistemas de la empresa. Los planes y presupuestos de tesorería se elaboran tomando como base los Planes de Explotación y los de Inversión y Financiación a largo plazo. En ellos converge el conjunto de las previsiones de flujos monetarios, tanto de los que son contrapartida de los flujos reales como de los autónomos, asegurando su ajuste o equilibrio a la vez que proporcionan información sobre las condiciones de mantenimiento de la solvencia de la empresa.

Los tres tipos de planes y presupuestos comentados junto con el balance de partida o inicial, permiten el establecimiento de la Cuenta de Resultados Previsional y del Balance Final Previsional, documentos que se erigen en instrumentos fundamentales para planificar la rentabilidad, para conocer los niveles de las cuentas que forman parte del activo y del pasivo circulante y para conocer la evolución y cuantía del fondo de maniobra de la empresa. La planificación económico-financiera a corto plazo en la empresa agraria está imbricada con la búsqueda de respuesta a los siguientes interrogantes:

1. **¿Qué producir?** Aun cuando a corto plazo la orientación productiva sea un dato, existirá una amplia gama de actividades entre las que elegir las que pasarán a formar parte del plan de actuación, al ser consideradas como más favorables.

2. **¿Cómo producir?** Al igual que existen muchos productos posibles a los cuales dedicarse, existen muchos procedimientos posibles para obtenerlos. Habrá, por tanto, que evaluar las distintas formas de producir un bien y escoger entre ellas.

3. **¿Cuánto producir?** Al igual que existe una gran cantidad de productos a los cuales dedicarse y varios métodos para obtenerlos, existen para cada uno de ellos diferentes niveles de producción posibles, presentándose, por consiguiente, un nuevo problema de elección.

4. **¿Cuándo y dónde comprar y vender?** La obtención de productos agrarios suele estar muy dispersa en el espacio, ocurriendo lo mismo con el consumo. También se presenta una importante estacionalidad de la oferta frente a una mayor estabilidad de la demanda. Todo ello hace que los precios de los productos agrarios sean función del tiempo y del espacio. Algo similar, aunque de forma menos acusada, ocurre con el precio de los factores variables. En consecuencia, la utilidad alcanzada dependerá de que se sepa determinar cuándo y dónde realizar las distintas operaciones comerciales.

5. **¿Cómo financiar las necesidades estacionales de tesorería?** Normalmente la empresa podrá acudir a fuente alternativas de fondos con diferentes condiciones de cesión. Por consiguiente, la consecución de los objetivos empresa-

riales se verá influenciada por la respuesta dada a este interrogante.

Las configuraciones de la Cuenta de Resultados Previsional y del Balance Final Previsional están íntimamente ligadas a las respuestas dadas a los cinco anteriores interrogantes. Éstos, en la práctica, están en gran medida interrelacionados, por lo que los métodos y modelos de planificación que permiten la integración simultánea de todas las variables y parámetros que afectan a la decisión, conducen, normalmente, a un mejor plan de actuación y, por consiguiente, a la consecución del conjunto de objetivos prefijados a un nivel más satisfactorio.

La empresa agraria, en cuanto unidad económica de producción, utiliza unos recursos o factores para originar determinados bienes, denominados productos. En el seno de la misma se desarrolla, en definitiva, un proceso que:

- comienza con la captación de unas disponibilidades dinerarias;
- continúa con una serie de actos de compra de factores duraderos y no duraderos, a transformar en otros bienes mediante el correspondiente proceso técnico, y
- finaliza con un acto de venta y el posterior (o simultáneo) cobro de su importe, que provee de disponibilidades líquidas, haciendo así posible nuevas adquisiciones de factores y, con ello, el inicio de un nuevo ciclo.

Es fácil ver que el proceso descrito presenta dos aspectos o características íntimamente ligadas:

Por una parte el aspecto técnico (circulación real), ya que en la empresa se da una combinación de factores y de productos, y por otra, un aspecto financiero (circulación financiera), toda vez que el orden técnico tiene en la economía de la empresa una expresión y significación cuantitativa o monetaria. Es posible disponer de factores gracias

a que se han movlizado en su adquisici3n unos recursos financieros; a su vez se alcanzan unas disponibilidades financieras o recursos lquidos porque han sido enajenados productos obtenidos por la empresa<sup>8</sup>.

El valor de los productos generados menos el valor de los recursos consumidos en el proceso, nos define el *resultado* econ3mico del mismo (beneficio o p3rdida).

Los bienes duraderos adquiridos por la empresa para la producci3n, forman su activo fijo o inmovilizado (*estructura s3lida*), significando la dotaci3n de medios que se hace a la misma para una cierta capacidad de producci3n. Son, en definitiva, la expresi3n de la dimensi3n de la empresa, por lo que las decisiones relativas a la dimensi3n son las que van a determinar su volumen. Toda adquisici3n de bienes duraderos implica una inmovilizaci3n financiera paralela, cuya liberalizaci3n se produce normalmente mediante las cuotas de amortizaci3n del bien a lo largo de su vida 3til.

Pero los procesos productivos adem3s de consumir factores duraderos tambi3n consumen factores no duraderos y, sobre todo, tiempo. Un cierto n3mero de unidades de tiempo transcurren desde que se adquiere determinada materia prima hasta su utilizaci3n, desde que entra en el proceso productivo hasta que mediante su transformaci3n se obtiene el producto final, y desde que 3ste es tal hasta que se vende y finalmente se cobra. Todo ello obliga a una inmovilizaci3n adicional a la ya referida (materia prima a la espera de su utilizaci3n, productos en curso de fabricaci3n, productos terminados a la espera de su venta y cr3ditos a la clientela a la espera de su cobro) y a la correspondiente financiaci3n. Esta inversi3n adicional constituye el activo circulante de la empresa o, en terminolog3a de Ceccherelli<sup>9</sup>, las *Inmovilizaciones de Ejercicio*, las cuales se liquidan a trav3s del ciclo *dinero-mercanc3a-dinero*, llamado tambi3n ciclo de explotaci3n o ciclo financiero a corto plazo. La inversi3n en activo circulante

---

8. J. M. Fern3ndez Pirla, (1970), p. 85.

9. A. Ceccherelli, (1951), pp. 185-200.

depende fundamentalmente del tipo de empresa, cambiando dentro de éste en función de la dimensión y del grado de ocupación o simplemente por razones de política, pues como dice A. Bachiller:

(...) la duración y fases del proceso productivo determinará el nivel de productos en curso; la política de compras fijará los ritmos y cantidad de aprovisionamiento de materias primas para atender la producción; la política comercial de servicio al cliente influirá en los niveles de inventario de productos terminados, así como en los plazos de cobro de las ventas y, por consiguiente, en el nivel de cuentas por cobrar<sup>10</sup>.

En conjunto, el activo fijo y el activo circulante constituyen lo que se denomina *capital en funcionamiento* o estructura económica de la empresa y, a su vez, el conjunto de recursos financieros empleados en su adquisición, constituye el *capital de financiación* o estructura financiera de la misma.

---

10. A Bachiller Cacho y otros, (1982), p. 20.

## Capítulo IV

### **Modelización de las decisiones en la empresa agraria:**

del análisis marginal clásico a la  
programación matemática



## IV.1. INTRODUCCIÓN: EL PAPEL DE LOS MODELOS EN LA PLANIFICACIÓN EMPRESARIAL

Años tras año, campaña tras campaña, el agricultor se enfrenta a decisiones relacionadas con el qué, cómo y cuánto producir. Estas decisiones están orientadas por un conjunto más o menos extenso de objetivos a alcanzar, sujetas a multitud de restricciones de muy diversa naturaleza (físicas, comerciales, financieras, etc.) e insertas en un horizonte arriesgado, que tiene su máximo exponente en el carácter incierto de dos variables incontrolables: niveles unitarios de producción y precios de los productos.

La naturaleza integrada de la producción agraria y la complejidad de la misma, avalan la prevalencia de los métodos de planificación global frente a los métodos de planificación parcial. Pero esos métodos globales deberán ser el mismo tiempo operativos, es decir, capaces de aportar soluciones prácticas a problemas prácticos.

La formulación y evaluación de alternativas, etapa básica del proceso de planificación, es un tema cuya resolución presenta dificultades debido tanto a la inestabilidad de los factores que afectan a la decisión como a la creciente complejidad de los fenómenos económico-financieros. Todo ello hace muy difícil la tarea de integración simultánea en un mismo razonamiento o en un mismo cálculo, del conjunto de las causas y los efectos presentes en el problema. A pesar de ello, tradicionalmente se ha venido considerando un arte la aptitud del hombre para emprender acciones económicas y a la *intuición para los negocios*, fruto de la experiencia acumulada, la herramienta idónea en el proceso de toma de decisiones. Pero como, ya en 1975, afirmaba R. Vinader<sup>59</sup>, la creciente complejidad de los problemas empresariales hace que la experiencia y la intuición sean totalmente insuficiente, debiendo ser completadas por un análisis lógico del

---

59. R. Vinader Zurbano, 1976), p. 15.

proceso que conduce a la decisión y por el empleo de instrumentos científicos de análisis.

El empleo en la reflexión del método científico permite la conexión del binomio *información-razonamiento* con el díptico *intuición-experiencia*, pues la utilización del mismo en los procesos decisionales.

(...) no supone la eliminación de la intuición del empresario, pero sí, la sitúa en el plano que realmente le corresponde, encuadrada dentro de la alta política decisoria, y no como elemento que acompañe con carácter prioritario todas cuantas decisiones hayan de ser tomadas en los distintos niveles de la empresa<sup>60</sup>.

La metodología científica supone el recorrido secuencial de los siguientes pasos<sup>61</sup>

- a) Observar el sistema sobre el que se pretende actuar.
- b) Identificar y formular el problema y establecer objetivos para la tomas de decisiones.
- c) Establecer un modelo (hipótesis) que explique las interrelaciones de todos los factores relevantes, representando al sistema en estudio.
- d) Experimentar, es decir, poner a prueba el modelo.
- e) Verificar la adecuación del modelo y de la solución deducida del mismo.
- f) Poner en práctica la solución

En esencia, el método científico nos permite encerrar en el marco de un modelo los distintos supuestos, alternativas y relaciones que ofrece la realidad, consiguiendo de esta manera una información sobre el acontecer empresarial muy superior a las restringidas aportaciones derivadas del simple conocimiento de hechos empíricos.

El modelo se nos manifiesta así como instrumento de aprehensión, descripción y conocimiento de la realidad, siendo, en el

---

60. L. Cañibano Calvo, 1973), p. 8 s..

61. Véase por ejemplo:  
H. L. Timms, (1972), p. 74; R. L. Ackoff, (1962) y J. Prawda (1977), p. 23.

sentido más general que pueda dársele al término, *cualquier cosa empleada para representar otra cosa*. Más concretamente, y siguiendo a J. Lendrevie<sup>62</sup>, entendemos por modelo una representación, más o menos fiel pero siempre simplificada, de un fenómeno o de un sistema complejo, que tiene por objeto comprender mejor el fenómeno o sistema considerado y permitir una mejor actuación sobre él.

Según Wanty y Federwisch<sup>63</sup>, para que un modelo sea útil y eficaz en planificación empresarial, debe tener las siguientes características:

- a) Debe ser dinámico (capaz de contener los medios para poder realizar su propia evolución en el tiempo).
- b) Debe tener capacidad para reproducir y predecir las características del problema que estudie.
- c) Debe justificarse a sí mismo, en la medida que facilita la gestión de la empresa.
- d) Debe tener la posibilidad de analizar el grado de sensibilidad y vulnerabilidad de la empresa ante cambios coyunturales.
- e) Debe ser una estructura que interrelacione funcionalmente los factores que se hayan considerado.

La construcción de modelos en la ciencia económica se ha decantado claramente hacia el empleo del lenguaje matemático como instrumento de representación, pues las relaciones de interdependencia que es preciso establecer en la aprehensión de esa realidad, hacen claramente insuficiente la descripción-interpretación del fenómeno o sistema en *el lenguaje de todos los días* (modelos verbales) o mediante diagramas, dibujos o gráficos (modelos esquemáticos).

---

62 J. Lendrevie y otros, (1979), p. 471.

63 F. Wanty. y J. Ferderwisch, (1970), p. 4.

Los modelos simbólico-matemáticos consisten en una especificación o formulación matemática que representa el fenómeno en estudio mediante un conjunto de relaciones funcionales entre variables, bajo dos configuraciones generales de complejidad creciente: el enfoque *descriptivo-interpretativo* y el enfoque *descriptivo-interpretativo-normativo*. Mediante el primero se describe e interpreta la realidad (*lo que es* y el *por qué*) dando lugar a los **modelos explicativos**. Y mediante el segundo se describe, se interpreta y se fijan pautas de actuación para la transformación de esa realidad (*lo que debe ser*) con vistas a la consecución de determinados objetivos prefijados, dando lugar a los denominados **modelos de decisión**, constituidos por un modelo básico de carácter explicativo más una función de criterio (objetivo). La estructura general de estos modelos (*modelo de los modelos de decisión*), puede expresarse así <sup>64</sup>:

Optimizar la función de criterio

$$U = F(X)$$

Sujeta a la función de resultados

$$X = f(A, E)$$

En donde:

- U = Nivel de utilidad.
- A = Posibles estrategias o cursos de acción (aspectos controlables del sistema).
- E = Aspectos incontrolables del sistema o *estados de la naturaleza*.
- X = El resultado atribuible a un curso de acción específico y a un estado de la naturaleza.
- f = La función de transformación que relaciona un curso de acción y un estado de la naturaleza, con un resultado.
- F = La función de criterio que transforma un resultado en una utilidad.

---

64. Véase por ejemplo: C. W. Churchman; R. L. Ackoff y E. L. Arnoff, (1973), p. 162.

El problema para el decisor consiste en identificar la estrategia entre todas las estrategias o valores admisibles de A que lleva a U a su valor óptimo.

## IV.2. EL ANÁLISIS MARGINAL CLÁSICO. SUS INSUFICIENCIAS

Como sabemos, la denominada *teoría de la producción agrícola*<sup>65</sup>, nos lleva al conocimiento de las bases técnico-económicas de la producción y al de las condiciones de equilibrio que deben perseguirse en la gestión de la empresa a corto plazo. Esta teoría tuvo su primer antecedente en el análisis de los problemas de la agricultura inglesa, realizado por D. Ricardo<sup>66</sup>, en la primera mitad del siglo XIX. A Ricardo y a Malthus se les debe el concepto de *rendimientos decrecientes* y la idea de la variación incremental de los factores de producción, instrumentos fundamentales del moderno análisis marginal. Posteriormente, J. Von Liebig<sup>67</sup>, en 1855, investiga la relación funcional existente en los procesos de producción agraria entre el empleo de ciertos factores variables, como semilla y abono, y el volumen de producción. Pero es a partir de 1950 cuando la determinación experimental de relaciones de producción agrarias sufre un importante impulso gracias a los trabajos de E. O. Heady<sup>68</sup> en la Universidad de Iowa, constituyendo hoy día un importante tema de investigación en muchos países.

---

65. No es nuestro objetivo proceder aquí al desarrollo sistemático y detallado de la teoría de la producción agrícola, sino hacer una exposición concisa de sus principales premisas y conclusiones. Para el estudio en profundidad de la misma remitimos a la amplia bibliografía existente, en la que hay que destacar:

E. O. Heady, (1961).  
P. Cordonnier; R. Carles; P. Marsal (1975).  
L. A. Bradford y G. L. Johnson, (1953).  
M. de Benedictis y V. Cosentino, (1979).

66 . D. Ricardo, 1955.

67. J. Von Liebig, (1977).

68. Veáse al respecto:

E. O. Heady, (1957).  
E. O. Heady, y J. L. Dillon, (1961)

En los análisis empíricos de la relación existente entre los recursos utilizados y las producciones obtenidas, la unidad de cuenta puede ser la denominada *unidad técnica* (hectárea o cabeza de ganado), la finca (conjunto de unidades técnicas) o la explotación (conjunto de fincas), pues, como afirma E. O. Heady, la aplicación de los principios técnico-económicos de la producción corresponden y se ajustan a cualquiera de estos niveles, si bien el proceso de computación varía en función del nivel de agregación con el que se trabaje. No obstante, por razones de simplificación, facilidad de manejo y minimización del costo del experimento, el estudio de las relaciones entre productos y factores en el marco de la actividad agrícola, se suele hacer a nivel de unidad técnica (hectárea o cabeza de ganado), la cual juega en el experimento el papel de recurso fijo, aplicado en cuantía y calidad constantes, analizándose el efecto que sobre la producción generada por esa unidad técnica (trigo, maíz, leche, carne, etc.), tiene la variación de las cantidades utilizadas de los demás factores necesarios para el desarrollo del proceso. En estas condiciones, los análisis empíricos realizados corroboran la hipótesis de la existencia de rendimientos decrecientes para cada factor variable y para variaciones conjuntas, proporcionales o no proporcionales, de varios factores, pues las cantidades y calidades constantes del resto de los inputs *actúan de frenos de la expansión del proceso productivo y dan lugar a que obre la ley de los rendimientos decrecientes*<sup>69</sup>.

Los procesos de producción pueden explicitarse mediante una función matemática que liga las cantidades de los factores de producción empleados con las cantidades obtenidas de los productos. Esta función, denominada *función de producción* debido a la naturaleza de las variables que la conforman, será única mientras no cambie la técnica del proceso<sup>70</sup>, teniendo además todos sus puntos carácter *máximo*, es decir, que a cada combinación de factores le corresponde un resultado, medido en

---

69. E. Ballestero, (1983), p. 137.

70. La exposición detallada de lo que hay que entender por *técnica constante de producción*, puede verse en E. Ballestero, (1983), p. 96 ss.

unidades físicas de producto, que es el mayor de los resultados posibles. Se supone resuelto, por tanto, el problema meramente técnico de maximización de la eficiencia técnica. Veamos como se aborda desde tales supuestos el problema de optimización de las decisiones para la producción simple y la conjunta:

a) **Cuánto y cómo producir:** el caso de la producción simple

En el supuesto de producción simple (producto único), en la que intervengan  $m$  factores ( $v_1, v_2, \dots, v_i, \dots, v_m$ ), para obtener el producto  $Y_1$ , la función de producción es de la forma:

$$y_1 = f(v_1, v_2, \dots, v_i, \dots, v_m),$$

la cual se supone continua, derivable y sometida a la ley de los rendimientos no proporcionales.

Cuando se considera que sólo puede variar un factor de producción (por ejemplo,  $v_1$ ), permaneciendo constante los otros factores, la función de producción queda como sigue:

$$y_1 = f(v_1/v_2, v_3, \dots, v_i, \dots, v_m) \equiv f(v_1)$$

En el supuesto de que la empresa no pueda influir ni en los precios de los factores de producción que emplea ni en los de los productos que elabora, hipótesis sumamente realista para el caso de la empresa agraria, el ingreso total nos viene dado por:

$$I = P_{y_1} \cdot y_1 = P_{y_1} \cdot f(v_1)$$

en donde  $P_{y_1}$  es el precio del producto  $Y_1$ , e  $y_1$ , el número de unidades obtenidas del mismo.

La función de coste total nos vendrá dada por:

$$C = P_{v_1} \cdot v_1 + K \cdot P$$

en donde  $P_{v_1}$  es el precio del factor  $v_1$ ,  $v_1$  el número de unidades empleadas del mismo en el proceso,  $K$  cantidad de los factores que se mantienen constantes, y  $P$  precio de los factores constantes.

Por último, la función de beneficio nos vendrá dada por:

$$B = I - C = P_{y_1} \cdot f(v_1) - (P_{v_1} \cdot v_1 + K \cdot P)$$

Si, como se supone en el marco de la teoría de la producción, el objetivo de la empresa es la maximización del beneficio, el empresario deberá buscar aquel volumen de producción para el cual se cumple:

$$P_{v_1} = P_{y_1} \frac{df(v_1)}{dv_1} \quad [1]$$

o, lo que es equivalente:

$$\frac{P_{v_1}}{P_{y_1}} = \frac{df(v_1)}{dv_1}$$

En donde

$$P_{y_1} \frac{df(v_1)}{dv_1},$$

es la productividad marginal en valor del factor  $V_1$  en la producción de  $Y_1$  y  $P_{v_1}$  es el costo marginal de ese factor. **Así, la condición de equilibrio en el óptimo expresa que el coste marginal del factor es igual a su productividad marginal en valor.** La resolución en un caso concreto de la ecuación [1] en  $v_1$ , permite conocer el nivel óptimo de empleo del factor variable (**cómo producir**), llevándonos la sustitución de este valor en la función de producción al conocimiento del volumen de producción óptimo (**cuánto producir**).

Como puede fácilmente verse, dada una función de producción concreta, el nivel óptimo de empleo del factor variable y, por consiguiente, el volumen óptimo de producción, depende del valor de la relación  $P_{v_1}/P_{y_1}$ , no conviniendo llegar al punto de máximo técnico de la función de producción salvo en el caso en el que el precio del factor variable sea igual a cero.

Si en la función general de producción se consideran dos factores como variables y sustituibles (por ejemplo  $V_1$  y  $V_2$ ), mientras que las cantidades del resto de los factores permanecen constantes, la función adopta la siguiente forma:

$$y_1 = f(v_1, v_2, v_3, \dots, v_i, \dots, v_m)$$

en la que  $v_1$  y  $v_2$  representan las cantidades de los dos factores de producción variables y  $v_3, \dots, v_m$  la de los factores que se mantienen en cantidades constantes, a los que designaremos como factores fijos.

Una determinada cantidad de  $Y_1$ , por ejemplo  $y_{10}$ , puede obtenerse mediante distintas combinaciones de unidades de cantidad de  $V_1$  y  $V_2$ . El lugar geométrico de los puntos del plano  $v_1v_2$  a los que corresponde un mismo nivel de producción se denomina *curva de isoproducto* y responde al siguiente tipo de función:  $v_1 = G(v_2, y_{10})$ , que se considera continua, derivable y convexa respecto al origen de coordenadas, debido al influjo de la ley de los rendimientos no proporcionales. Es fácil imaginar la existencia de infinitos lugares geométricos correspondientes a diferentes niveles de producción o valores de  $y_1$ .

El desplazamiento por una curva de isoproducto concreta supone la sustitución del factor  $v_1$  ( $v_2$ ) por el factor  $v_2$  ( $v_1$ ) en la producción de  $Y_1$ . Esta sustitución se efectúa según una tasa (tasa marginal de sustitución técnica, TMST) decreciente, como consecuencia de la forma convexa de las curvas de isoproducto. En el supuesto de continuidad de las funciones y de las curvas de isoproducto, tendremos:

$$TMST = -\frac{d_{v_1}}{d_{v_2}}$$

El desplazamiento desde una curva de isoproducto a otra de mayor cota (volumen de producción) se puede conseguir mediante incrementos sucesivos de la cantidad empleada de uno de los factores permaneciendo constante la cantidad empleada del otro factor variable o mediante el incremento simultáneo de las cantidades empleadas de los dos factores variables. En los dos casos, la ley de los rendimientos proporcionales determina la forma de la evolución del volumen de producción<sup>71</sup>, pues, fuere cual fuere el número de los factores que varían, siempre habrá factores cuyas cantidades no son incrementadas actuando así de

---

71. J. Chombert de Lauwe y otros, (1965), p. 113 ss.

freno a la expansión de la producción. Por consiguiente, cuando a partir de una determinada combinación de factores variables, asociada a una determinada cantidad de producto tan pequeña como se quiera, aplicamos incrementos simultáneos y sucesivos en las cantidades empleadas de los factores, según una proporción dada  $T$ , se van obteniendo incrementos de la producción en una proporción superior, igual o inferior a la proporción  $T$ . Cada una de las cantidades de producto se corresponde con un punto de una curva de isoproducto específica, denominándose al lugar geométrico de los puntos correspondientes a los diferentes niveles de producción posibles, *camino de expansión de la producción, función de rendimiento, línea de proporciones óptimas o línea de coste mínimo*.

**El problema general que se presenta en la última situación descrita es la determinación de la combinación óptimas de recursos y del volumen óptimo de producción** cuando el objetivo es la maximización del beneficio y no existe más restricción que la que pueda derivarse de la función de producción<sup>72</sup>. Y para resolverlo necesitamos conocer las formas que ahora adoptan las funciones de ingreso total, de coste total y de beneficio. Estas son:

$$\begin{aligned}
 \text{- Ingreso total:} & \quad I = P_{y1} \cdot y_1 = P_{y1} \cdot f(v_1, v_2) \\
 \text{- Coste Total:} & \quad C = P_{v1} \cdot v_1 + P_{v2} \cdot v_2 + K \cdot P \\
 \text{- Beneficio:} & \quad B = I - C = P_{y1} \cdot f(v_1, v_2) - \\
 & \quad (P_{v1} \cdot v_1 + P_{v2} \cdot v_2 + K \cdot P)
 \end{aligned}$$

La combinación óptima de recursos (cómo producir) y el volumen óptimo de producción (cuánto producir) se obtiene mediante la resolución del sistema de ecuaciones que resulta de igualar a cero las funciones derivadas parciales de la ecuación de beneficio. Es decir:

---

72. Al objeto de no hacer excesivamente larga esta exposición de la teoría de la producción en la empresa agraria, eludimos el tratamiento de dos cuestiones adicionales, a saber: 1) la determinación de la combinación óptima de recursos para un nivel de producción dado, y 2) la determinación del nivel óptimo de producción dada la combinación de recursos que debe usarse. Puede encontrarse una exposición detallada de estas cuestiones en cualquiera de los libros de la bibliografía

$$\frac{\delta\beta}{\delta v_1} = P_{y1} \frac{\delta f}{\delta v_1} - P_{v1} = 0 \quad [2]$$

$$\frac{\delta\beta}{\delta v_2} = P_{y1} \frac{\delta f}{\delta v_2} - P_{v2} = 0 \quad [3]$$

Si los valores de  $v_1$  y  $v_2$  encontrados al resolver el anterior sistema, que tienen el carácter de óptimo, los sustituimos en la función de producción, se obtiene el correspondiente valor óptimo de ésta. Por otra parte, las anteriores condiciones de equilibrio (ecuaciones [2] y [3]) nos dicen que en el óptimo cada factor es utilizado en una cantidad tal que su productividad marginal en valor es igual a su precio de adquisición, es decir:

$$P_{y1} \frac{\delta f}{\delta v_1} = P_{v1} \quad / \ \ P_{y1} \frac{\delta f}{\delta v_2} = P_{v2}$$

conclusión fácilmente generalizable a más de dos factores.

Dividiendo [2] por [3], se obtiene:

$$\frac{\delta f}{\delta v_1} / \frac{\delta f}{\delta v_2} = P_{v1} / P_{v2}$$

es decir, que en el óptimo el cociente de las productividades físicas marginales de los factores es igual al cociente de sus precios. Y teniendo en cuenta que  $v_1$  y  $v_2$  están ligados por la función de producción, tenemos por último que:

$$\frac{P_{v1}}{P_{v2}} = - \frac{\delta v_2}{\delta v_1}$$

es decir, **la relación de sustitución técnica entre los factores es, en el óptimo, inversamente igual al cociente de sus precios.**

**Queda claro, por consiguiente, que para una técnica de producción dada, el volumen óptimo de producción y la combinación óptima de factores variables son función de los precios de los factores y del producto, variando cuando aquéllos y éstos varíen en cuantía tal que se produzca un cambio en el valor de las ya referidas relaciones de precios entre factores y entre los precios**

de éstos y el del producto.

b) **Qué, cuánto y cómo producir:** el caso de la producción conjunta.

Cuando, como es normal en la empresa agraria, la producción no es simple sino múltiple o conjunta, el problema de la asignación de factores entre usos alternativos se presenta con toda su amplitud y complejidad.

La función de producción adopta ahora la siguiente forma general:

$$F (y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n ; v_1, v_2, \dots, v_i, \dots, v_m) = 0$$

siendo  $y_i$  las producciones posibles de los productos  $Y_i$  y  $V_i$  las cantidades de los factores variables  $V_i$  empleados en la producción.

Se admite la continuidad y la existencia de derivadas parciales de primero y segundo orden, así como la concavidad de la función, debido, ahora también, al influjo de la ley de los rendimientos no proporcionales. Los factores variables se combinan en la producción de cada producto según la línea de proporciones óptimas, cuya evolución y comportamiento ya han sido analizados.

Para el caso de dos productos y dos factores variables ( $Y_1, Y_2, V_1, y V_2$ , por ejemplo), el ingreso total nos viene dado por

$$I = P_{y1} \cdot y_1 + P_{y2} \cdot y_2$$

el coste total por

$$C = P_{v1} \cdot v_1 + P_{v2} \cdot v_2 + K \cdot P$$

Y el beneficio, por último, por

$$B = I - C = P_{y1} \cdot y_1 + P_{y2} \cdot y_2 - (P_{v1} \cdot v_1 + P_{v2} \cdot v_2 + K \cdot P)$$

Supuesta la maximización de éste como objetivo prioritario a corto plazo, se trata de hallar la combinación de cantidades de productos y factores a la que le corresponde ese valor máximo,

sujeta a la restricción de la función de producción.

Como es bien sabido, el problema se resuelve mediante la aplicación del método de Lagrange. Para ello formamos la función:

$$F = \sum_{j=1}^n P_{y_j} \cdot y_j - \sum_{i=1}^m P_{v_i} \cdot v_i + \mu f(y_j, v_i)$$

y calculamos las derivadas parciales con respecto a cada uno de los productos, con respecto a cada uno de los factores y con respecto al multiplicador,  $\mu$ . Igualando a cero las funciones derivadas obtenidas nos encontramos con un sistema de tantas ecuaciones como incógnitas, cuya resolución nos permite hallar los valores óptimos buscados. Es decir:

$$\frac{\delta F}{\delta y_j} = P_{y_j} + \mu \frac{\delta f}{\delta y_j} = 0 \quad [4]$$

$$\frac{\delta F}{\delta v_i} = P_{v_i} + \mu \frac{\delta f}{\delta v_i} = 0 \quad [5]$$

$$\frac{\delta F}{\delta \mu} = f(y_j; v_i) = 0 \quad [6]$$

Si entre las expresiones [4] y [5] particularizadas para dos productos y dos factores, se elimina  $\mu$ , se obtiene

$$\frac{1}{P_{y_1}} \frac{\delta F}{\delta y_1} = \frac{1}{P_{y_2}} \frac{\delta F}{\delta y_2} = \frac{1}{P_{v_1}} \frac{\delta F}{\delta v_1} = \frac{1}{P_{v_2}} \frac{\delta F}{\delta v_2} \quad [7]$$

lo que nos permite llegar a las siguientes conclusiones, fácilmente generalizables para más de dos productos y más de dos factores:

1ª) La igualdad entre los dos últimos miembros de la cadena [7] nos permite obtener:

$$\frac{P_{v_2}}{P_{v_1}} = \frac{\delta F / \delta v_2}{\delta F / \delta v_1}$$

y teniendo en cuenta que  $v_1$  y  $v_2$  están ligados por la función de producción:

$$\frac{P_{v_2}}{P_{v_1}} = - \frac{\delta_{v_1}}{\delta_{v_2}}$$

es decir, **la relación de sustitución técnica para cada par de factores, manteniendo constantes los niveles de todas las producciones y de los demás factores, es, en el óptimo, inversamente igual al cociente de sus precios.**

2ª) Una sencilla transposición de los dos primeros miembros de la cadena [7], nos permite obtener

$$\frac{P_{y_1}}{P_{y_2}} = \frac{\delta F / \delta_{y_1}}{\delta F / \delta_{y_2}}$$

y teniendo en cuenta que al estar  $y_1$  e  $y_2$  ligados por la función de producción.

$$\frac{\delta F / \delta_{y_1}}{\delta F / \delta_{y_2}} = \frac{\delta_{y_2}}{\delta_{y_1}}$$

tenemos

$$\frac{P_{y_1}}{P_{y_2}} = - \frac{\delta_{y_2}}{\delta_{y_1}}$$

Lo que demuestra que **la relación de transformación para una pareja cualquiera de productos, manteniendo fijas las cantidades de los demás productos y de los factores, es, en el óptimo, inversamente igual al cociente de sus precios.** El signo (-) se debe a que un incremento en la cantidad obtenida de  $Y_1$  ocasiona un incremento en la cantidad obtenida de  $Y_2$  de signo contrario. Los productos se manifiestan como competitivos y no como suplementarios o complementarios.

Debido al influjo de la ley de los rendimientos decrecientes, la superficie de transformación de las producciones es cóncava, lo que origina una **relación de transformación creciente.**

3ª) Relacionando el primer y último término de la cadena [7], tenemos

$$\frac{P_{v_2}}{P_{y_1}} = - \frac{\delta F / \delta v_2}{\delta F / \delta y_1},$$

pero si tenemos en cuenta que  $y_1$  y  $v_2$  están relacionados por la función de producción y que, por consiguiente,

$$- \frac{\delta F / \delta v_2}{\delta F / \delta y_1} = \frac{\delta y_1}{\delta v_2}$$

tenemos, por último

$$\frac{P_{v_2}}{P_{y_1}} = \frac{\delta y_1}{\delta v_2},$$

o, lo que es equivalente

$$P_{v_2} = P_{y_1} \frac{\delta y_1}{\delta v_2}$$

expresión que vuelve a reproducir la igualdad básica del caso analizado en primer lugar de un solo producto y un solo factor, pero ahora con carácter general. Esta expresión nos dice que **en la producción de  $Y_1$  ( $Y_i$ , en general) el factor  $V_2$  ( $V_i$ , en general) deberá emplearse hasta que su productividad marginal en valor se haga igual a su precio. O, dicho de otra manera, que la razón entre el precio de un factor y el de un producto debe ser, en el óptimo, igual a la productividad marginal del primero o tasa marginal de transformación entre el factor y el producto.**

Hasta aquí nuestra exposición, necesariamente resumida, de la respuesta que el análisis marginal clásico da al problema de la asignación de recursos escasos en el seno de la empresa agraria. Sin duda, sus resultados suponen una importante aportación al conocimiento del funcionamiento de la empresa agrarias, sobre todos si nos circunscribimos al ámbito estricto de la producción. No obstante, la aplicación del modelo a la toma de decisiones en situaciones reales, la consideramos totalmente inviable aunque sólo sea por la imposibilidad de disponer de funciones generales de producción que respondan a cada realidad concreta. Imposibi-

lidad que se debe fundamentalmente a la gran complejidad del caso en estudio en el que la presencia de relaciones de acoplamiento, de complementariedad y de suplementariedad entre producciones, unidas a la existencia de factores sustituibles-limitativos, limitativos y ligados, es algo a lo que el decisor se debe enfrentar, aun en el caso más simple. Por añadidura, existen en el campo de la decisión multitud de limitaciones, yuxtapuestas a la más general de la función de producción, no contempladas por el modelo marginal. A esta deficiencia hay que añadir la que se deriva de su enfoque maximizador y de objetivo único, ya que la realidad no se corresponde con esas premisas, sino que ésta se caracteriza más bien por la existencia de otros objetivos junto al beneficio y la actitud no maximizadora del sujeto decisor, como hemos tenido ya ocasión de comprobar. Resultan especialmente esclarecedoras al respecto las palabras de R. Dorfman, P. A. Samuelson y R. M. Solow en su crítica a la exposición que Sune Carlson hace del método marginal clásico y en defensa de la programación matemática. Para los citados autores, el método marginal clásico:

(...) centra su atención en los flujos de factores y de productos, porque éstas son las variables que llevan el impacto de la empresa en cuestión a los mercados en que opera. En la formulación de la programación, estos flujos desempeñan un papel secundario (enterrados en las variables de nivel de actividad) porque, precisamente debido a que varían libremente, los factores y productos variables no delimitan el campo de elección y no son **escasos** para la empresa en cuestión. Por otra parte, en la formulación de la programación, y de forma más explícita cuando las restricciones son lineales, las cantidades de factores productivos fijos son esenciales al problema, porque son datos fundamentales en la determinación de lo que la empresa puede y no puede hacer, mientras que en la formulación convencional estos mismo factores fijos pueden considerarse como algo secundario al problema, precisamente porque sus cantidades son fijas y predeterminadas. Otra forma de expresar el mismo contraste es observar que, en el método de la programación, los precios de los factores variables se consideran dados, sin merecer una atención explícita, y se trata de imputar valores fijos a los factores fijos, mientras que el análisis convencional considera los costes de los factores fijos como **hundidos** y se concentra en las influencias que determinan los flujos y los precios de los factores variables. En resumen, el método de la programación mira hacia dentro, hacia la empresa; el método convencional mira hacia fuera, hacia el mercado, aunque trate con una empresa solamente<sup>73</sup>

Todo lo anterior no significa que deban ignorarse las enseñanzas de la teoría de la producción sino que, como dicen C. S. Barnard y J. S. Nix<sup>74</sup>, estas enseñanzas deben incorporarse a las técnicas operativas de planificación de tal forma que el modelo aplicado

---

73. R. Dorfman, P. A. Samuelson y R. M. Solow, (1972), p. 218.

74. C. S. Barnard y J. S. Nix, (1984), p. 39.

se aleje lo menos posible de la realidad, ayudando al mismo tiempo a las *personas prácticas* a tomar *decisiones prácticas*.

### IV.3. EL ENFOQUE DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA

La Programación Matemática constituye un enfoque alternativo al análisis marginal clásico en la resolución del problema de la asignación de recursos escasos entre usos alternativos.

El papel clave que la función de producción juega en el modelo marginal es en la Programación Matemática desempeñado por el *proceso productivo* o *actividad productiva*, concepto estrechamente relacionado con el de función de producción pero, obviamente, no coincidente con él. Para R. Dorfman y otros

(...) un proceso productivo es un suceso o serie de sucesos físicos en que participa el hombre con la intención de transformar recursos en productos<sup>75</sup>.

Los procesos también pueden ser concebidos como articulaciones necesarias del mecanismo de producción, incluyéndose en el mismo como demandantes de factores y oferentes de productos. Algunos de los factores productivos necesarios para el desarrollo de los mismos tienen a corto plazo carácter limitado para la empresa, mientras que otros pueden ser empleados en cantidades no limitadas pero, eso sí, respetando una cierta limitación de orden financiero. En consecuencia, cada proceso podrá desarrollarse hasta un determinado nivel positivo, siempre y cuando se disponga, claro está, de los factores de producción necesarios. Si el cambio en una determinada proporción en el empleo de los factores provoca un cambio proporcional en el nivel de producción, estamos ante una modificación del nivel del proceso. Por el contrario, si el cambio en la intensidad de empleo de factores y la correlativa liberación de productos no fuera proporcional, estaríamos en realidad, ante un cambio de proce-

---

75. R. Dorfman; (1967), p. 20.

sos y no ante un cambio en el nivel de un determinado proceso. Puede afirmarse, en consecuencia, que los distintos puntos de una función de rendimiento no lineal representan una familia de procesos que emplean los mismos factores y liberan los mismos productos, pero con distintos valores de la relación *factor/producto* en cada uno de esos puntos; por el contrario, los puntos de una función de rendimiento lineal y homogénea de grado uno, representan niveles distintos del mismo proceso, por ser constante el valor de la relación *factor/producto* a lo largo de toda ella.

La Programación Matemática sustituye la función de producción de la teoría clásica por un conjunto finito de procesos o actividades unidos entre sí por determinadas relaciones que permiten tener en cuenta la necesidad de mantener el consumo de recursos dentro de los límites fijados por las disponibilidades. Estas actividades o procesos son ahora las auténticas variables de decisión, centrándose el problema en la búsqueda del subconjunto de actividades más eficiente, así como sus respectivos niveles de intensidad (programa de producción). Se responde así de forma indirecta al *qué, cómo y cuánto* producir pues, como ya hemos dicho, el desarrollo de cada actividad implica el consumo de determinados factores y la liberación de determinados productos. Matemáticamente hablando, el problema consiste en hallar el valor óptimo de la función  $f(X)$ , en donde  $X$  es el vector de intensidades de los procesos, sujeta a las limitaciones que se derivan de la existencia de recursos productivos limitados y a las condiciones de no negatividad. Es decir:..

Óptimo de  $f(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n)$

Sujeto a:

$$g_1(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n) \leq b_1$$

$$g_2(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n) \leq b_2$$

$$g_i(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n) \leq b_i$$

$$g_m(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n) \leq b_m$$

$$X_j \geq 0$$

En donde  $X_j$  denota las intensidades de los procesos,  $b_i$  las disponibilidades de recursos fijos, y  $f$  y  $g_i$  son funciones lineales o no lineales.

Desde el punto de vista conceptual, la Programación Matemática supone un avance frente al modelo marginal debido tanto a su mayor operatividad como a su forma diferente de contemplar la realidad empresarial. Además, la estructura general del modelo permite recoger la no divisibilidad perfecta de algunos recursos y de algunas actividades, así como el manejo de objetivos múltiples y de restricciones de desigualdad, generalmente más acordes con la realidad cuando se refieren a limitación de recursos, que las restricciones de igual, exclusivas y típicas en la optimización clásica.

Cuando todas las funciones del modelo ( $f$  y  $g$ ) son lineales estamos en el dominio de la Programación Lineal. Cuando alguna o algunas de las funciones del modelo son no lineales, estamos en el caso de la Programación no Lineal.

Las condiciones para el óptimo de un problema de programación no lineal (condiciones de Kuhn-Tucker) son una generalización de las ya referidas condiciones de igualdad marginal de la teoría de la producción y constituyen un enlace entre estas condiciones y las de óptimo en la programación lineal, a la que más adelante nos referiremos. En efecto: la interpretación económica de las condiciones de Kuhn-Tucker nos dice que una variable ( $X_j$ ) sólo entra a formar parte de la solución óptima (programa óptimo) si el ingreso marginal asociado a la misma es igual al coste marginal asociado, no entrando a formar parte de esa solución óptima, cuando el ingreso marginal asociado sea inferior al coste marginal correspondiente.

La programación no lineal mantiene entre sus hipótesis la de los rendimientos no proporcionales de la teoría de la producción por lo que podríamos afirmar que su robustez teórica es superior a la de la programación lineal. Pero al igual que ocurre con el

análisis marginal clásico, la programación no lineal tiene una importante limitación para su empleo en planificación de situaciones reales, por la dificultad que entraña la determinación empírica de funciones  $f$  y  $g_i$  no lineales, hasta el punto de que, como ocurre con las funciones de producción, poquísimos empresarios, por no decir ninguno, estarán en condiciones de aportar ni siquiera la información de carácter empírico necesaria para el ajuste de dichas funciones aun cuanto la dificultad sea menor que la asociada a la determinación de funciones generales de producción. Ello hace que la programación no lineal tenga en la actualidad una reducida proyección práctica, excepción hecha de algunas formas muy concretas, como pueden ser el caso de la programación cuadrática, y hace también que en nuestra valoración de los distintos enfoques que configuran el campo de la programación matemática, acabemos asignándole la máxima puntuación a los modelos lineales, pues en el marco de nuestra reflexión sobre planificación en la empresa agraria, en la que prima el carácter *aplicado* frente al *básico*, se nos presenta como el enfoque más adecuado debido a su mayor operatividad, a su menor exigencia de calidad en la información y a que la adopción de sus hipótesis, si bien algunas veces implica simplificación de la realidad en lo que respecta al carácter de las relaciones entre factores y productos, ello no lo es en grado tal que haga inaceptables la soluciones del modelo, pues si se aplica correctamente el principio de la diferenciación de actividades, sus postulados acaban siendo realmente poco restrictivos, pues el empleo adecuado de la diferenciación permite incluso la modelización de posibles comportamientos no lineales desde el postulado básico de la linealidad de los procesos productivos.

Junto a la linealidad, la programación lineal tiene otros dos postulados como propios: la aditividad y la finitud:

El postulado de aditividad nos dice que si dos o más procesos idénticos o no idénticos se desarrollan simultáneamente, los resultados físicos serán aditivos, es decir, que las cantidades de productos y de factores serían la suma de las cantidades que

resultan si se desarrollan individualmente los distintos procesos. Mediante el postulado de finitud se supone que el número de procesos es finito. En caso contrario sería técnicamente imposible realizar el cálculo.

Los dos primeros postulados (linealidad y aditividad) implican un conjunto de supuestos referentes a las relaciones factor-producto, factor-factor y producto-producto que contradicen, en principio, las observaciones empíricas del análisis marginal. Dichos supuestos son: 1º) los factores actúan como limitativos y ligados y no como sustitutivos; 2º) los productos son independientes entre sí; y 3º) las relaciones de transformación factor-producto y producto-producto son constantes. En la práctica es posible, sin embargo, conseguir una aproximación suficiente a la realidad no lineal mediante la expansión del conjunto de procesos, el cual, al tener que ser necesariamente finito, constituye un conjunto de puntos discretos frente a las curvas suaves y continuas de la teoría. Ello hace que el postulado de finitud sea, en realidad, el más limitativo de los tres, en contra de lo que a primera vista pudiera parecer, pero que puede ser superado en parte, como a continuación veremos.

Relaciones no lineales de transformación factor-producto o de sustitución factor-factor, originadas por la ley de los rendimientos no proporcionales, pueden recogerse en el modelo de programación lineal mediante la definición de actividades que representen puntos discretos de las funciones. Supongamos a título aclaratorio que la relación entre el aumento de la intensidad de un determinado factor variable,  $V$ , (simple o complejo, eso no hace al caso), y la producción por hectárea (Ha.) de un producto hipotético  $Y$ , nos viene dada por el siguiente conjunto de datos experimentales:

UNIDADES DE $V$ POR Ha.	UNIDADES DE $Y$ POR Ha.
1	10
2	16
3	20

La determinación de la cantidad óptima a emplear por hectárea del factor V y la correlativa cantidad de productos a obtener si se quieren alcanzar determinados objetivos, pasa en el modelo marginal por el ajuste de la función de producción correspondiente que se torna en instrumento fundamental del análisis. La programación lineal sustituye esa función por un conjunto de actividades independientes. Teóricamente el número de actividades posibles es infinito cuando la función es continua, de ahí el carácter fuertemente restrictivo de la hipótesis de finitud. Razones de orden práctico obligan siempre al manejo de un número finito de actividades, pues en caso contrario la información necesaria y la complejidad del modelo lo harían inviable. Si consideramos sólo las cuatro parejas de valores antes referidas, la función de producción quedaría sustituida en el modelo lineal por cuatro actividades separadas, con las siguientes características:

	Actividad			
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
Contribución al objetivo por unidad de actividades	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
Producción unitaria	10	16	20	22
Consumo de factores				
Tierra	1	1	1	1
Factor variable	1	2	3	4

La programación lineal presupone la proporcionalidad de las actividades X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> y X<sub>4</sub>, de manera que si estamos aplicando una unidad de tierra y una unidad de factor V, derivándose de ello una producción de diez unidades de Y, la aplicación de dos unidades de tierra y dos unidades de factor V lleva a la obtención de veinte unidades de Y. Esta hipótesis no está en absoluto en desacuerdo con el análisis marginal, pues entre los principales axiomas de éste se encuentra el de que la curvatura usual de las funciones de producción (o, si se quiere, de la función de rendimiento) se debe a cambios en las proporciones de los factores

y no a cambios en la escala, o dicho de otra manera, que la curvatura de las funciones de producción se debe al paso de un proceso a otro, más que a cambios en la escala de aplicación o nivel de intensidad de los procesos. Por consiguiente, si partimos de un punto de la función de producción y duplicamos la cantidad empleada de cada factor, el producto obtenido se duplica igualmente, pues la operación equivale a realizar dos veces un proceso productivo idéntico. Una de las grandes diferencias entre el análisis marginal y la programación matemática está entonces en el número de posibilidades de producción que uno y otro enfoque contemplan: infinito en el primer caso y finito en el segundo, lo cual por sí mismo puede provocar ciertas variaciones en el resultado de la planificación a igualdad de todo lo demás, pero ello lo vemos como algo menor frente al hecho cierto de la ganancia en operatividad.

La diferenciación de actividades permite también la consideración a nivel de modelo de las posibles relaciones de sustitución entre factores en la producción de un determinado producto, aunque lógicamente de forma menos exhaustiva que podría hacerse a través del manejo de funciones continuas, pues dicha diferenciación sólo permite la consideración de un conjunto discreto de combinaciones alternativas de factores, los cuales a nivel de cada una de ellas son tratados como limitativos y ligados. Para fijar ideas, supongamos que sobre una hectárea de trigo (Y), se hacen variar las dosis de fertilizantes ( $V_1$ ) y de agua de riego ( $V_2$ ). Tendríamos así el cuadro de doble entrada, representativo de la función de producción  $y = f(v_1, v_2)$ , que indica la cantidad física de producción que obtenemos modificando la proporción de los dos factores.

Dosis de fertilizante por hectárea ( $V_1$ )	Producción de trigo por hectárea (Y)		
5	30,6	52,8	68,2
3	24,8	41,8	55,4

1	16,0	27,7	35,7
<b>Dosis de agua de riego por hectárea (V<sub>2</sub>)</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

En el marco del análisis marginal clásico, la determinación de las dosis óptimas por hectárea de fertilizante y agua de riego pasaría por el ajuste de la función  $y = f(V_1, V_2)$ , lo cual si se admite la continuidad de la misma supondría la elección entre infinitas alternativas o combinaciones. Por el contrario, el planteamiento del problema en términos de programación lineal, obliga a la consideración de un número limitado de alternativas, por ejemplo las nueve expresamente reflejadas en el cuadro, debiéndose definir tantas actividades como alternativas se consideren, quedando restringido a ellas el campo de elección.

Evidentemente, este método de tomar puntos discretos sobre las funciones sólo es una aproximación a las curvas suaves y continuas de la teoría, que puede llevar muchas veces a la determinación de óptimos relativos y no de óptimos absolutos. Por ejemplo, en el caso de la producción de trigo, la combinación óptima de factores puede no estar entre las especificadas en el cuadro. Pero hay que tener en cuenta que, desgraciadamente, en la práctica no es posible la elección entre puntos concretos de funciones de producción determinadas. Éstas no existen y habrá que conformarse con el manejo de combinaciones unitarias de factores determinadas de forma empírica, sobre las que no se tendrá en muchos casos garantía de que sean las más indicadas, salvo la que pueda derivarse del hecho de su uso más o menos generalizado por parte de los agricultores.

La hipótesis de aditividad implica la independencia entre las actividades en el sentido de que la elección de una no lleva consigo la elección de otra y que la realización de una no ejerce ninguna influencia sobre la demanda de factores y el rendimiento de la otra. Ello no concuerda enteramente con la realidad, ya que junto a actividades realmente independientes, son frecuentes en la empresa agraria los casos de productos (y, por tanto, de actividades) complementarios y acoplados, que guardan una

cierta relación de dependencia en la cadena interna de producción, o que son interdependientes simplemente porque el responsable de la decisión establece que si se introduce una de las producciones necesariamente debe introducirse la otra. La realidad de la interdependencia entre actividades puede, por fortuna, recogerse en los modelos de programación lineal manteniendo a la vez la hipótesis de aditividad. Ello puede hacerse bien combinando las actividades conexas en una única actividad (conjunto de actividades acopladas) de manera que las actividades que configuren el campo de elección sean realmente independientes entre sí o bien dejando a las actividades ligadas por relaciones de dependencia como actividades separadas, pero vinculándolas de tal modo que no se pueda introducir una de ellas a menos que haya ingresado la otra en la solución en primer término.

Por consiguiente, a partir de una atenta definición de actividades y de los límites entre los que pueden variar sus respectivos niveles, es posible traducir bastante fielmente el fenómeno de la producción en la agricultura, llegando así a modelos con el suficiente grado de aproximación a una realidad lineal en muchas de sus manifestaciones y no lineal en otras, desde la hipótesis básica de linealidad.

## Capítulo V

**El modelo de planificación  
propuesto:** estructura matemática y  
análisis sucinto de variables  
y restricciones



## V.1. PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA: EL PARADIGMA DE LA PROGRAMACIÓN POR METAS

Las reflexiones hasta aquí hechas han dejado claro que la toma de decisiones en la empresa agraria se caracteriza por la presencia de objetivos múltiples y una aptitud del sujeto decisor orientada a la satisfacción y, por ende, *no maximizadora*. Por ello, la programación lineal corriente se nos muestra como un enfoque poco adecuado, pues sólo incorpora un objetivo a la función de logro, recibiendo el resto de los objetivos el tratamiento de meras restricciones; después, elige del conjunto de soluciones que satisfacen las restricciones, la que maximiza (o minimiza) la función objetivo, con lo que el objetivo incorporado a ésta se sitúa de hecho en último término de prioridad.

En el marco de la programación matemática se distinguen dos enfoques en el análisis de problemas de toma de decisiones en presencia de objetivos múltiples, que representan un avance claro sobre la programación lineal corriente: a) la programación por objetivos, denominada también *programación por metas* (goal programming)<sup>76</sup>, y b) la programación multiobjetivo. Como afirma J. Domingo:

La programación multiobjetivo analiza el problema de optimizar simultáneamente varios objetivos sujetos a la satisfacción de un conjunto de restricciones, que usualmente son lineales. Como resulta imposible de definir un óptimo cuando existen varios objetivos, la programación multiobjetivo en vez de buscar un único óptimo, trata de generar el conjunto de soluciones eficientes (también llamadas soluciones no dominadas u óptimos de Pareto)<sup>77</sup>.

Por el contrario:

El propósito de la programación por metas consiste en minimizar las desviaciones entre el nivel de logro de cada objetivo y su correspondiente nivel de aspiración<sup>78</sup>.

En función de cuál sea el proceso seguido en la minimización de

---

76. La meta es la combinación de un objetivo con un nivel de aspiración.

77. J. Domingo, (1984), p. 107.

78. J. Domingo, (1984), p. 105 s.

esas desviaciones, cabe hablar de la *programación por metas ponderadas* y de la *programación por metas lexicográficas*. Ambas modalidades han sido concebidas y desarrolladas por A. Charnes y W. W. Cooper<sup>79</sup>, si bien es verdad que la última lo fue de una forma embrionaria, siendo posteriormente desarrollada por Y. Ijiri, S. M. Lee y J. P. Ignizio<sup>80</sup>. Un análisis más actual de las ventajas, debilidades y variantes de la programación por metas, puede verse en C. Romero y T. Rehman<sup>81</sup> y C. Romero<sup>82</sup>.

El enfoque de la programación por metas presenta un claro avance frente a la programación lineal corriente y frente a la programación multiobjetivo, ya que permite una mayor adaptación de la formulación del problema al caso real en sí, al combinar la lógica de la programación matemática convencional con el deseo del ente decisor de satisfacer, en sentido simoniano, diferentes objetivos.

## Estructura matemática del modelo

Como ya hemos visto en páginas anteriores, los componentes principales de los modelos de programación matemática son:

- las variables
- las relaciones estructurales entre variables o restricciones
- los coeficientes (parámetros o datos) y
- la función objetivo o de logro.

En el caso de la programación por metas, la disposición de esos componentes da lugar, en el caso más general, a la siguiente

---

79. A. Charnes y W.W. Cooper, (1961).

80. Y. Ijiri, (1976).  
S. M. Lee, (1972).  
J. P. Ignizio, (1976).

81. C. Romero y T. Rehman (1984 y 1989).

estructura matemática.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{h=1}^H (y_h^+ + y_h^-)$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{j=1}^n C_{hj} X_j - (y_h^+ - y_h^-) = G_h; \text{ para } h = 1, 2, \dots, H$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i; \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, m \\ j = 1, 2, \dots, n$$

$$X_j \geq 0$$

$$y_h^+ \geq 0$$

$$y_h^- \geq 0$$

Siendo:

$X_j$  = variables del modelo.

$C_{hj}$  = coeficientes de las restricciones-meta.

$a_{ij}$  = coeficientes de las restricciones rígidas, originales de la programación lineal.

$G_h$  = valor numérico asignado al objetivo h (meta).

$b_i$  = disponibilidades de recursos.

$y_h^\pm$  = desviación positiva o negativa sobre la meta.

$H$  = número de objetivos o número de restricciones-meta.

$m$  = número de restricciones rígidas.

$n$  = número de actividades.

Y en donde los  $C_{hj}$ ,  $a_{ij}$  y  $b_i$ , pueden tener componente aleatorios.

Como se desprende de lo anterior, la idea básica de la programación por metas se centra en la minimización de las posibles desviaciones entre el logro efectivo y los niveles de aspiración fijados para los distintos objetivos. Las metas presentes en una situación decisonal pueden tener importancia distinta para el decisor o la desviación en un sentido ser más significativa que en el sentido contrario, en alguna o algunas de las metas pro-

---

82. C. Romero, (1986 y 1993).

puestas. Ello puede ser tenido en cuenta en la anterior expresión asignando pesos diferentes,  $P_h^+$  y  $P_h^-$  a las variables de desviación  $y_h^+$  e  $y_h^-$ , quedando entonces la función objetivo configurada como sigue.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{h=1}^H (P_h^+ y_h^+ + P_h^- y_h^-)$$

sujeta estrictamente a las mismas restricciones anteriores.

Los coeficientes de ponderación pueden ser excluyentes, en cuyo caso estaríamos en el dominio de la programación por metas lexicográficas, o no excluyentes, en cuyo caso estaríamos en el dominio de la programación por metas ponderadas.

En aquellas situaciones en las que  $G_h$  sea lo que se denomina *una meta de cota inferior*, el valor asignado a  $P_h^+$  deberá ser estrictamente igual a cero, pues en este caso sólo se desea realmente evitar las desviaciones por debajo del nivel de aspiración. Cuando, por el contrario, lo que se quiere evitar sean las desviaciones por encima del nivel de aspiración (*meta de cota superior*), el valor cero habrá que asignárselo a  $P_h^-$  eliminando así de hecho  $y_h^-$  de la función objetivo.

## V.2. LAS VARIABLES DE PROGRAMACIÓN

Se distinguen cinco grandes categorías de variables:

- 1°. De situación.
- 2°. De decisión.
- 3°. De resultados.
- 4°. De *escritura o especiales*.
- 5°. De holgura.

### Variables de situación

Informan del estado inicial del sistema, punto de arranque de la planificación. El mismo está configurado por las distintas partidas

del balance de situación, en cuanto expresión de lo que la empresa tiene y lo que la empresa debe, y por otros conceptos sin cabida en la contabilidad clásica o tradicional, que hacen referencia a ciertas disponibilidades de recursos como la mano de obra o el agua para riego, delimitadores también del marco de actuación de la empresa a corto plazo y, por ende, del conjunto de soluciones posibles.

Cabría plantearse la introducción en el modelo de todos los anteriores conceptos bajo la forma de variables históricas con valor predeterminado, pero la incidencia negativa que este enfoque tiene sobre las dimensiones de la matriz (hay que crear tantas filas y columnas como conceptos específicos se manejen), nos lleva a otra forma de modelización que permite la superación del problema de la dimensión sin pérdida alguna en el poder descriptivo del modelo. La solución alternativa propuesta consiste en tratar los mencionados conceptos no como variables sino como coeficientes técnicos de una única variable ( $X_E$ ) de valor unitario y expresiva de ese estado o punto inicial de referencia en la planificación. El vector columna de esta variable tiene como coordenadas los distintos saldos físicos o monetarios correspondientes a las partidas configuradoras de esa situación inicial o de arranque para la planificación.

## **Variables de decisión**

Simbolizan actividades a realizar por la empresa, representando sus valores en la solución, el nivel o dimensión que deben alcanzar dichas actividades en la ejecución del plan de actuación resultante para el ejercicio de referencia. Son formas alternativas de utilización o empleo de los recursos disponibles, cuyos valores determinan en gran medida el de las variables de resultados.

Se distinguen cinco grandes clases de variables de decisión o actividades:

- 1°. De producción.
- 2°. De compra o alquiler de factores.
- 3°. De venta de productos.
- 4°. De transferencia o cesión interna de bienes.
- 5°. De restablecimiento del equilibrio financiero o variables financieras.

### *Variables de producción*

Las mismas miden el nivel alcanzado por las actividades productivas de posible desarrollo en el seno de la empresa.

En el dominio de la empresa agraria, el primer criterio lógico de diferenciación de estas actividades es aquel que lleva a distinguir entre actividades agrícolas y ganaderas. Dentro del primer grupo se integran todos aquellos procesos cuyo producto es de naturaleza vegetal y dentro del segundo los procesos que liberan productos de naturaleza animal. En el primer caso la unidad técnica de producción será la hectárea y en el segundo la cabeza de ganado o algún agregado de estas (rebaño, lote, etc.). Tanto en el ámbito de la producción vegetal como en el de la animal, los coeficientes técnicos asociados miden los consumos de factores y las aportaciones de productos por unidad de actividad.

#### **A. PRODUCCIÓN VEGETAL**

En el ámbito de la producción vegetal y en el marco del corto plazo, la definición de una actividad o proceso productivo concreto entendemos que implica la especificación inequívoca de:

- a) La naturaleza de la planta a cultivar (familia, género, especie y variedad).

- b) Fecha de comienzo y fechas de finalización del proceso<sup>83</sup>.
- c) Clase de tierra sobre la que la actividad se va a desarrollar o sobre la que la planta se va a cultivar<sup>84</sup>.
- d) Naturaleza, cantidad y calidad de los restantes factores consumidos por unidad técnica, así como la fecha en la que estos son demandados.
- e) Naturaleza del producto o de los productos liberados por el proceso.
- f) Producción unitaria esperada.

Por la trascendencia que para la planificación tiene, resulta obligada la distinción entre actividades que implican la puesta en práctica de cultivos con ciclo vegetativo plurianual y actividades que implican el desarrollo de cultivos con ciclo vegetativo anual. En modelos de largo plazo (multiperiódicos), la anterior distinción es poco relevante, pero en modelos de corto plazo, donde lo que se pretende es la optimización de las decisiones en el marco del ejercicio económico, la distinción es fundamental. En efecto: al contrario de lo que ocurre con los cultivos anuales, las decisiones que implican la puesta en práctica de cultivos plurianuales son auténticas decisiones de inversión, que afectan a la cuantía, a la naturaleza y a la estructura interna del activo fijo, comprometiendo así la actuación de la empresa durante largos períodos de tiempo. Éstas no deben, por consiguiente, tener cabida en modelos en los que, como es ahora el caso, el objetivo sea la determinación de la mejor forma de utilizar un determinado stock de recursos fijos y no la determinación de la cuantía y composición óptima de esa categoría de recursos. No obstante, por su indiscutible incidencia sobre los resultados globales del período

---

83. Véase más adelante *El período de planificación: delimitación temporal y división en subperíodos* (Apartado V.4.2.).

84. Véase más adelante *La relevancia del factor tierra y su incidencia en la modelización* (Apartado 5.5.).

que se planifica y por sus posibles interrelaciones con las actividades a abordar, los procesos de producción plurianuales ya en marcha en el momento de la planificación, deben ser considerados en la modelización, pero a su nivel actual (actividades bloqueadas o de nivel preestablecido) junto con los cultivos en curso (cultivos de ciclo vegetativo anual que se inician en un período y finalizan en el siguiente) y junto con las actividades ganaderas que tengan el carácter de *bloqueadas* o el carácter de *en curso*, siendo posible la inclusión de los procesos en forma individualizada mediante la creación de las variables que corresponda o en forma agregada como coeficientes técnicos de una única variable de valor unitario, denominada *Variable compleja* y simbolizada por  $X_c$ <sup>85</sup>.

## B. PRODUCCIÓN ANIMAL

Los procesos de producción animal suelen ser procesos dinámicos y continuos, pudiendo comenzar y finalizar en cualquier momento del tiempo dentro del año. En esto se diferencian de los procesos de producción vegetal: pero al igual que éstos, son muy rígidos en su duración total. El carácter continuo de la producción aumenta un tanto las dificultades de la modelización y obliga a ciertas simplificaciones que más adelante expondremos.

En orden a su modelización, la primera clasificación que de las actividades ganaderas debe hacerse, es aquella que distingue en función de la especie y raza a que pertenece el animal productor, pues ello determina cambios en las tecnologías aplicadas y en el valor intrínseco y comercial de los productos, aunque éstos pertenezcan a una misma categoría general (leche, carne, huevos, etc.).

---

85. En los desarrollos prácticos que acompañan a nuestras exposiciones generales, aplicamos los dos procedimientos en forma alternativa, a efecto de clarificar las ventajas e inconvenientes de uno y otro.

Dentro ya de cada especie, resulta procedente la degradación en función del grado de permanencia de los animales en la explotación, lo que lleva a la identificación de dos grandes categorías de animales y, por consiguiente, de actividades: actividades ganaderas permanentes (ganadería de renta o de productos) y actividades ganaderas intermitentes o temporales (ganadería de engorde).

Las actividades ganaderas permanentes se denominan así por basarse en la explotación de animales llamados a participar como factor de producción en varios procesos productivos sucesivos. Estos animales tienen, por tanto, el carácter de bienes de producción duraderos y forman parte del activo fijo de la empresa hasta que son eliminados al final de su vida productiva o causan baja por muerte. Su explotación da lugar a productos automáticamente separables (y separados) del animal productor, que pueden ser vendidos como tales o reemplazados en la explotación. Cuando un animal productor se pierde o se vende, se considera como una disminución de inmovilizado, figurando la posible diferencia entre el precio de cesión y el valor neto de inventario en la cuenta de pérdidas y ganancias y no en la de explotación. Lógicamente, los incrementos en el número de animales productores por compra o por cesión interna, afectarán positivamente al saldo de la cuenta de inmovilizaciones animales y, por ende, a la cuantía global del activo fijo empresarial. La introducción *ex-novo* en la empresa de este tipo de actividades, implica la toma de decisiones de inversión. Por consiguiente, y por las razones ya dadas al hablar de los cultivos de ciclo vegetativo plurianual, esta introducción *ex-novo* no será considerada como posible en el marco de la planificación animal. De estar desarrollándose ya este tipo de actividades en la empresa a planificar, se les considerará a su nivel actual (actividades *bloqueadas*) y se integrarán en la matriz en la forma ya dicha al hablar de la producción vegetal (en forma individualizada o a través de la variable compleja  $X_c$ ).

En las actividades ganaderas intermitentes o temporales, los animales juegan en el proceso de producción el doble papel de factor de producción y de producto, aunque prevaleciendo siempre este último carácter. Estas actividades proporcionan un producto que no se separa del animal productor sino que queda incorporado al mismo, el cual forma parte, no del activo fijo, sino del activo circulante como producto siempre terminado y siempre distinto. La muerte de un animal no sólo afecta al activo de la empresa (disminución del circulante) sino que ello produce también una reducción en los ingresos del ejercicio, pues con la muerte desaparece una parte de la producción del período. Las compras de animales para engorde provocan un incremento del activo empresarial, debiendo su importe ser considerado como un costo más del periodo. Estas actividades de engorde pueden estar acopladas a actividades ganaderas permanentes, de las que reciben la materia prima inicial (el animal destetado), o ser independientes de éstas, proviniendo en este caso del exterior, los animales a engordar

La definición de actividades en ganadería de engorde presenta ciertas dificultades debido al carácter continuo del proceso global *destete* → *animal apto para procrear*, lo que obliga a una cierta simplificación de la realidad. En efecto: el animal destetado se convierte en animal adulto en edad de procrear a través de un proceso que implica cambios continuos en las necesidades del animal y que provoca cambios continuos en la propia naturaleza de estos animales o, lo que es lo mismo, en las características técnicas y económicas del producto resultante (cien kilogramos de cerdo cebado no son equivalentes a cinco veces veinte kilogramos de lechón). La aprehensión en el modelo de esta realidad, obliga, como ya hemos dicho, a su simplificación.

En este sentido, ese proceso continuo se acostumbra a sustituir por un número discreto de fases o etapas sucesivas según ciertas características del desarrollo biológico que interesan la técnica de la producción. Cada una de esas etapas o fases se hará corresponder en el modelo con una actividad lineal específi-

ca. Nosotros consideramos suficiente a efectos de planificación global, la subdivisión de la vida del animal en dos fases sucesivas desde que éste es destetado hasta su definitiva configuración como animal adulto en edad de procrear: la fase de *ceba* y la fase de *crecimiento*. Durante la primera, el objetivo es que el animal gane peso con vistas a su venta como producto, mientras que durante la segunda el objetivo es que el animal crezca de forma equilibrada y quede definitivamente configurado como animal adulto reproductor. Cada una de estas fases se hará corresponder en el modelo con una actividad lineal o variable de decisión siendo posible, gracias a la definición temporal de las mismas, hacer distinciones a lo largo del período total en función de posibles variaciones unitarias en el consumo de determinados factores (alimentación y alojamiento, principalmente). En el momento del destete, el animal podrá ser vendido o pasado a la fase de ceba; finalizada ésta podrá nuevamente ser vendido o transferido a la fase de crecimiento y una vez recorrida ésta, y ya el animal en edad de procrear, podrá asimismo ser vendido como animal reproductor o pasar a engrosar los efectivos de la ganadería de productos, cubriendo las bajas habidas por desvieje o muerte en el período. (Dentro de la fase de ceba, tal y como la entendemos aquí en cuanto a su duración, es posible distinguir tres subfases: cría, recría y ceba propiamente dicha, aplicable ésta última sólo a los animales que van al mercado final). La duración de las fases y, como resultas, la localización temporal de las demandas de insumos y de liberación de productos, variará con la especie animal, supuesta una determinada fecha de destete y una determinada tecnología de producción. Lógicamente, a animales (o mejor, conjuntos de animales) que inicien su ciclo de producción en fechas diferentes, habrá que hacerles corresponder variables diferentes aunque impliquen el desarrollo de una misma actividad desde el punto de vista de su naturaleza.

### *Variables de compra o de alquiler de factores*

La distinción entre factores de producción duraderos y no duraderos se muestra necesaria para un mejor y más sistemático análisis de estas variables.

La compra de factores duraderos no debe ser contemplada en planificación a corto plazo por tratarse de auténticas decisiones de inversión. No obstante, y al objeto de evitar rigideces artificiales, debe considerarse la posible ampliación de las disponibilidades de determinados recursos o el acopio de otros no disponibles (mano de obra, tracción o capacidad de recolección con máquinas autopropulsada mediante alquiler o contratación temporal de los mismos, en los períodos y en las cuantías pertinentes, así como la posibilidad de compra de un bien duradero muy específico: la de animales adultos en edad de procrear, llamados a compensar las bajas habidas por desvieje o muerte en el ganado reproductor durante el período de planificación, pues estas compras no suponen ampliación de la capacidad productiva de la empresa sino mantenimiento de la actual, siendo ésta la circunstancia que justifica la excepción.

La modelización del flujo de factores no duraderos desde el exterior hacia la empresa y su posterior consumo en los diferentes procesos productivos, presenta una mayor complejidad por la amplia gama de situaciones que pueden darse. Los actos de compra y de consumo de estos factores no son muchas veces coincidentes en el tiempo, pero a efectos prácticos, la mayoría de las veces resulta apropiado su tratamiento como tales, por la escasa o nula repercusión negativa de la hipótesis sobre la capacidad descriptiva del modelo y por su efecto siempre positivo desde el punto de vista de la complejidad y de la dimensión del mismo, pues bajo la referida hipótesis no hay necesidad de crear actividades de compra, siempre, claro está, que estén definidas las de producción. En efecto: en la empresa agraria muchos de los factores almacenables no duraderos suele interesar comprarlos, y de hecho se hace así, en lotes suficientes para

atender sólo la demanda inmediata. Ello se justifica por: 1º) el carácter puntual de la mayoría de las demandas (sólo la demanda de principios alimenticios por el ganado presenta una cierta continuidad en el tiempo), 2º) la proximidad de las fuentes de aprovisionamiento, que asegura el servicio en breve tiempo y a un coste de pedido prácticamente nulo, 3º) la práctica imposibilidad de que se presente ruptura del stock, por la gran estabilidad de la demanda una vez que se han fijado los procesos productivos a desarrollar, y 4º) por las escasas posibilidades que tiene el agricultor de conseguir descuentos por cantidad, dada la siempre pequeña cuantía de sus compras. Por todo ello, es lógico que se admita la validez de la hipótesis de coincidencia temporal de los actos de compra y consumo relativos a los factores de producción no duraderos, excepción hecha de los fertilizantes. Estos son demandados por todos los cultivos al menos dos veces al año (la demanda se concentra básicamente en otoño y en primavera), lo que acrecienta su importancia absoluta y relativa y justifica un tratamiento diferencial orientado a la optimización de las decisiones de aprovisionamiento. En este sentido, para cada uno de los principios fertilizantes demandados por los cultivos (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O), serán consideradas dos alternativas de compra mutuamente excluyentes: 1º) aprovisionamiento al inicio del ejercicio del total de las necesidades previstas en el mismo, y 2º) fraccionamiento de la compra en dos pedidos: uno al inicio del ejercicio, en cuantía suficiente para atender las necesidades del primer semestre, y otro, al final de este semestre, en cuantía suficiente para atender las necesidades del segundo<sup>86</sup>.

Junto a las anteriores actividades de compra de factores no duraderos, pero ya en el dominio de la producción ganadera, hay que hacer referencia a las de necesaria creación para registrar y cuantificar el flujo de entrada de animales para ceba y posterior venta o reemplazo, y el flujo de entrada desde el exterior de

---

86. Este planteamiento obliga a la creación de doce actividades de compra y a la introducción de una variable entera bivalente en el modelo debido al carácter excluyente de las alternativas planteadas. Todo ello será analizado en detalle más adelante.

productos alimenticios para el ganado, entradas que hacen posible el desarrollo de las actividades ganaderas con independencia de la orientación productiva adoptada en el dominio de la producción vegetal y con independencia de que se cuente o no con la actividad ganadera matriz, fuente de animales para ceba y reposición.

En algunos casos (ceba de ganado, por ejemplo), la variable que expresa la compra de factor podrá simultáneamente jugar el papel de variable de producción.

### *Variables o actividades de venta*

Estas variables registran y cuantifican las relaciones de intercambio *bienes-dinero* que la empresa mantiene con el exterior. En aquellos casos en los que el único destino posible del producto obtenido sea la venta inmediata al no existir posibilidad de almacenamiento ni de transformación (remolacha azucarera, algodón, girasol, leche, etc.) no estará justificada la creación de actividades de venta distintas a las de producción. En todos estos casos, lo aconsejable, por razones de simplicidad, es la consideración del valor de la producción como un coeficiente técnico más de la actividad de producción vegetal o animal correspondiente. Actividades específicas de venta, diferentes y paralelas a las de producción, deberán crearse sólo:

- Cuando el producto pueda ser vendido o reemplazado dentro del subperíodo en el que es obtenido.
- Cuando el producto pueda ser vendido o reemplazado dentro del subperíodo en el que es obtenido o en los siguientes.
- Cuando el producto pueda ser vendido en el subperíodo en el que es obtenido o en otros posteriores.

### *Variables de transferencia*

Registran y cuantifican el paso de recursos o productos de unas actividades o períodos de tiempo a otros.

En la empresa agraria aparecen dos casos frecuentes de transferencias de recursos: 1º) la de tierras definidas inicialmente como de regadío a tierras de secano, con lo que se impide que en la solución queden tierras sin cultivar por falta de agua de riego, y 2º) la transferencia de saldos monetarios entre subperíodos, necesaria para la correcta modelización del equilibrio financiero a lo largo del período total de planificación.

La transferencia de productos no se contempla con carácter genérico por estar centradas estas reflexiones en aquellas empresas agrarias que venden sus productos sin transformación (empresas agrarias *de cabecera*). Pueden, sin embargo, darse en éstas dos casos de transferencia interna de productos (reemplazo) que no pueden ser ignorado: nos referimos al posible empleo en la alimentación del ganado de productos vegetales obtenidos en la empresa y a las transferencias de ganado de engorde desde alguna de las fases en que se haya dividido el proceso global a la siguiente, tema al que ya hemos hecho referencia al hablar de las actividades de producción animal. Cuando el único destino posible de un determinado producto vegetal sea su reemplazo dentro del mismo subperíodo en el que es obtenido, no habrá necesidad de crear variable alguna adicional a la de producción para expresar el fenómeno de la transferencia. Sí habrá necesidad de crear variables específicas de esta clase, en los siguientes casos:

- Cuando el producto pueda ser reemplazado o vendido en el subperíodo en el que es generado por la actividad de producción correspondiente.
- Cuando el producto pueda ser reemplazado o vendido en el subperíodo en el que es generado o posteriormente.
- Cuando el producto pueda ser reemplazado en el subperíodo en el que es obtenido o en otros posteriores.

### *Variables financieras*

Bajo esta denominación se encuadran todas aquellas variables que registran y cuantifican los movimientos periódicos de entrada y de salida de fondos, necesarios para el ajuste de la tesorería y el consiguiente restablecimiento del equilibrio financiero en el marco del ejercicio económico. Las entradas de dinero cubren las necesidades adicionales de tesorería una vez contrabalanceados los empleos inducidos con las fuentes inducidas (cash-flow operativo y no operativo), llevando el saldo de caja al nivel mínimo establecido como objetivo. Las entradas de dinero provocadas por esta financiación adicional darán lugar a ciertas salidas adicionales de fondos (pago de intereses y devolución del principal) que no pueden ser ignoradas en la modelización.

Las variaciones de tesorería pueden ser motivadas por las operaciones corrientes o típicas de explotación, por las no corrientes o atípicas y por modificaciones en los capitales permanentes (reembolso de deudas a largo plazo, por ejemplo) o en el activo fijo (compra y venta de inmobilizaciones). En consecuencia, si el referido ajuste de tesorería se realiza mediante el empleo exclusivo de medios financieros de corto plazo, se puede, en realidad, estar poniendo los cimientos para un más acusado agravamiento de la situación a medio y largo plazo, provocado por un fondo de maniobra insuficiente. Por ello, como posibles fuentes de financiación del déficit deben considerarse tanto las de corto como las de largo plazo, al objeto de no forzar la solución, pues ésta, por el contrario, debe ser resultado de la consideración conjunta y simultánea de los distintos objetivos y restricciones.

## **Variables endógenas o de resultados**

Las variables endógenas o de resultados están situadas dentro del modelo en el sentido de que su valor depende básicamente, de los valores tomados por las variables de decisión o actividades. Son variables a explicar, representadas por las distintas partidas del balance de situación y, de la cuenta de resultados, por lo que en su definición se siguen muy de cerca las directrices del Plan General de Contabilidad. En unos casos las variables se definen a nivel de Cuenta, en otros a nivel de Subgrupo y en otros a nivel de Grupo, en función de cuáles sean las necesidades de información desde la óptica de la planificación financiera a corto plazo, distinguiéndose entre variables de balance y variables de la cuenta de pérdidas y ganancias.

### *Variables de balance*

Todas son variables stock y sus valores están referidos a un momento del tiempo: el final del ejercicio económico. Estos valores vienen determinados por el funcionamiento del modelo, dados los valores de partida correspondientes al inicio del ejercicio o momento actual.

El cuadro V.1. recoge las variables de balance propuestas, en cuanto exponentes de la estructura económica y financiera de la empresa. Aparecen reagrupadas en cuatro grandes masas financieras: dos de activo (activo circulante y activo fijo) y dos de pasivo (exigible a corto plazo y capitales permanentes).

**Cuadro V.1**  
**Variables de balance**

---

I. ACTIVO CIRCULANTE:

Dinero en Caja y Bancos.  
Deudas a favor de la empresa por operaciones de tráfico y otros valores realizables.  
Existencias de productos terminados.  
Existencias de productos en curso.  
Existencias de materias primas y otros aprovisionamientos.

II. ACTIVO FIJO:

Inmovilizado bruto.  
Amortización acumulada del inmovilizado material (-).  
Pérdidas y Ganancias del ejercicio (Pérdidas).

III. EXIGIBLE A CORTO PLAZO:

Acreedores por operaciones de tráfico.  
Préstamos recibidos y otros débitos a empresas fuera del grupo.  
Hacienda Pública, Organismos de la Seguridad Social y otros acreedores a corto plazo.

IV. CAPITALES PERMANENTES:

Recursos Propios.  
Préstamos recibidos y otros débitos a medio y largo plazo.  
Pérdidas y Ganancias del ejercicio (Ganancias).

---

---

*Variables de la cuenta de pérdidas y ganancias*

En el cuadro V.2. se recoge este conjunto de variables que registran y cuantifican los flujos reales originados por la gestión de la empresa, que concurren a la determinación de los resultados del ejercicio y la distribución de éstos. Todas son variables flujo, excepción hecha de las que miden los valores iniciales y finales de los almacenes de materias primas, productos en curso y productos terminados.

## Cuadro V.2

### Variables de la cuenta de pérdidas y ganancias

#### I. VENTAS E INGRESOS DEL PERIODO:

Ventas de productos vegetales y subvenciones a la producción.  
Venta de productos animales y subvenciones a la producción.  
Otros ingresos por naturaleza: ingresos extraordinarios

#### II. GASTOS DEL PERIODO:

Consumo por los cultivos de factores no almacenables.  
Compras de factores almacenables para los cultivos.  
Alimentos para el ganado provenientes del exterior (comprados).  
Otros costos variables de las actividades ganaderas, incluida la compra de animales de engorde.  
Mano de obra eventual.  
Alquiler de tractores y maquinaria.  
Costo de la financiación ajena (intereses).  
Amortización técnica (cuota del período).  
Costos fijos del período, excepto intereses y amortización técnica.

#### III. VALORES DE INVENTARIO:

Existencias finales de productos vegetales terminados.  
Existencias finales de productos vegetales en curso.  
Existencias finales de ganado en ceba y crecimiento.  
Existencias finales de materias primas y otros aprovisionamientos.  
Existencias iniciales de productos vegetales terminados.  
Existencias iniciales de productos vegetales en curso.  
Existencias iniciales de ganado en ceba y crecimiento.  
Existencias iniciales de materias primas y otros aprovisionamientos.

#### IV. RESULTADOS ANTES Y DESPUES DE IMPUESTOS:

Beneficio del ejercicio antes de impuestos.  
Pérdida del ejercicio.  
Impuestos sobre beneficios.  
Beneficios después de impuestos.

*Nota: Las existencias iniciales pueden también entrar en la matriz en calidad de coeficientes técnicos de la variable de estado  $X_E$ , ya mencionada.*

## Variable de *escritura* o especiales

Estas nacen de forma improvisada sobre el modelo y dependen, sobre todo, de la habilidad del modelizador, por lo que no es posible orientarlas *a priori* en una forma concreta. Son típicas en nuestro caso, la variable entera bivalente, de necesario uso en

la modelización del proceso *compra-consumo* de fertilizantes, la variable de estado  $X_E$  y la variable compleja,  $X_C$ , de valor unitario.

## **Variables de holgura**

Dentro de las variables de holgura, sobre cuyo concepto no insistimos por considerarlo de sobra conocido, cabe distinguir entre variables de disponibilidades y variables de desviación. Las primeras son las variables de holgura de las restricciones rígidas de mínimo, y miden la diferencia entre los recursos disponibles y los realmente utilizados definiendo así el grado de inactividad de determinados factores. Por su parte, las variables de desviación son propias de las restricciones rígidas de máximo y de las restricciones-meta. En el primer caso miden la desviación positiva sobre un determinado nivel de exigencia que se ha de cumplir como mínimo y en el segundo miden bien la falta de logro respecto a una determinada meta (variable de desviación negativa) o bien el exceso de logro de la meta (variable de desviación positiva).

## **V.3. LAS RELACIONES ESTRUCTURALES O RESTRICCIONES: PRIMERA APROXIMACIÓN**

Con esta expresión se hace referencia al conjunto de ecuaciones o inecuaciones que recogen las interrelaciones existentes entre las diversas magnitudes que se integran en el modelo. Su establecimiento constituye en esencia la confección del mismo.

En el marco de la programación por metas, la primera partición que conviene hacer del conjunto total de relaciones es aquella que distingue entre las restricciones propias de la programación por metas (restricciones-meta) y las propias de la programación

matemática corriente (restricciones rígidas). Como ya ha sido dicho, estas dos categorías de restricciones tienen idéntica estructura matemática y la misma apariencia formal, cuya diferencia es el distinto significado que para la planificación tiene el segundo miembro de unas y otras.

En modelos de planificación que pretenden ser reflejo fidedigno de una situación real, el conjunto de restricciones rígidas es con mucho, el más extenso. Es corriente distinguir dentro de los mismos entre restricciones de máximo, de mínimo y de igualdad, aunque tiene mucho mayor interés la clasificación en función de la naturaleza de las relaciones, o, dicho de otra manera, en función de qué es lo que limita o qué es lo limitado.

El empleo de este último criterio nos permite distinguir los siguientes grupos o subgrupos y bloques de restricciones:

## **Restricciones relativas a la gestión de la producción vegetal**

### **I. Restricciones relativas al consumo por los cultivos de factores específicos**

- Restricciones de utilización del suelo: ocupación y frecuencia.
- Restricciones relacionadas con la utilización de factores no almacenables o asimilados.
- Restricciones relacionadas con la utilización de factores almacenables.
- Restricciones relacionadas con la utilización del agua de riego.

### **II. Restricciones relativas a la gestión de los flujos de productos vegetales**

- Restricciones concernientes a la gestión de la producción del período.
- Restricciones concernientes a la gestión del stock inicial de productos terminados.
- Restricciones concernientes al almacenamiento de productos agrícolas terminados.

### **III. Restricciones concernientes a los resultados del ejercicio en producción vegetal**

- Ecuación de determinación del stock final en valor de productos vegetales en curso.
- Ecuación de determinación del stock final en valor de productos vegetales terminados.
- Ecuación de determinación del ingreso anual por venta de productos vegetales y subvenciones a la explotación ligadas al plan de producción.

## **Restricciones relativas a la gestión de la producción animal**

### **I. Restricciones relativas al mantenimiento de la capacidad productiva del plantel inicial de animales reproductores**

- Restricciones concernientes a la especie  $i$ ;  $i = 1, 2,$

### **II. Restricciones relativas a la gestión de la producción animal en ganadería de renta**

- Restricciones concernientes a la especie  $i$ ;  $i = 1, 2,$

### **III. Restricciones relativas a la gestión de la producción en ganadería de engorde**

- Restricciones relativas a la gestión de animales de la especie  $i$ ;  $i = 1, 2, \dots$

#### **IV. Restricciones de locales en ganadería de engorde (Submatriz VII)**

- Restricciones de locales concernientes a animales de la especie  $i$ ;  $i = 1, 2$ ,

#### **V. Restricciones relativas a la gestión de la alimentación del ganado, compra de animales de engorde y cuantificación de costes variables**

- Restricciones concernientes al equilibrio *aportes-necesidades* en la confección de raciones alimenticias.
- Ecuación de determinación del costo anual de alimentos comprados.
- Ecuación de determinación del montante total anual de otros costos variables de la ganadería, incluido costo de compra de animales de engorde.

#### **VI. Restricciones concernientes a los resultados del ejercicio en producción animal: ingresos del ejercicio y stocks finales**

- Ecuación de determinación del stock final en valor de animales de engorde (ceba y crecimiento).
- Ecuación de determinación del ingreso anual por venta de productos animales, y subvenciones a la explotación.

### **Restricciones relativas al uso de la mano de obra de la tracción y de la maquinaria autopropulsada**

#### **I. Restricciones relativas a la utilización de la mano de obra, de la tracción y de la maquinaria autopropulsada**

- Restricciones concernientes al equilibrio *demanda-disponibilidades*.
- Ecuación de determinación del costo total anual de la mano de obra eventual.

- Ecuación de determinación del costo total anual en concepto de alquiler de tracción y maquinaria autopropulsada.

## **Restricciones que acotan el nivel de las actividades**

### **I. Restricciones que recogen la presencia de condiciones de tipo conceptual, institucional, legal o psicológico, que acotan el nivel de desarrollo de las actividades**

- Restricciones que afectan a las actividades de producción vegetal o animal.
- Restricciones que afectan a otras actividades.

## **Restricciones relativas a la gestión económico-financiera**

### **I. Restricciones que miden costos fijos e ingresos extraordinarios, de cuantía predeterminada**

- Ecuaciones relativas a costes fijos.
- Ecuaciones relativas a ingresos extraordinarios.

### **II. Restricciones relativas al mantenimiento del equilibrio financiero a corto plazo**

- Restricciones de ajuste del flujo de caja espontáneo.
- Ecuación de determinación del coste de la financiación autónoma necesaria.

### **III. Ecuaciones de determinación del beneficio antes de impuestos y de su distribución**

- Ecuación de determinación del resultado del ejercicio.

- Ecuación de distribución del beneficio (reservas, dividendos e impuestos).

#### **IV. Relaciones contables o ecuaciones que determinan valores finales de algunas rúbricas del balance**

- La determinación se hará en concordancia con la definición hecha de las variables endógenas de balance.

#### **Restricciones-meta relativas al conjunto de objetivos a satisfacer**

Se distinguen dos grandes grupos de restricciones, en concordancia con la clasificación hecha de los objetivos, que distingue entre objetivos de naturaleza económico-financiera y objetivos de naturaleza económico-social, todas ellas respondiendo a la disposición estándar vista al referirnos a la estructura matemática del modelo. En esta submatriz quedan incluidas las restricciones relacionadas con la modelización del riesgo económico y operativo, pues la minimización del mismo se concibe como uno más entre los objetivos a satisfacer.

### **V.4. PRINCIPIOS GENERALES Y DIRECTRICES EN LA MODELIZACIÓN**

#### **Relevancia del factor tierra y su incidencia en la configuración de la matriz de programación**

Al contrario de lo que ocurre en las empresas industriales o de servicios, en las que el papel de la tierra es el de mero soporte de la actividad, en la empresa agraria la tierra es un recurso fundamental por su papel activo en el desarrollo de los procesos de producción.

Dentro de la tierra disponible (superficie total disponible) por la empresa se debe distinguir entre tierra improductiva (superficie improductiva) y tierra productiva (superficie productiva o superficie agrícola total). Por superficie improductiva se entiende aquella no utilizable, ni directa ni indirectamente, para la producción. La superficie productiva está constituida por la superficie indirectamente productiva (aquella que sirve de forma mediata para la producción agraria) y por la superficie directamente productiva o superficie agrícola útil, que es aquella que sirve de forma inmediata para la producción y la única que, en consecuencia, deberá ser inventariada como recurso productivo en la planificación de actividades.

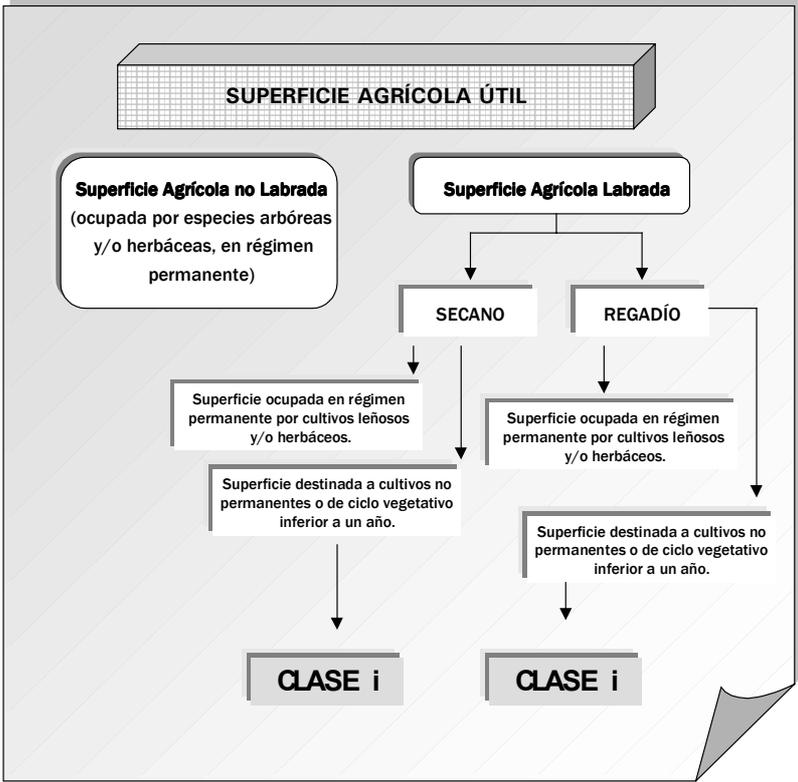
Aun en el supuesto poco frecuente, de que la superficie agrícola útil de una determinada empresa agraria esté constituida por una única porción individualizada y contigua de la superficie terrestre, el suelo variará en sus características edafológicas, dando esto lugar a una más o menos extensa variedad de tipos de tierra diferentes desde los puntos de vista físico químico y biológico, lo que se traduce en variaciones de fertilidad o capacidad productiva. Ello origina que ciertos cultivos puedan realizarse en determinadas superficies y no puedan en otras, pues, de realizarse, sus resultados serían tan pobres que no estarían de seguro en el plan de producción óptimo. También estos cambios en las características del factor tierra pueden ser causa de cambios en las técnicas de producción y en el rendimiento de los procesos, pues, en el supuesto de que sea factible técnica y económicamente la realización de un determinado cultivo sobre suelos de características diferentes, los rendimientos unitarios de éste y sus requerimientos de factores variarán al pasar de un tipo de suelo a otro. Estamos, en definitiva, ante cambios en el conjunto de actividades posibles o ante cambios en la técnica de producción, provocados por cambios en las características del factor tierra, lo que, evidentemente, debe quedar fielmente recogido en el modelo de decisión. Para ello no hay otra vía que la previa clasificación de la superficie agrícola útil de la empresa en tipos,

en función de su mayor o menor potencialidad productiva, y la posterior diferenciación de las actividades de producción vegetal en función de los tipos de suelo sobre los que se pretendan desarrollar éstas.

Aun reconociendo la falta de homogeneidad del factor tierra, no podemos pretender, sin embargo, llegar al aislamiento de unidades totalmente homogéneas, como sería de desear desde el punto de vista teórico, pues ello provocaría la aparición de un número tan grande de unidades elementales de planificación que haría inviable la modelización por falta de datos de respuesta insumo-producto para cada una de las unidades resultantes y por la gran dimensión del modelo, que haría muy posiblemente inviable su manejo. A estos dos inconvenientes habría que añadir la gran laboriosidad del mismo proceso de determinación de las unidades homogéneas y la pequeña dimensión de éstas, con las consiguientes implicaciones negativas para la puesta en práctica de la solución. Entre este extremo y la consideración de todo el suelo como algo homogéneo y no diferenciable, postura no admisible tampoco por su falta de realismo, caben multitud de soluciones intermedias, las cuales imponen en todo caso un cierto grado de compromiso entre realidad y operatividad. En este sentido proponemos para la superficie agrícola útil de la empresa la clasificación siguiente:

FIGURA 2

**Clasificación de la superficie agrícola útil de la empresa**



Como puede verse, en la clasificación de la superficie agrícola útil se empieza distinguiendo entre superficie agrícola labrada y superficie agrícola no labrada. Esta última se supone ocupada por especies arbóreas y/o herbáceas (matorral, erial a pastos, especies forestales, etc.) y se caracteriza por no haber decisión alguna referente a su asignación a este o a aquel aprovechamiento o cultivo en el marco del corto plazo: la decisión ya fue tomada con anterioridad y no cabe modificación alguna para el período venidero, objeto de planificación. Por ello, los aprovechamientos (ni siquiera cabe hablar de cultivos) que en esta clase de tierras se están dando en el momento de la planificación, entrarán en el modelo en su nivel actual no planteándose en modo alguno la posible ampliación o reducción del mismo. La entrada o consideración en el modelo de estas actividades con nivel predefinido se justifica por las repercusiones que sus desarrollos tienen sobre el consumo de otros recursos, sobre los resultados económicos del ejercicio y sobre la corriente financiera neta, desde el momento en que esos desarrollos implican el consumo de determinados recursos y la aportación de determinados productos.

La distinción de clases dentro de la denominada *superficie agrícola labrada* al objeto de ganar en homogeneidad, resulta, como vamos a ver, una tarea compleja. Empezamos distinguiendo entre tierras de secano y tierras de regadío, por ser este carácter el que determina, en mayor medida que ningún otro, la capacidad productiva del suelo y, por consiguiente, el conjunto de cultivos que sobre una determinada superficie puede realizarse. Tanto a nivel de secano como a nivel de regadío, resulta pertinente una segunda diferenciación según soporten o no cultivos leñosos y/o herbáceos permanentes al inicio del período de planificación. Ello da lugar a la aparición de dos grandes clases de tierra dentro de las de secano y de otras dos dentro de las de regadío: tierras ocupadas y tierras no ocupadas. Para las actividades de producción vegetal, que se estén dando sobre las tierras ocupadas, las cuales, por definición, van a seguir dándose

al mismo nivel en el período venidero, es válido todo lo dicho al tratar el caso de las actividades sobre tierras no labradas. Todas ellas, pueden entrar en el modelo integrando una única actividad compleja de nivel unitario, que tendrá como coeficiente técnicos los consumos (input) y los aportes (output) originados por las mismas, unas veces recogidos según naturaleza y otras en valor (Variable  $X_c$ , ya mencionada).

El problema de la mejor asignación del recurso tierra en el marco de la planificación a corto plazo queda limitado así al caso de las tierras de secano o de regadío no ocupadas por cultivos permanentes (tierra calma de secano y tierra calma de regadío). Cabría la posibilidad de contemplar a estas dos categorías como unidades elementales indivisibles, respecto de las que quedarían entonces definidas las actividades potenciales de producción vegetal. No obstante, en aras de una mayor generalidad y acercamiento a la realidad, consideramos pertinente la distinción por clases (Clase i) tanto dentro de la tierra calma de secano como dentro de la de regadío.

Para las de secano creemos que la clasificación no debe llevar a la distinción de más de tres clases diferentes (un mínimo de una y un máximo de tres), pues incluso a este nivel restringido, pocas empresas estarán en condiciones de cubrir las necesidades de información para la planificación derivadas de la subdivisión practicada, pues éstas necesidades crecen de manera proporcional con el número de clases. Pero... ¿en qué criterios debe basarse la distinción de la tierra calma de secano? Creemos que la diferenciación basada en la génesis y propiedades intrínsecas de los suelos no es la más apropiada, aunque pueda parecerlo desde el punto de vista técnico, debido a que, con independencia de cual sea el esquema de clasificación que se elija de entre los muchos existentes<sup>87</sup>, es poco o nada probable

---

87. De entre los distintos esquemas de clasificación basados en la génesis y propiedades intrínsecas de los suelos, merecen destacarse los siguientes:  
- Clasificación mundial de suelos del Soil Survey Staff del U. S. Department of Agriculture (Séptima aproximación).

que el empresario esté realmente en condiciones de suministrar la información necesaria para la clasificación, pues ello implica la realización de una labor previa de análisis físico-químico de los suelos de la empresa, a la que los empresarios del agro nos tienen y están poco acostumbrados. Por ello, a efectos exclusivamente de planificación, proponemos que la clasificación se efectúe basándose en las posibilidades de utilización del suelo o según aptitud de éste, en línea con la clasificación propuesta por L. D. Stamp<sup>88</sup>, el cual distingue tres clases de suelos según calidad (buena, media, mediocre) y propone que esta clasificación se haga no de acuerdo con datos científicos exactos, sino al conocimiento práctico, basado en la experiencia, de la aptitud de los suelos en cuestión. De esta forma habrá que entender obtenidas las clases i del cuadro de clasificación anterior.

En regadío, la distinción por clases opinamos que no debe basarse en la calidad de la tierra, que habrá que considerar siempre como de buena calidad, sino en la cantidad de agua disponible a lo largo del año y en el sistema de riego practicado, pues ello provoca cambios tanto en el consumo unitario de ciertos factores (agua, energía, mano de obra, etc.), como en el nivel de producción alcanzados en el desarrollo de la actividad.

Efectuada la clasificación de la tierra calma de la empresa, puede procederse a la especificación del conjunto de cultivos (actividades) de posible desarrollo dentro de cada una de las clases resultantes, así como a la especificación de las técnicas de producción y de los rendimientos esperados para cada uno de los cultivos considerados en cada clase de tierra. La elección definitiva será resultado del proceso de planificación.

---

- Sistema de clasificación de los suelos del Netherlands Soil Survey Institute.  
- Sistema de clasificación de los suelos de la F.A.O.

88. L. D. Stamp, (1982).

## El período de planificación: delimitación temporal y división en subperíodos

La gran rigidez temporal de los procesos productivos agrarios unida a la, generalmente, larga duración de los mismos, hacen que resulte primordial el conocimiento de la distribución en el tiempo de los actos parciales configuradores de cada actividad, si se quiere llegar a planes realistas y eficientes. No basta, por consiguiente, con la delimitación clara y precisa del período al cual se refiere el plan de actuación global, sino que habrán también de definirse períodos parciales dentro del mismo, a los que estarán referidos las disponibilidades y demandas de factores y la obtención y oferta de productos. Esta periodificación permite una más exacta adecuación en el tiempo de la oferta de factores en relación con la demanda, la transferencia de recursos y operaciones entre períodos parciales y, en fin, la incorporación de la variabilidad en el tiempo de los precios de factores y de productos, condición *sine qua non* para la optimización parcial de los actos de compra de factores variables y de venta de productos almacenables.

En el marco del corto plazo, el período de planificación entendemos debe tener duración anual, debiendo ir, en nuestro ámbito geográfico, del uno de octubre al treinta de septiembre del año siguiente. La no coincidencia con el año natural se justifica por la ya mencionada rigidez de los procesos en sus fechas de comienzo y finalización y en su duración total. Por ello, conviene situar el inicio del período de planificación en un momento del tiempo en el que sea mínimo el número de actividades en curso, siendo máximo, por el contrario, el número de actividades potenciales con comienzos de sus procesos en fechas próximas a la del comienzo del período de planificación y con desarrollos íntegros dentro de este período. Esto, en los climas caracterizados por la presencia de cuatro estaciones en el año, se da en su máximo grado al final del verano, lo cual justifica la anterior

elección. No obstante, siempre habrá que enfrentarse a actividades que aun iniciándose dentro del período de planificación, se prolongan e introducen en el siguiente. Estas actividades, caso de ser abordadas por la empresa, aparecerán en el balance de final del período bajo la rúbrica de *Cultivos en curso* por su valor de coste en el momento de realización del inventario, pero a efectos de elección habrá que considerar sus consumos y sus aportes íntegros, tengan lugar o no dentro del período de planificación, si se quiere conceder a las mismas la posibilidad real de formar parte del plan de actuación (sobre ello volveremos nuevamente más adelante).

La determinación del número y de la duración de los períodos parciales dentro del período total de planificación también es una cuestión delicada, pues, cualquiera que sea la solución que se adopte, presentará siempre ciertas ventajas y ciertos inconvenientes para la planificación. La no subdivisión tiene su gran debilidad en la pérdida total de las ya mencionadas ventajas de la periodificación, pudiendo llevar a soluciones poco realistas en la práctica por dejar fuera de consideración muchas e importantes relaciones estructurales. Esta postura goza, por el contrario, de las ventajas que se derivan de la menor dimensión del modelo y de las menores exigencias de información. A medida que desde esta postura extrema se va aumentando el número de subperíodos, se van, lógicamente, acentuando las ventajas de la periodificación y los inconvenientes asociados a la cada vez mayor dimensión del modelo, a los que habría que añadir el riesgo de introducir una excesiva rigidez en las fechas de realización de las operaciones, con la consiguiente limitación artificial de las soluciones.

Como consecuencia de todo lo anterior, habrá también aquí que adoptar una solución de compromiso, desde una posición básica favorable a la subdivisión. Nuestra opinión es que en problemas de planificación global a corto plazo en la empresa agraria, la división del período total en cuatro subperíodos trimestrales se

sitúa, en general, en el punto justo por llevar a dimensiones manejables y proporcionar un nivel de desagregación satisfactorio y suficiente para la fiel descripción de los fenómenos en las áreas de compras, ventas, financiación del ciclo de explotación y producción ganadera. Consideramos, no obstante, que la subdivisión trimestral puede resultar insuficiente para la modelización de las tareas laborales en producción vegetal, pues, por razones que más adelante se darán, el período de referencia no debe exceder de un mes, si se quiere aprehender y reflejar la realidad correctamente en el modelo. La solución, por tanto, habrá de ser una solución mixta.

De una u otra forma, la correcta planificación de las actividades en el ámbito de la empresa agraria exige que los consumos de factores y la obtención de productos estén ubicados en el tiempo; la planificación, en definitiva, deberá ser dinámica, se manejen o no subperíodos de duración única para abarcar las distintas realidades.

## **Problemas relacionados con la presencia de variables enteras**

M. L. Balinski<sup>89</sup>, confeccionó ya en 1965 una completa relación de la variedad de situaciones que obligan al manejo de variables enteras en la modelización.

A corto plazo, período en el que se cuenta con un stock de recursos fijo, y dentro del que se pretende, por consiguiente, no la determinación de la mejor combinación de recursos, sino la determinación de la mejor asignación de los mismos, no es, generalmente, necesario recurrir a una formulación en números enteros, pues las únicas variables enteras de origen son las unidades técnicas de naturaleza biológica (terneros, cerdos,

---

89. M. L. Balinski, (1965).

corderos, etc.) y la práctica usual es tratarlas como si fueran perfectamente divisibles (variables continuas) y redondear la solución eligiendo los valores enteros más próximos. No obstante, surge muchas veces en la modelización la necesidad de incluir *condiciones lógicas* que exigen la inclusión en el modelo de variables binarias (0-1) sin ninguna naturaleza física, convirtiéndose así el problema, que por naturaleza es de programación lineal continua, en un problema de programación lineal mixta. En el caso que ahora nos ocupa esa necesidad puede surgir, por ejemplo, de la decisión de linealizar procesos no lineales con costes decrecientes lo que desemboca en el manejo de actividades que se excluyen mutuamente, cuya modelización requiere la introducción de variables de tipo binario, salvo que se opte por la multiplicación del número de problemas independientes a resolver.

## **El riesgo y su tratamiento en planificación de la empresa agraria**

Como es de sobra conocido, el grueso de la teoría formal en Economía, Psicología y Ciencias Empresariales presupone condiciones de certeza tanto en el enfoque positivo como en el normativo, a pesar de que esa certidumbre raramente se da en la realidad.

Ya hemos indicado como la incertidumbre en agricultura puede darse en las previsiones de rendimientos unitarios de cultivos y ganados, en los precios de factores y de productos, en los consumos de ciertos factores por unidad de actividad (hectárea o cabeza de ganado) y en las disponibilidades efectivas de ciertos recursos considerados como fijos a corto plazo. Por otra parte, también ha sido puesta ya de manifiesto la no neutralidad del agricultor ante esa incertidumbre que a manera de seña de identidad acompaña de manera permanente a la actividad agraria.

ria. Veamos ahora las posibles alternativas de modelización de todas esas formas de manifestarse la incertidumbre en el ámbito de la empresa agraria<sup>90</sup>.

#### A. MODELIZACIÓN DEL RIESGO DERIVADO DE LA VARIABILIDAD DE LOS RENDIMIENTOS UNITARIOS Y DE LOS PRECIOS DE VENTA

Los economistas en general y los agrarios en particular han dedicado considerables esfuerzos a la formulación de modelos decisionales bajo incertidumbre en su búsqueda de una mayor concordancia entre modelo y realidad. En el dominio de la empresa agraria, la gran mayoría de los esfuerzos han estado orientados hacia el desarrollo de modelos en los que se tenga en cuenta la naturaleza aleatoria de las producciones unitarias de cultivos y de ganado, así como los precios de venta de esas producciones. Dentro del campo de la programación matemática ello ha dado lugar a un conjunto de métodos y modelos catalogados bajo la denominación genérica de *métodos que tienen en cuenta la variabilidad de la función económica*, por ser esos rendimientos unitarios y esos precios componentes fundamentales del margen bruto unitario de las actividades económicas de la empresa a corto plazo. Todos estos métodos presuponen un comportamiento de decisión racional y, por supuesto, aversión al riesgo, pero difieren en los tipos de datos considerados necesarios y relevantes para el decisor, en la forma de describir las posibilidades de ocurrencia de los diferentes estados de la naturaleza y en la medida del riesgo que en ellos se emplea. Esta diversidad de métodos o enfoques no viene justificada por consideraciones de tipo teórico o formal, sino por las dificultades de orden práctico con las que el investigador se topa cuando intenta establecer la función de utilidad del decisor con respecto a la renta o cuando hay que resolver problemas no lineales de una cierta dimensión.

---

90. Se recomienda la lectura complementaria de:  
J.B. Hardaker, R.B.M. Huirne y J.R. Anderson, (1997).

En contextos inciertos o aleatorios, la decisión óptima viene dada, como sabemos, por el criterio de maximización de la utilidad esperada, pero el empleo de este criterio de forma explícita e inmediata requiere obviamente el conocimiento de la función concreta de utilidad del decisor, conocimiento que o no se tiene o es en extremo complicado, lento y caro de adquirir. Por ello, el problema se suele abordar en la práctica de forma indirecta mediante aproximaciones que se traducen en métodos alternativos de medida y consideración del riesgo en la decisión. Estas aproximaciones conllevan siempre un cierto error pero también una menor exigencia cuantitativa y cualitativa de información. Las mismas han dado lugar a un conjunto de métodos clasificables en cuatro grandes grupos o categorías:

- ✓ Métodos de programación que incluyen el *criterio esperanza-varianza* o afines.
- ✓ Métodos basados en la introducción en los modelos-base de ciertas condiciones de seguridad (safety first models).
- ✓ Métodos que tienen en cuenta el riesgo mediante la introducción en los modelos-base de los criterios de decisión de la teoría de juegos (game theory models).
- ✓ Modelos que combinan dos de los enfoques antes enumerados.

#### **Métodos basados en el *criterio Esperanza-Varianza* o afines.**

Dentro de este grupo se encuentran a nuestro entender los enfoques más convincentes dentro del conjunto total de aproximaciones al problema, por ser los que presentan una mayor consistencia con la teoría de la utilidad esperada de Newman y Morgenstern, amén de otras ventajas de orden operativo a las que más adelante nos referiremos.

El principio general de todos los modelos pertenecientes a esta categoría es que el decisor tiene una función de utilidad de la renta basada exclusivamente en el valor medio esperado (E) y en la varianza (V) de la misma, por lo que este decisor establece sus preferencias entre planes de actuación alternativos, apoyándose en el valor tomado por esos dos parámetros estadísticos.

La hipótesis de aversión al riesgo implica funciones de utilidad cóncavas con respecto al origen de coordenadas y curvas de isoutilidad (EV) crecientes y convexas con respecto a ese origen. Por consiguiente, a lo largo de cada curva de isoutilidad se cumple  $\delta E / \delta V > 0$  y  $\delta^2 E / \delta^2 V > 0$ , es decir, que el decisor preferirá una estrategia con mayor varianza solamente si el valor esperado es también mayor, debiendo esta compensación aumentar a ritmo creciente a medida que la varianza se va haciendo más grande.

Admitido lo anterior, un decisor que actúe racionalmente deberá restringir su elección a aquellos planes a los que para un valor dado de E les corresponda el mínimo valor de V.

La aplicación del *criterio esperanza-varianza* al conjunto de oportunidades de elección en una situación decisional determinada permite la partición de ese conjunto en dos subconjuntos, constituido uno de ellos por las denominadas *soluciones eficientes E - V* y el otro por las soluciones no eficientes o dominadas. Una solución eficiente es aquella que proporciona la máxima esperanza para un valor dado de la varianza o la mínima varianza para un valor dado de la esperanza. Las soluciones eficientes definen una frontera sobre el conjunto de todas las soluciones realizables, encontrándose, lógicamente, sobre esta frontera la solución óptima que maximiza la utilidad del decisor, cuya determinación requiere la especificación de las curvas de isoutilidad y, por ende, el conocimiento de la función de utilidad del decisor. Pero como ya hemos dicho, la especificación de dicha función no es nada sencilla, lo que hace que en las aplicaciones

prácticas del método sólo se pueda llegar a la definición del conjunto de soluciones eficientes dejando que el decisor realice la elección última del plan siguiendo sus preferencias. Esto, que en principio pudiera parecer una limitación, no deja de tener ciertas dimensiones positivas, pues, como indica Hazell<sup>91</sup>, mediante este enfoque se gana en flexibilidad al evitar la definición de funciones de utilidad que pudieran ser demasiado rígidas, a la vez que se compensan en parte aquellas situaciones en las que la varianza no es en realidad la forma más apropiada de medir el riesgo.

El conjunto de soluciones eficientes suele determinarse resolviendo el problema siguiente<sup>92</sup>:

Minimizar

$$V = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n X_j X_k \delta_{jk} \quad [1]$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n g_j X_j = \mu \quad [2]$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i (i = 1 \dots m) \quad [3]$$

$$X_j \geq 0 (j = 1 \dots n) \quad [4]$$

en donde:

$X_j$  = nivel de la actividad j.

$g_j$  = contribución unitaria esperada de la actividad j a los resultados económicos.

$\delta_{jk}$  = covarianza de la contribución unitaria entre la actividad j y la actividad k cuando  $j \neq k$  y varianza de la contribución unitaria de j cuando  $j = k$ .

$a_{ij}$  = coeficientes técnicos (necesidades de recursos i para producir una unidad de producto j).

---

91. P. B. R. Hazell, (1971).

92. P. B. R. Hazell, (1971).

$b_i$  = cantidad disponible del recurso  $i$ .

$n$  = número de actividades.

$m$  = número de restricciones.

$\mu$  = un escalar.

$\sum_{j=1}^n g_j X_j$ , es la contribución total esperada a los resultados económicos (E), y

$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n X_j X_k \delta_{jk}$ , representa la varianza total (V).

Como la función objetivo es cuadrática y el conjunto de restricciones es lineal, el problema de generar planes eficientes deviene en un problema de programación cuadrática paramétrica. Por cada valor que demos al parámetro  $\mu$  obtenemos una combinación de actividades que es eficiente por ser la de varianza más pequeña para el valor dado de  $\mu$ . Por tanto, para generar el conjunto de todos los planes eficientes bastará con que el parámetro  $\mu$  tome los valores correspondientes a su campo de variación, resolviendo los correspondientes programas cuadráticos.

Junto a su consistencia con los axiomas de la teoría de la utilidad esperada, debemos resaltar como aspectos positivos del criterio esperanza-varianza, la posibilidad que el mismo da de poder expresar en términos de probabilidad la verosimilitud de ocurrencia de los diferentes niveles de renta dentro de un plan de producción determinado así como su compatibilidad con el Teorema de Separación. Pero junto a esas ventajas tiene también el presente criterio algunas limitaciones de carácter teórico y operativo. En este sentido cabe en primer lugar indicar que para que el criterio esperanza-varianza delimite realmente conjuntos de soluciones eficientes es necesario suponer que la función de utilidad es cuadrática o que la función de probabilidad de los resultados de las decisiones sigue la ley normal. Pero la principal limitación formal del criterio creemos que está en la asunción por parte de éste de que el decisor asigna desutilidad a las desvia-

ciones positivas de la renta. Este supuesto, en el caso de que nos enfrentemos a distribuciones de probabilidad simétricas no afecta negativamente a la bondad de la decisión, pero cuando las distribuciones de probabilidad no sean realmente simétricas, el criterio puede llevar a soluciones poco acordes con la posición ante el riesgo y función de utilidad del individuo. En este sentido Markowitz<sup>93</sup>, ya indicó que cuando las distribuciones no son simétricas, el criterio esperanza-semivarianza negativa ( $E - \bar{V}$ ) puede llevar a mejores aproximaciones a la función de utilidad del individuo mediante la delimitación del conjunto de planes eficientes en el espacio ( $E - \bar{V}$ ). Pero por desgracia, los modelos de este tipo son muy difíciles de aplicar a problemas de múltiples variables debido a que la semivarianza total de un conjunto de variables aleatorias con funciones de densidad no simétricas, es algo nada fácil de expresar. El criterio esperanza-varianza presenta también en el plano operativo una serie de limitaciones que han sido, y en parte siguen siendo, la causa fundamental de que las aplicaciones prácticas del mismo en problemas reales de planificación agraria hayan sido escasas; limitaciones que están relacionadas con sus requerimientos de información (ingresos o márgenes brutos unitarios medios y las correspondientes varianzas y covarianzas) no siempre al alcance del agricultor.

Todo ello ha dado lugar a una serie de investigaciones todas ellas con el objetivo común de adaptar a algoritmos lineales la resolución de los problemas de programación cuadrática sin perder por ello las ventajas y propiedades deseadas del criterio esperanza-varianza. Merecen destacarse al respecto las aportaciones de Hazell<sup>94</sup>, Chen y Baker<sup>95</sup>, Thomas et al.<sup>96</sup>, y McCarl y Tice<sup>97</sup>.

Thomas et al. han desarrollado un procedimiento de aproxima-

---

93. H. M. Markowitz, (1959).

94. P. B. R. Hazell, (1971).

95. J. T. Chen y C. B. Baker, (1974).

96. W. Thomas, L. Blakeslee, L. Rogers y N. Whittlesey, (1972).

97. B. A. McCarl y T. F. Tice, (1980).

ción del problema de programación cuadrática basado en la linealización de la ecuación de la varianza total. La aplicación del método requiere que la matriz de varianza-covarianza sea positiva definida e implica la creación de dos nuevas variables y dos nuevas restricciones por cada covarianza no nula, y, lógicamente, la posterior aproximación lineal de todas las funciones no lineales. Ello supone un importante aumento de las dimensiones del problema original y del trabajo adicional del modelizador una vez que el problema cuadrático ha sido planteado, con el consiguiente aumento de la complejidad conceptual y operativa y pérdida de generalidad.

La aproximación de McCarl y Tice se basa también en la linealización de la ecuación de varianza total por el procedimiento de diagonalización de matrices. Este enfoque adolece en general de los mismos defectos del anterior, si bien mediante su aplicación queda atenuado el problema del aumento de dimensión al tenerse que añadir sólo una variable separable y una restricción por cada variable de la matriz cuadrática. A pesar de ello, como indican los propios autores, cuando el problema original es grande, la aproximación es eficiente sólo si el número de variables cuadráticas es pequeño y la matriz cuadrática negativa definida y no diagonal, pues en caso contrario, además de terminar con un programa lineal más grande en dimensión que el sistema Kuhn-Tucker del problema original, pueden presentarse dificultades insalvables en la determinación de los autovalores necesarios para la diagonalización.

Chen y Baker proponen un camino o vía de aproximación a la frontera eficiente E-V basado en la acotación de la contribución marginal de las actividades al valor de la varianza total. El problema lo plantean en términos de maximización de la esperanza de ingresos con la condición de que la contribución de cada una de las actividades a la varianza total no sobrepase un cierto límite. Aplicaciones empíricas del método llevadas a cabo por los autores, han puesto de manifiesto la similitud de las soluciones

encontradas con las que se obtienen aplicando el criterio esperanza-varianza, lo cual es, no cabe duda, un importante argumento a su favor. A pesar de ello, la aceptación del mismo por parte de los tratadistas en temas de planificación agraria ha sido y es escasa. La razón fundamental de este rechazo está en la enorme carga de trabajo adicional que supone para el analista la aplicación del método una vez que el problema original ha sido planteado, debido a la necesidad de resolver varias veces el problema hasta llegar a la solución final. Estas dificultades se incrementan con la dimensión del problema hasta el punto de que el método, como reconocen los mismos creadores, deja de ser eficiente en problemas grandes, salvo que el número de variables aleatorias sea pequeño en términos absolutos y relativos.

La adaptación desarrollada por Hazell (modelo MOTAD) consiste en considerar como medida de la dispersión la desviación media absoluta (A) en lugar de la varianza (V). Como fue dicho por el propio Hazell, la justificación teórica para el uso de A como una medida del riesgo se basa en el hecho de ser  $A^2[\mu S/2 (S-1)]$  un estimador insesgado de la varianza cuando la población es normal o aproximadamente normal. En la expresión anterior  $\mu$  es una constante y S representa el tamaño de la muestra. El cambio supone, lógicamente, la sustitución del criterio *esperanza-varianza* por el *criterio esperanza-desviación media absoluta* en la aproximación a la maximización de la utilidad esperada. El método de aproximación sigue muy de cerca el enfoque de programación cuadrática, ya que al incorporar el criterio al conjunto de restricciones lineales expresivo de las posibilidades de actuación, el modelo permite minimizar la desviación media absoluta para un nivel dado de renta esperada, el cual puede ser parametrizado, generándose de esta forma el conjunto eficiente E-A de planes de actuación. El modelo, en su versión inicial, fue formulado en los siguientes términos:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{h=1}^T (y_h^+ + y_h^-)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n (C_{hj} - G_j) X_j - y_h^+ + y_h^- = 0 \quad (h = 1 \dots T)$$

$$\sum_{j=1}^n G_j X_j = \mu \quad (\mu = 0 \text{ a } \infty)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad (i = 1 \dots m)$$

$$X_j, y_h^+, y_h^- \geq 0$$

en donde:

$C_{hj}$  = margen bruto real de la actividad j en el período h

$G_j$  = margen bruto esperado por unidad de actividad j

$\mu$  = margen bruto total esperado

$a_{ij}$  = coeficiente técnico de la actividad j en la restricción i

$y_h^+$  e  $y_h^-$  representan las desviaciones (positivas o negativas) del margen bruto real ( $C_{hj}$ ) sobre el margen bruto esperado ( $G_j$ )

Debido a que, con independencia de cual sea la forma de la función de densidad, la desviación negativa total debe ser igual a la desviación positiva total, el planteamiento anterior puede adoptar la siguiente forma simplificada:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{h=1}^T y_h^-$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n (C_{hj} - G_j) X_j + y_h^- = 0 \quad (h = 1 \dots T)$$

$$\sum_{j=1}^n G_j X_j = \mu \quad (\mu = 0 \text{ a } \infty)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i$$

$$X_j, y_h^- \geq 0$$

La variable paramétrica  $\mu$  (que, en general, mide el valor esperado de la renta y ahora el valor esperado del margen bruto total) permite generar el conjunto eficiente EA, dentro del que cada decisor deberá buscar la combinación más acorde con su particular posición ante el riesgo.

Aplicando técnicas de simulación Montecarlo, Thomson y Hazell<sup>98</sup>, han demostrado que el conjunto eficiente de planes generados utilizando el criterio E-A se corresponde muy de cerca con el conjunto eficiente E-V. Estos trabajos y otros posteriores, de los que son un claro exponente los desarrollados por Johnson Boehlje<sup>99</sup> nos permiten concluir que el modelo de desviación media absoluta es un sustituto satisfactorio de la programación cuadrática del riesgo, resultando un enfoque superior o más eficiente cuando las distribuciones están sesgadas. Por consiguiente, si se acepta que los problemas de utilidad esperada puedan ser transformados en problemas de E-V, debe aceptarse también su transformación en problemas E-A. Este enfoque tiene además la ventaja de requerir solamente el algoritmo corriente de programación lineal y de conducir a problemas mucho más pequeños que bajo cualquier otro enfoque alternativo<sup>100</sup>, lo cual no es en absoluto despreciable en problemas de planificación global de organizaciones agrícolas complejas. Requiere también, en comparación con la programación cuadrática y las tres aproximaciones anteriormente analizadas, menos elaboración de los datos, menos esfuerzo humano en su implementación y en la derivación del conjunto de soluciones eficientes y menos tiempo de computación en la etapa de resolución.

---

98. K.J. Thomson y P.B.R. Hazell, (1972).

99. D. Johnson y M. Boehlje, (1981).

100 B. A. McCarl y T. Tice, (1982).

## **Modelos de Programación con condiciones de seguridad** *(Safety First Models)*

Los modelos pertenecientes a esta categoría se caracterizan por considerar elementos determinantes de la decisión a la renta esperada, junto con la probabilidad de que se produzca un cierto valor crítico de ésta.

El iniciador de estos métodos fue Roy<sup>101</sup>, debiendo incluirse entre las extensiones fundamentales las aportaciones posteriores de Pyle y Turnovsky<sup>102</sup>, Boussard y Petit<sup>103</sup> Kennedy y Francisco<sup>104</sup> y Roumasset<sup>105</sup>. En estos desarrollos, el criterio básico anteriormente enunciado adopta tres formas alternativas diferentes. Estas son:

- 1°. Minimizar la probabilidad de alcanzar una renta igual o inferior a un valor críticamente bajo.
- 2°. Maximizar el valor crítico de renta que se puede alcanzar con un determinado nivel de probabilidad.
- 3°. Maximizar la renta esperada con la condición de que la probabilidad de que aparezca un determinado valor críticamente bajo no supere un cierto nivel establecido.

De las tres, la última forma de expresar el problema es la que más se ha desarrollado.

En general, el enfoque safety-first es menos eficiente que el enfoque esperanza-varianza o afines, debido a su menor consistencia con la teoría de la utilidad esperada y a que su empleo no

---

101. A. D. Roy, (1952).

102. D. H. Pyle y S. T. Turnovsky, (1970).

103. J. M. Boussard y M. Petit, (1967).

104. J. O. Kennedy y E. M. Francisco, (1974).

105. J. A. Roumasset, (1976).

supone una reducción apreciable de las dificultades de elaboración pues, cualquiera que sea la modalidad adoptada de las anteriormente indicadas, siempre se desemboca en un problema no lineal.

En orden a la superación del último aspecto mencionado, se han efectuado algunos intentos de adaptación del criterio al objeto de poder expresarle en términos de programación lineal. De entre estos intentos hay que destacar el efectuado por Boussard y Petit, que consiste básicamente en la adición de restricciones lineales pensadas para limitar el riesgo de ruina (*restricción de pérdida focal* o de *máxima pérdida admisible*) al modelo básico de programación. Pero la debilidad del armazón teórico sobre el que se sustenta (axiomática de la decisión de Shackle) y la arbitrariedad de algunas de sus hipótesis específicas<sup>106</sup> hacen dudar de su poder descriptivo y, por consiguiente, de la pertinencia de su uso, como criterio de decisión ante el riesgo, en los modelos normativos.

#### **Enfoques basados en los criterios de decisión de la teoría de juegos (*game theoretic models*)**

Estos enfoques conciben la planificación de la empresa agraria como un problema de juegos contra la naturaleza.

El principal problema operativo dentro de este planteamiento general está en cómo conectar los criterios de decisión de la teoría de juegos (maximin de Wald, minimax regret de Savage, etc.) con el conjunto de restricciones propias de los modelos de programación, de manera que el modelo recoja fielmente los supuestos de la planificación y siga siendo lineal si lo son las restricciones anteriormente mencionadas. En este sentido, la

---

106. Véase por ejemplo: J. R. Anderson; J. L. Dillon, y J. B. Hardaker, (1980), pp. 202-206.

primera aportación se debe a McInerney<sup>107</sup> que incorpora el criterio maximin de Wald a una matriz de programación lineal pensada para un caso de planificación global en la empresa agraria. Entre las contribuciones posteriores merecen destacarse las del propio McInerney<sup>108</sup>, Tadros y Casler<sup>109</sup> y Kawaguchi y Maruyama<sup>110</sup>, que amplían y generalizan la aplicación de estos métodos al resto de los criterios de decisión de la teoría de juegos, la de Hazell<sup>111</sup>, que realiza un intento de conexión de los modelos maximin y minimax regret con la programación cuadrática, mediante la inclusión en los primeros de una restricción paramétrica del nivel de renta, y la de Low<sup>112</sup>, que intenta la conexión entre el enfoque de teoría de juegos y el enfoque *safety-first*.

Todos los desarrollos enumerados se basan en el supuesto implícito de que sólo existe un número discreto y finito de estados de la naturaleza (muestra constituida por las rentas de las actividades observadas en años anteriores), a los que no se les puede asignar probabilidades de ocurrencia, y que resumen el conocimiento del decisor sobre los riesgos que implican las posibles decisiones. El plan de producción óptimo deber estar, por consiguiente, asociado con alguno de los estados descritos.

Además los criterios de la teoría de juegos implican que la naturaleza es malévola, cosa que, obviamente, no es así.

Todas estas hipótesis, sumamente restrictivas, unidas a la falta de consistencia de los criterios de decisión manejados con la teoría de la utilidad esperada o con la axiomático de la elección racional, hacen que los modelos aquí referidos sean menos

---

107. J. P. McInerney, (1967).

108. J. P. McInerney, (1969).

109. M. E. Tadros, y G. L. Casler, (1969).

110. T. Kawaguchi y V. Maruyama, (1972).

111. P.B.R. Hazzell (1970).

112. A. R. C. Low, (1974).

eficientes que los basados de forma inmediata o mediata en el criterio esperanza-varianza, no debiendo ser por ello considerados como una alternativa real, salvo para casos y situaciones muy concretas.

#### **B. MODELIZACIÓN DEL RIESGO PROVOCADO POR LA VARIABILIDAD DE LOS ELEMENTOS DEL SEGUNDO MIEMBRO Y DE LOS COEFICIENTES TECNOLÓGICOS**

En contraste con el elevado número de desarrollos alternativos existentes para el tratamiento de la variabilidad de la renta, los estudios que abordan el problema de la variabilidad de los elementos  $b_i$  y  $a_{ij}$  en planificación agraria son escasos y están recogidos en una literatura relativamente dispersa. Ello se debe, a nuestro entender: 1º) a la gran complejidad teórica del tema, que no guarda parangón con la trascendencia efectiva del mismo; 2º) a las grandes necesidades de información requeridas en el tratamiento empírico del problema, la cual muy raramente se encuentra disponible; y 3º) a que la implementación de muchas de las formulaciones potenciales del problema es extremadamente compleja, llegándose frecuentemente a planteamientos para los que no es fácil encontrar algoritmos capaces de obtener óptimos globales.

En Anderson, Dillon y Hardaker<sup>113</sup> puede verse al respecto, cómo cuando la aleatoriedad de parámetros  $b_i$  y  $a_{ij}$  es recogida mediante funciones de densidad de probabilidad continuas, el problema adquiere una complejidad teórica enorme por reducido que sea el número de elementos considerados como aleatorios, deviniendo prácticamente en irresoluble. Esto ha hecho que se desarrollen algunos enfoques alternativos de entre los que hay que destacar aquellos que suponen la existencia de distribuciones discretas de probabilidad y la programación con restricciones aleatorias (chance constrained programming). Dentro del primero de los grupos mencionados destacan las formulaciones de

---

113. J. R. Anderson; J. L. Dillon, y B. Hardaker, (1980), pp. 215-224.

Cocks<sup>114</sup>, y de Maruyama<sup>115</sup>, ambas referidas de manera explícita al caso de la empresa agraria.

El método de programación estocástica discreta, desarrollado por Cocks y llevado posteriormente por Rae<sup>116</sup> al dominio de la programación secuencial, es posiblemente el más consistente de los establecidos hasta ahora, pero tiene el inconveniente de que exige matrices de programación muy grandes al tener que formularse de forma separada todas las posibles situaciones o estados de la naturaleza. Esto limita enormemente, al menos en el momento actual, el empleo del método en problemas reales de planificación global, salvo que la modelización se lleve a unos niveles tales de agregación que haga irreconocible la situación que se intenta representar.

El enfoque de Maruyama representa un intento de engarce de la programación estocástica discreta con la filosofía y criterios de decisión de los modelos de teoría de juegos, ya vistos al analizar el problema del riesgo asociado a la variabilidad de la renta. En comparación con los enfoques de Cocks y Rae tiene la ventaja de su menor dimensión, pero su uso obliga a un elevado número de procesos para llegar a una solución aceptable, dado el carácter paramétrico del planteamiento.

Como su propio nombre indica, la *programación con restricciones aleatorias* (chance constrained programming), inicialmente desarrollada por Charnes y Cooper<sup>117</sup>, es un tipo de programación matemática que incluye restricciones a las que se les asigna una determinada probabilidad de ser quebrantadas. Por consiguiente, bajo este enfoque la función objetivo, cualquiera que sea la forma que ésta adopte, se optimiza sujeta a un conjunto de restricciones del tipo:

---

114. K. D. Cocks, (1968).

115. Y. Maruyama, (1972).

116. A. N. Rae, (1971).

117. A. Charnes y W. W. Cooper, (1959).

$$\Pr \left[ \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \right] \geq \alpha_i \quad i=1\dots m$$

donde Pr es el operador de probabilidad,  $a_{ij}$ , y  $b_i$  son variables aleatorias con media y varianza conocidas, y  $\alpha_i$  es el nivel crítico de probabilidad asignado por el sujeto decisor al cumplimiento de la  $i$ -ésima restricción. Por lo tanto, bajo esta formulación, las soluciones para ser factibles necesitan satisfacer cada una de las restricciones aleatorias, no con total certidumbre, sino con una probabilidad igual o superior a la fijada libremente por el sujeto decisor, el cual está dispuesto, en consecuencia, a correr un determinado riesgo de que la solución factible óptima no sea luego realizable.

La resolución del problema así planteado requiere la previa transformación de las restricciones probabilísticas en sus equivalentes determinísticos, pudiendo distinguirse al respecto tres casos diferentes según se consideren aleatorios sólo los  $a_{ij}$ , sólo los  $b_i$ , o ambos a la vez. La fundamentación teórica y la operatividad de las transformaciones puede verse, en cualquiera de las muchas obras que se ocupan de estos temas<sup>118</sup>. Sólomente cabe destacar por su trascendencia en la resolución del problema, que si lo que se considera aleatorio son los  $a_{ij}$  o los  $a_{ij}$  y  $b_i$  a la vez, entonces las restricciones determinísticas equivalentes son no lineales, siendo por el contrario lineales cuando la aleatoriedad afecta a los  $b_i$  de manera exclusiva.

La *programación con restricciones aleatorias* es un método de relativamente fácil formulación y manejo a la vez que totalmente compatible con el *criterio esperanza-varianza* o afines, como han puesto de manifiesto Paris y Easter en un trabajo referido al ámbito de la agricultura australiana<sup>119</sup>. Ello, sin embargo, no debe hacernos olvidar ciertas limitaciones de orden operativo asocia-

---

118. J. B. Hardaker, R. B. M. Huirne y J. R. Anderson, (1977).

119. Q. Paris y C. D. Easter, (1985).

das al método, como son el incremento apreciable que origina la aplicación del mismo sobre las necesidades de información (la cual versa además sobre aspectos de no fácil ni frecuente cuantificación) y las dificultades de resolución asociadas siempre a problemas de cierta dimensión cuando hay en la estructura de los mismos restricciones no lineales.

En orden a la superación de la última de las dificultades mencionadas (dimensión y no linealidad) Wick y Guise<sup>120</sup> han desarrollado una extensión de la filosofía del modelo MOTAD a las restricciones aleatorias de recursos para el caso en el que sólo son aleatorios los coeficientes  $a_{ij}$ , aunque el enfoque parece fácilmente adaptable al caso más general de aleatoriedad simultánea en los elementos  $b_i$ , y  $a_{ij}$

Un enfoque, alternativo a la consideración explícita y formal de la incertidumbre en los coeficientes  $a_{ij}$  y  $b_i$  fácil de utilizar, es la adopción de una aptitud prudente en la asignación de valores (tendencia a la sobrevaloración en los  $a_{ij}$  y a la infravaloración en los  $b_i$ ), incluyendo además actividades de alquiler o contratación adicional de los recursos inicialmente disponibles, todo ello con la idea de que las restricciones aleatorias no ejerzan una auténtica limitación sobre el programa, estando asegurada así la viabilidad técnica del plan considerado como óptimo aún en las condiciones más adversas, aunque lógicamente a un coste superior al previsto, pues cuanto más altos sean luego en la realidad los coeficientes  $a_{ij}$  y más bajos los  $b_i$ , mayor tendrá que ser la contratación adicional de recursos para unos niveles dados de las actividades.

---

120. J. A. Wicks y J. W. B. Guise, (1978).

## La rigidez y gran duración de los procesos productivos agrarios como limitación a la programación monoperiódica

Hemos visto ya, cómo cualesquiera que sean las fechas de inicio y finalización del período anual de planificación, la presencia al final del mismo de actividades en curso (cultivos o ganados) será algo prácticamente inevitable, sobre todo en aquellos casos en los que en la configuración del conjunto de actividades participan cultivos de regadío o ganado de engorde. La presencia de esta categoría de actividades, con procesos que se inician en un ejercicio y finalizan en el siguiente, puede plantear problemas en los enfoques de planificación de corte anual mediante programación matemática, problemas más o menos graves en función de la tipología a que pertenezcan los productos liberados por esas actividades o procesos. Veamos los distintos casos que pueden presentarse así como sus repercusiones en la modelización:

- 1°. Las fechas de inicio y de finalización de los distintos procesos considerados como de posible realización caen siempre dentro del período para el que se planifica (el ejercicio económico).
- 2°. Existe un subconjunto de procesos dentro de los potenciales, cuya realización se prolonga más allá del final del período objeto de planificación, perteneciendo dichos procesos a alguna de las dos siguientes categorías: a) cultivos que liberan productos cuyo destino es la venta en el momento en que se obtienen o en algún momento posterior dentro del ejercicio siguiente al que es objeto de planificación, b) ganado de engorde alimentado mediante raciones de composición predefinida, siendo la compra el único origen posible para los productos que constituyen las citadas raciones.
- 3°. Existe un subconjunto de procesos dentro de los potenciales, cuya realización se prolonga más allá del final de período ob-

jeto de planificación, perteneciendo ahora dichos procesos a alguna de las dos siguientes categorías: a) cultivos que liberan productos reempleables en la alimentación del ganado en el momento en que se obtienen o en algún momento posterior a lo largo del ejercicio siguiente al que se planifica, vendiendo o no los mismos como destino alternativo, b) ganado de engorde con necesidades alimenticias a cubrir, mediante el aporte de raciones de composición a determinar y de las que pueden formar parte los productos pertenientes a la categoría anterior.

En los casos primero y segundo la planificación del ejercicio en cuestión puede enfocarse sin reserva alguna desde una perspectiva estricta de período único, es decir, sin referencia alguna al período siguiente. A efectos de medición del interés de las actividades para la empresa, en el primer caso resulta indiferente el uso del margen bruto total del ejercicio o del margen bruto total asociado al plan de actuación, pues en los dos casos se estará midiendo la misma cosa. En el caso segundo, por el contrario, el único enfoque válido es la inclusión del margen bruto asociado al plan de actuación considerado en su extensión temporal total (que irá, por hipótesis, más allá del final del ejercicio que se planifica), pues si se optara por el margen bruto del ejercicio, las actividades con inicio en éste y finalización en el siguiente quedarían sistemáticamente fuera de la solución óptima por aparecer cómo procesos que sólo originan gastos al no ser considerados en su integridad.

En el tercero de los casos indicados, la situación se complica hasta el extremo de tornarse en inviable el enfoque de planificación monoperiódica sin referencia alguna al período siguiente al que se planifica. Porque desde una perspectiva estricta de período único... ¿cómo determinar si interesa iniciar la producción de un producto en el período que se planifica al objeto de suministrárselo como alimento al ganado en el período siguiente?, o, lo que constituye en cierto modo la otra cara del interro-

gante, ¿cómo determinar si interesa o no abordar en el ejercicio que se planifica un proceso de engorde de ganado con finalización de fase en el período siguiente, si ello depende de la forma en que el ganado sea alimentado en este último tramo, resultado a su vez de la consideración simultánea de las distintas fuentes de principios alimenticios y de los distintos destinos posibles para éstos? La solución del problema puede abordarse, a nuestro entender, mediante uno u otro de los dos enfoques alternativos siguientes:

El primero de ellos, por otra parte obvio, sería adentrarse en el dominio de la programación multiperíodica, camino que nosotros desechamos, no porque pongamos en duda su validez, sino porque con su empleo se corre un muy alto riesgo de desembocar en otra situación de difícil salida por la enorme dimensión de los modelos resultantes, que los haría prácticamente inabordables por parte de la gran mayoría de las empresas del agro, por los grandes requerimientos de información, por la complejidad conceptual del modelo y por las dificultades operativas en la construcción de la matriz de programación.

Con el enfoque alternativo que nosotros proponemos se superan los anteriores inconvenientes, si bien su aplicación obliga a dos procesamientos sucesivos de la matriz en el marco de la planificación del ejercicio, pero ello no supone hoy una limitación significativa ni desde el punto de vista del tiempo ni del coste asociado al uso del ordenador. El enfoque mencionado implica la determinación sucesiva de dos planes de actuación: Uno de carácter estacionario o de régimen permanente, en el que las actividades que lo configuran se reproducen idénticamente todos los años indefinidamente, que ignora en su confección posibles condicionantes derivados de decisiones tomadas en ejercicios anteriores y que implica la estabilidad en el tiempo de la estructura productiva inicial de la empresa y la del sistema relativo de

precios<sup>121</sup>. Y otro plan de actuación para el ejercicio de referencia, confeccionado desde la consideración explícita de la situación de partida de la empresa, y que debe dejar a la misma, transcurrido el ejercicio, en situación de poder aplicar en el siguiente el plan correspondiente a la hipótesis de régimen permanente.

El proceso de planificación del ejercicio venidero se inicia, por tanto, con la determinación del plan de actuación en régimen permanente y continua con la determinación del plan de actuación concreto para dicho ejercicio. Estos dos pasos quedan estructurados y engarzados así:

### **1º *Determinación del plan de actuación óptimo en régimen permanente***

La hipótesis de *régimen permanente* permite la asignación de los actos parciales de los procesos (de producción, compra, venta, financiación, etc.) a uno u a otro de los distintos subperíodos en que se haya considerado oportuno dividir el período total de planificación. Así por ejemplo, el proceso *producción de remolacha*, que puede tener su inicio en un ejercicio (abril) y finalizar en el siguiente (diciembre), queda, bajo esta hipótesis de permanencia en el tiempo de las actuaciones, asignado en su integridad dentro del período anual de planificación, aunque con la aparente paradoja de ser la recolección previa en el tiempo a la siembra, pero es que en realidad estas operaciones no pertenecen al mismo proceso, sino a procesos sucesivos que se reproducen idénticos en el tiempo.

### **2º *Determinación del plan de actuación para el próximo ejercicio (Período 1)***

Este plan, además de suponer la optimización de los actos a desarrollar en el período de referencia, deber llevar al sistema a

---

121. La hipótesis de régimen permanente es algo implícito en la gran mayoría de los modelos de programación monoperiódica recogidos en la literatura especializada.

un estado final tal que la empresa esté en condiciones de aplicar en el período siguiente (Período 2) el plan de actuación que corresponde a la hipótesis de régimen permanente. Para ello, el plan que ahora se determina debe respetar un conjunto más o menos amplio de directrices o condiciones, que tienen su origen en el previamente determinado para situación estacionaria y que entrarán en la matriz de programación actual en forma de restricciones de igualdad añadidas a las específicas de la situación que se planifica. Los mencionados condicionantes harán referencia, fundamentalmente, a procesos de producción de necesario inicio en el Período 1 a un determinado nivel, si se quiere contar con determinados productos o recursos en el siguiente. Así, por ejemplo, si la solución en régimen permanente indica que hay que alimentar al ganado con silo de maíz producido por la empresa, ésta no podrá actuar de esa forma durante el Período 1 debido a la gran duración del proceso que lleva a la obtención del producto y a la rigidez de la fecha de su comienzo (siembra en marzo-abril) y de finalización de la fermentación en silo (enero), pero sí podrá (deberá) iniciar en este período, el proceso de producción de silo de maíz al nivel indicado por el plan de actuación en situación estacionaria, y así estar en condiciones de alimentar al ganado con silo de maíz en el período siguiente (Período 2). En el análisis de las distintas submatrices, efectuado en los capítulos 6 y 7, volveremos nuevamente sobre estos aspectos de la planificación.

Salvo que la estabilidad en la estructura empresarial y en el nivel de precios de factores y productos sea total, cosa bastante improbable, llegado el final del período 1 habrá que reiniciar el proceso, es decir, se deberá volver a determinar lo que se considera actuación óptima en régimen permanente para acto seguido proceder a la determinación del plan de actuación óptimo en el período inmediato (nuevo Período 1). Estamos, por tanto, ante una serie móvil de planes de actuación que se van modificando a la luz de los acontecimientos y de las previsiones sobre evolución de precios en el corto plazo. Serie que debería,

lógicamente, encontrarse inserta en una estrategia de desarrollo de largo plazo, dimensión esta de la planificación que se sale del ámbito al que están referidas estas reflexiones y lo único que cabe en ellas es darlo por supuesto.

## V.5. ESQUEMA GRÁFICO DEL MODELO Y PROCESO GENERAL DE RESOLUCIÓN

La figura V.1 muestra un esquema del modelo en forma gráfica. El mismo da una visión panorámica de su estructura, destacando las interrelaciones existentes entre los distintos conjuntos homogéneos de restricciones (submatrices) y la posición relativa de esos conjuntos dentro de la estructura.

Las áreas sombreadas indican zonas que contienen coeficientes cero y no cero entremezclados en forma más o menos regular. Las áreas en blanco indican zonas en las que los coeficientes son todos sin excepción iguales a cero. Como se intuye fácilmente a la vista del gráfico, la densidad de la matriz de programación es muy pequeña, cosa bastante frecuente en este tipo de planteamiento.

Como anteriormente hemos dicho, la planificación del ejercicio de referencia obliga a la determinación previa del plan de actuación en situación estacionaria o de régimen permanente, salvo en situaciones decisionales muy concretas, caracterizadas por su simplicidad. Ello hace que el proceso general de resolución del problema comprenda tres fases interconectadas en la forma que recoge la figura V.2.

Figura V.1

Esquema gráfico del modelo de programación

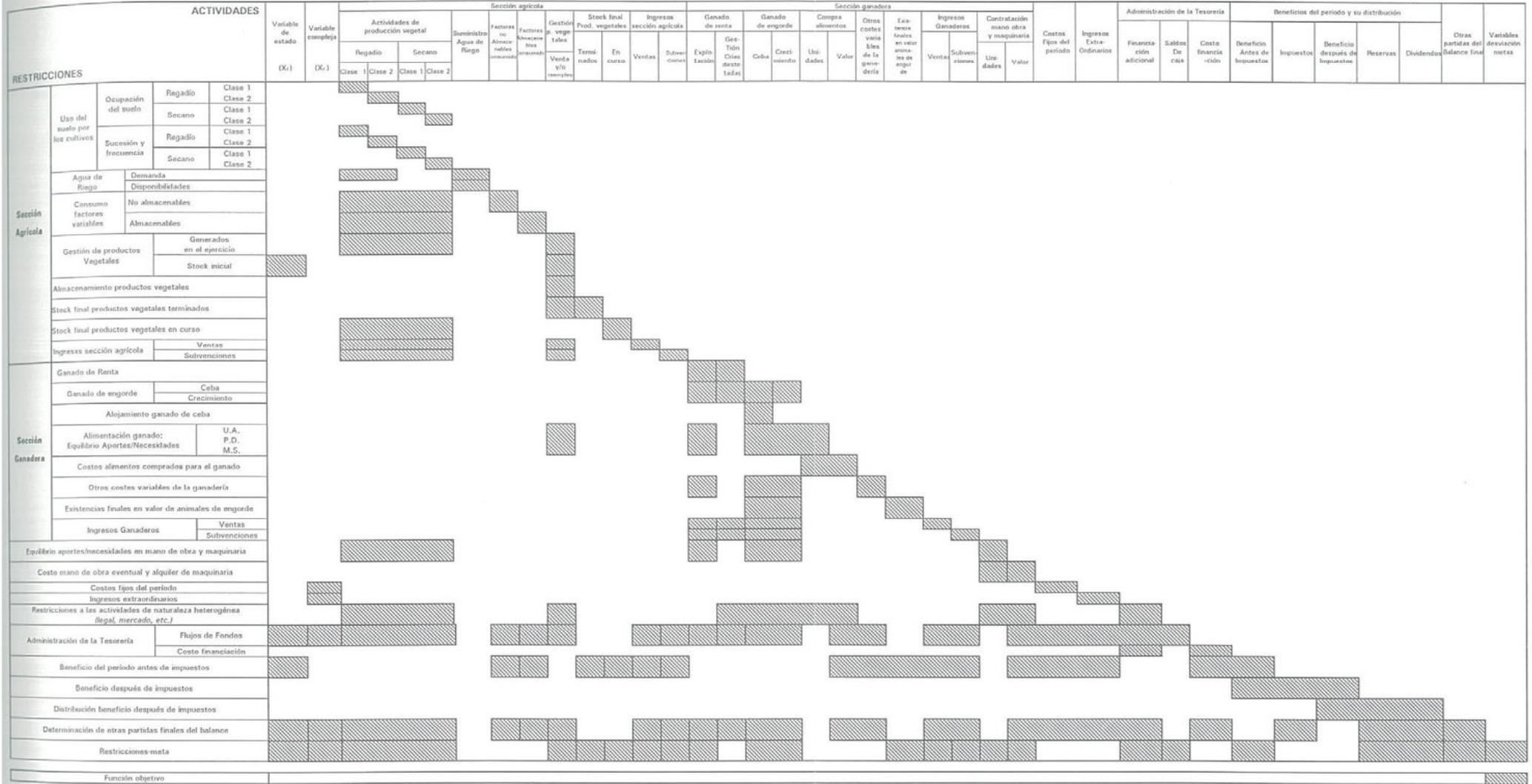
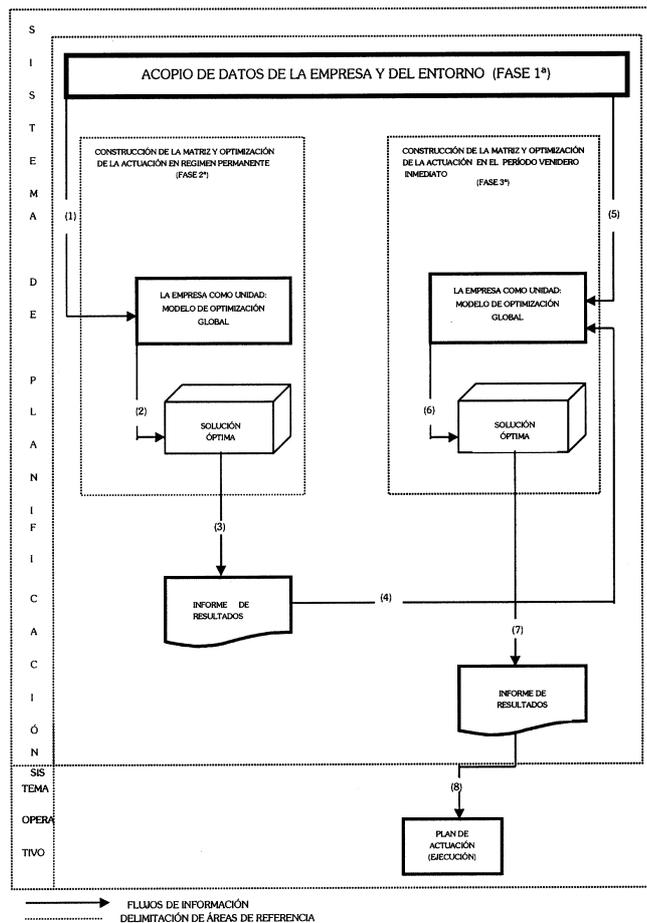


FIGURA 3  
**Construcción de la matriz de programación y  
 búsqueda de la solución óptima: diagrama secuencial**



Como puede verse, el proceso se inicia (Fase 1ª) con la determinación y acopio de la información necesaria para la planificación, que puede provenir bien de la empresa o bien del entorno.

La Fase 2ª comprende la planificación de la actuación bajo hipótesis de régimen permanente.

La Fase 3ª agrupa las operaciones relativas a la determinación de la solución óptima correspondiente al ejercicio venidero inmediato, a la luz de los resultados encontrados en la fase anterior.

Los números sobre las flechas en el gráfico indican el orden secuencial en el proceso de intercambio y cesión de información. La Fase 2ª queda sin contenido cuando el conjunto potencial de actividades está constituido sólo por actividades que comienzan y finalizan dentro del ejercicio a planificar.

Es evidente que la resolución de problemas con las características del que nos ocupa, lo ha hecho posible el desarrollo del cálculo científico mediante ordenador. Hoy día nadie discute ya las posibilidades y ventajas del microordenador como medio efectivo y económico de procesar información empresarial. Que ello es así, lo pone claramente de manifiesto la rápida penetración de los mismos, a lo largo de los últimos años, en el segmento de la pequeña y mediana empresa y su coexistencia en las grandes con el gran ordenador. Esta rápida difusión ha venido acompañada de importantes avances científicos y tecnológicos que han dado lugar a máquinas cada vez más potentes, con mayor capacidad de cálculo y mayor capacidad de memoria y a la generación de programas de ordenador específicos cada vez más completos y potentes, pudiendo ser calificados de espectaculares los avances habidos a lo largo de los últimos quince años en la generación de software para la resolución de problemas lineales o no lineales en microordenador.

A mediados de la década de los años 80 el inventario de pro-

gramas comerciales era bastante restringido, como puso de manifiesto R. Sharda en dos trabajos publicados en 1984 y 1985, respectivamente<sup>122</sup>, a la vez que bastante limitados en su capacidad. Entre los programas disponibles destacaban los siguientes:

- a) En el ámbito de la programación lineal continua: Programa producto LP Máster, válido para matrices de no más de 500 filas y 1000 variables, y Programa producto XPres-LP, de características similares en cuanto a capacidad y posibilidades.
- b) En el ámbito de la programación lineal mixta con variables enteras no bivalentes: Programa producto MPS-PC, válido para matrices de no más de 500 filas y 1000 variables, de las que a lo sumo diez podían ser enteras.
- c) En el ámbito de la programación lineal mixta con variables enteras de carácter bivalente: Programa producto LINDO-PC, para matrices de no más de 800 filas y 2000 variables, de las que a lo sumo 200 podían ser bivalentes..
- d) En el ámbito de la programación no lineal: Programa producto GINO/PC, válido para matrices de no más de 30 filas y 50 variables.

Como hemos dicho antes y corrobora el informe reciente de R Fourer<sup>123</sup>, el avance, habido en el período de referencia en la generación de software para el procesamiento de matrices de programación matemática en microordenador, ha sido enorme, pudiendo afirmarse que en la actualidad no hay más limitación en el procesamiento de matrices que la que se derive de la memoria disponible en el ordenador, y ello tanto en programación lineal como en programación no lineal con variables continuas y/o

---

122. R. Sharda, (1985).

enteras. Algunos de los programas-producto existentes en 1985 han mejorado sus prestaciones a la vez que han aparecido otros nuevos, estando hoy disponibles un amplio catálogo de productos capaces de atender cualquier requerimiento relativo a dimensiones de la matriz de programación o características de las variables y restricciones, como GAMS (General Algebraic Modeling System), MINOS (Modular In-core Non-linear Optimization System), What's Best!, LINGO 5.0 y PRESS-MP.

---

123. R. Fourer, (1999).

---

## Capítulo VI

### **Modelización de las decisiones relativas a la producción vegetal:**

aspectos técnicos, económicos  
y comerciales



## VI.1. UTILIZACIÓN DEL SUELO POR LOS CULTIVOS: OCUPACIÓN, SUCESIÓN Y FRECUENCIA

Este bloque de restricciones está constituido por aquellas que regulan la ocupación del suelo por los cultivos y por las que traducen ciertas exigencias de tipo técnico en relación con la sucesión en el tiempo de éstos sobre las parcelas (rotación).

Las ecuaciones de ocupación del suelo hacen referencia al problema de la asignación de éste, durante el período de planificación, entre las actividades de producción vegetal definidas como posibles. Expresan la necesidad de que el número de hectáreas cultivadas en el período de referencia sea menor o igual al número de hectáreas disponibles. Lógicamente, este problema de asignación en el marco del corto plazo sólo afecta a las denominadas *tierras no ocupadas*, para las que, ya se propusieron criterios de clasificación. La condición de equilibrio  $necesidades \leq disponibilidades$ , deberá plantearse de manera independiente para cada una de las clases de tierra existentes. Ello es fácil de expresar en aquellos casos en los que los períodos de ocupación del suelo por parte de los distintos cultivos se solapan entre sí, pues en esos casos los cultivos se están comportando como actividades competitivas, pudiendo, en consecuencia, expresarse la referida condición de equilibrio mediante una ecuación específica para cada una de las clases de tierra resultantes de la clasificación. Pero puede ocurrir que los períodos de ocupación del suelo de dos o más cultivos no presenten esos solapamientos dentro del ejercicio económico; si ello es así, los cultivos se comportan no como actividades competitivas sino como actividades suplementarias, siendo técnicamente posible la realización sucesiva de los mismos, dentro del ejercicio, sobre una determinada parcela. La introducción de estas relaciones de suplementariedad en los modelos lineales puede efectuarse mediante uno u otro de los dos siguientes procedimientos alter-

nativos<sup>124</sup>:

- 1°. Creación de las actividades *complejas* pertinentes (consideración de dos actividades sucesivas en el tiempo, como una actividad única) e introducción del conjunto total resultante (actividades simples más actividades complejas) en una única ecuación de limitación.
- 2°. División del período total de planificación en varios subperíodos, de manera que dentro de cada uno de ellos se den sólo relaciones de competitividad, y formulación dentro de cada clase de tierra de tantas ecuaciones de limitación como subperíodos haya.

Los dos métodos requieren el conocimiento del calendario de ocupación del suelo por cada una de las distintas actividades simples definidas. Supuesto este conocimiento, si se va a seguir el primer método habrá que proceder a la determinación de las actividades complejas potencialmente existentes y a la determinación de subperíodos si se va a seguir el segundo. La determinación de actividades complejas requiere sólo un mínimo de atención y de conocimientos agronómicos al objeto de no dejar fuera posibles combinaciones de cultivos, caracterizándose además el proceso de búsqueda y formulación por su automatismo y objetividad. Este automatismo y esta objetividad se pierden, por el contrario, en el proceso de determinación de subperíodos, pues ni está dado el número posible de éstos en cada caso concreto ni, por supuesto, la duración de los mismos, que puede ser uniforme o desigual. Ello hace que, en general, nos inclinemos a favor de la definición del actividades complejas frente a la definición de subperíodos.

Las ecuaciones de ocupación del suelo, cualquiera que sea el enfoque seguido en su formulación, no se ven afectadas, ni en

---

124. P. Cordonnier y otros (1975), pp. 477-480.

su estructura ni en su composición, por la presencia de cultivos en curso al inicio del período de planificación, fuere cual fuere el tipo de relación existente entre estos cultivos y los de posible introducción. Ahora bien, en aquellos casos en los que aparezcan relaciones de competitividad entre las actividades en curso y las potenciales habrá que limitar los niveles de desarrollo de éstas, pues, para ellas, las disponibilidades de tierra son inferiores a las fijadas con carácter general. Así, por ejemplo, si sobre 100 Has. de regadío planteamos como posibles el cultivo, entre otros, de cebada sembrada en enero y de cebada sembrada en noviembre, y de esas 100 Has. hay el inicio del período de planificación 20 Has. de remolacha en curso a recolectar en diciembre, es claro que la tierra máxima disponible, en ausencia de otras limitaciones, para el desarrollo de la actividad *cultivo de cebada, sembrada en noviembre*, no son 100 sino 80 hectáreas.

Este bloque de relaciones deberá recoger también en su estructura la posibilidad de transferir tierra desde una determinada clase a otra en todos aquellos casos en que la transferencia sea admisible desde el punto de vista técnico, como ocurre con las tierras definidas en primera instancia como de regadío, las cuales no cabe duda que pueden manejarse como tierras de secano en su totalidad o en parte en función del agua total disponible en el período de referencia y de las demandas de ésta por los cultivos, pues de no contemplarse esa posibilidad de transferencia podría llegarse a soluciones en las que parte de la tierra de regadío quedara ociosa por no disponer de agua suficiente, cuando lo lógico en esos casos es que se cultiven como tierras de secano. Desde el punto de vista matemático, la introducción de los mecanismos de transferencia implica la creación de variables específicas (variables de transferencia de tierra) que juegan el mismo papel que las que en los modelos financieros transfieren excedentes de liquidez entre períodos parciales sucesivos, cosa de la que nos ocuparemos más adelante. Unas y otras pertenecen al grupo de variables que antes pertenecen al grupo de variables que antes hemos catalogado como *de*

*escritura*. Una forma alternativa de resolver este problema es incluir cultivos de secano en el conjunto de cultivos posibles sobre tierras de regadío, llamados a ocupar estas tierras en la medida en que el agua disponible resulte escasa en relación con la superficie habilitada para el riego. Esta última solución deberá aplicarse siempre que dentro de las clases de tierra de secano contemplados en el modelo no haya ninguna que se pueda asimilar por sus características a las tierras de regadío, cosa, por otra parte, evidente.

Las exigencias de tipo técnico relacionadas con la sucesión en el tiempo de los cultivos sobre las parcelas, que persiguen el mantenimiento de la productividad del factor tierra a largo plazo, se concretan en las denominadas *reglas agronómicas* (reglas de sucesión y reglas de frecuencia). Mediante las primeras se asegura que la superficie destinada a ciertos cultivos sea inferior, o a lo sumo igual, a la superficie consagrada a otros cultivos *precedentes* considerados técnicamente admisibles. Por su parte, las reglas de frecuencia establecen la imposibilidad agronómica de repetir ciertos cultivos sobre una determinada parcela, antes de que pase un tiempo mínimo admisible desde un punto de vista puramente técnico o agronómico.

La necesidad de respetar las dos reglas anteriores ha sido, a lo largo del tiempo, defendida por unos especialistas y puesta en duda por otros. En realidad, se trata de un tema sobre el que los conocimientos basados en la experimentación científica son escasos e imprecisos, a la vez que sujetos a continuas revisiones, fundamentalmente provocadas por el intenso y acelerado progreso tecnológico (selección de semillas, nuevas técnicas de fertilización, etc.) que ha restado y sigue restando vigencia a tales reglas. Pero como estas han tenido siempre, esa es la verdad, un marcado carácter subjetivo, representando para muchos agricultores un elemento de tradición profesional, su ausencia total de los modelos puede llevar a soluciones no aceptables para los sujetos que tienen que aplicarlas. Por ello,

aquí defendemos una solución de compromiso, admitiendo la posibilidad de establecer limitaciones al desarrollo de aquellos cultivos que se consideren más sensibles al efecto rotación, pero huyendo al mismo tiempo de planteamientos complejos y excesivamente sutiles que lleven a la imposición de *camisas de fuerza* a los sistemas de cultivos, constriñendo así el conjunto de soluciones posibles, sobre unas bases y supuestos con un alta dosis de arbitrariedad. En apoyo de nuestra posición está también el hecho de que al considerar e introducir un amplio conjunto de objetivos en los modelos, las soluciones encontradas van a llevar con total seguridad a combinaciones de cultivos con un grado de diversificación tal, que permitirá el respeto de las reglas en forma satisfactoria, sin necesidad de introducirlas expresamente en el modelo, consiguiéndose así la reducción de la complejidad y dimensión del mismo sin merma de su poder descrito y analítico.

## Restricciones de ocupación del suelo: expresión genérica con variables de transferencia de tierra entre clases

### Expresión genérica con variables de transferencia de tierra

$$\sum_k a_{ik} X_{ik} + a_{ij} X_{ij} + \sum_j a_{ji} X_{ji} \leq b_i ; \forall_i$$

en donde:

- i = clase de tierra i (i = 1,2,3.....m)
- j = clase de tierra j (j = 1,2,3.....m)
- k = actividad vegetal (cultivo) k (k = 1,2,3.....n)
- a<sub>ik</sub> = coeficientes técnicos de valor cero o uno
- a<sub>ij</sub> = coeficientes técnicos de valor cero o uno
- a<sub>ji</sub> = coeficientes técnicos de valor cero o menos uno
- b<sub>i</sub> = disponibilidades de tierra de la clase i
- X<sub>ik</sub> = unidades de la actividad vegetal k (cultivo k) sobre tierra de la clase i.
- X<sub>ij</sub> = unidades de tierra i (hectáreas, normalmente) transferidas a la clase j (i≠j).

$X_{ji}$  = unidades de tierra  $j$  transferidas a la clase  $i$  ( $j \neq i$ ). Por lógica, si  $X_{ij}$  toma valor positivo  $X_{ji}$  será cero y viceversa.

### Expresión genérica sin variables de transferencia de tierra

$$\sum_k a_{ik} X_{ik} \leq b_i ; \forall_i$$

en donde todos los parámetros y variables mantienen su anterior significado.

### Restricciones de ocupación del suelo: un ejemplo con y sin creación de variables de transferencia de tierra

**Cuadro VI.1**

**Restricciones de ocupación del suelo con creación de variables de transferencias de tierra *regadío-secano***

Restricciones	Actividades	Cultivos						Transferencia de Tierra	Segundo Miembro	
		Tierra clase 1 (regadío)			Tierra clase 2 (secano)				Signo	Valor
		XC1	XC2	XC3	XC4	XC5	XC6			
Ocupación del suelo	TC1 (regadío)	1	1	1				1	≤	DT1 (Has)
	TC2 (secano)				1	1	1	-1	≤	DT2 (Has)

**Cuadro VI.2**

**Restricciones de ocupación del suelo sin creación de variables de transferencia de tierra *regadío-secano***

Restricciones	Actividades	Cultivos						Tierra clase 2 (secano)			Segundo Miembro	
		Tierra clase 1 (regadío)			Tierra clase 2 (secano)			XC4	XC5	XC6	Signo	Valor
		Regadío		Secano	XC1	XC2	XC3					
Ocupación del suelo	TC1 (regadío)	1	1	1	1	1	1				≤	DT1 (Has)
	TC2 (secano)						1	1	1		≤	DT2 (Has)

DT1: Disponibilidades tierra de la clase 1

DT2: Disponibilidades tierra de la clase 2

XC: Identifica a las distintas actividades (cultivos): XC1 a XC6.

XTT: Identifica a las actividades de transferencia de tierra.

Como puede verse, el mecanismo de transferencias recoge la posibilidad de que tierras inicialmente definidas como de regadío pasen a engrosar el stock de tierras de secano ante una eventual

falta de agua.

## VI.2. ASIGNACIÓN DEL AGUA DE RIEGO DISPONIBLE

A corto plazo, el equipo de riego y los métodos de regar son un dato, planteándose tan sólo la mejor utilización de esas instalaciones y la mejor asignación del agua de riego disponible entre los distintos cultivos.

Las restricciones específicas de regadío son en tales circunstancias fáciles de establecer, pues hay simplemente que enunciar tantas ecuaciones de menor o igual como subperíodos se hayan definido, que expresen la exigencia de que, en el subperíodo de referencia, el consumo total de agua sea menor o a los sumo igual a las disponibilidades. Estas disponibilidades pueden incluirse en el modelo configurando el segundo miembro o término a la derecha de las ecuaciones de equilibrio *demanda-disponibilidades* o definiendo actividades de *suministro de agua de riego* (una por ecuación) cuyos valores vendrán limitados por las disponibilidades de agua correspondientes. El primero de los enfoques es más sencillo en su aplicación y lleva a matrices de programación más reducidas, pero su empleo impide la explicitación y parametrización del costo variable unitario del agua y, por consiguiente, el estudio de su uso en función de posibles variaciones del mismo.

### Restricciones de asignación del agua de riego: expresión genérica sin y con creación de variables de suministro de agua

#### Expresión genérica sin creación de variables de suministros de agua de riego

$$\sum_k a_{tk} X_k \leq b_t \quad ; \forall t$$

en donde:

- $a_{tk}$  : demanda unitaria de agua en el período t por el cultivo k.  
 $X_k$  : actividad vegetal k (cultivo k).  
 $b_t$  : disponibilidades de agua de riego en el subperíodo t.

### Expresión genérica con creación de variables de suministros de agua de riego

$$\sum_k a_{tk} X_k - X_t^r = 0 \quad ; \forall t$$

$$X_t^r \leq b_t \quad ; \forall t$$

en donde:

$X_t^r$  : demanda total de agua de riego en el subperíodo t, manteniendo las restantes variables y parámetros su anterior significado.

### Restricciones de asignación del agua de riego disponible: un ejemplo sin y con creación de variables de suministro de agua

**Cuadro VI.3**  
**Juego de restricciones sin creación de variables de suministro de agua de riego**

Restricciones	Actividades	Cultivos						Transferencia de Tierra	Segundo Miembro
		Tierra clase 1 (regadío)			Tierra clase 2 (secano)				
		XC1	XC2	XC3	XC4	XC5	XC6		
Ocupación del suelo	TC1 (regadío)	1	1	1				1	≤ DT1 (Has)
	TC2 (secano)				1	1	1	-1	≤ DT2 (Has)
Riego (demanda/disponibilidades)	Subperíodo 1	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>33</sub>					≤ DA1 (m <sup>3</sup> )
	Subperíodo 2	a <sub>41</sub>	a <sub>42</sub>	a <sub>43</sub>					≤ DA2 (m <sup>3</sup> )

en donde:

- DA1 : disponibilidades de agua de riego en el subperíodo 1  
 DA2 : disponibilidades de agua de riego en el subperíodo 2  
 a<sub>31</sub>....a<sub>43</sub> : consumos unitarios de agua por los distintos cultivos en los subperíodos definidos dentro del periodo total de planificación

**Cuadro VI.4**

**Juego de restricciones con creación de variables de suministro de agua de riego en los subperíodos considerados (XSR1 y XSR2)**

Restricciones	Actividades	Cultivos						Transfere- ncia de Tierra XT1	Suministro Agua de Riego		Segundo miembro	
		Regadío			Secano				XSR1	XRS2	Signo	Valor
		XC1	XC2	XC3	XC4	XC5	XC6					
Ocupación del suelo	TC1 (regadío)	1	1	1				1		≤	DT1 (Has)	
	TC2 (secano)				1	1	1	-1		≤	DT2 (Has)	
Riego (demanda)	Subperíodo 1	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>33</sub>				-1		≤	O (m <sup>3</sup> )	
	Subperíodo 2	a <sub>41</sub>	a <sub>42</sub>	a <sub>43</sub>					-1	≤	O (m <sup>3</sup> )	
Riego (disponibilidades)	Subperíodo 1							1		≤	DA1 (m <sup>3</sup> )	
	Subperíodo 2								1	≤	DA2 (m <sup>3</sup> )	

### VI.3. CONSUMO DE FACTORES NO ALMACENABLES O ASIMILADOS

Este bloque está constituido por un conjunto de identidades de necesario empleo para la cuantificación de los consumos anuales en valor de ciertos factores variables, específicos de los cultivos.

Los conceptos considerados son:

- Semillas y plantas.
- Herbicidas y productos fitosanitarios.
- Factores configuradores del costo variable de la tracción, de otra maquinaria autopropulsada y de máquinas arrastradas, cuyo uso origine un costo variable directo significativo (empacadoras, sembradores, etc.).
- Otros costes variables de las actividades vegetales, incluido el coste de agua de riego.

Por las razones ya dichas, los actos de compra y de consumo de los factores asociados a los anteriores conceptos de coste se consideran coincidentes en el tiempo, no habiendo así necesidad

de manejar variables de almacenamiento en el modelo. Estos consumos así como el de fertilizantes y el de factores variables específicos de la producción animal, cuya modelización será abordada más adelante, no están limitados de forma directa, aunque sí lo están de forma mediata, a través de las restricciones financieras que acotan y limitan la entrada de medios financieros autónomos, complementarios a los generados por la explotación.

Los consumos unitarios, valorados en dinero, correspondientes a los factores no almacenables a que ahora nos referimos, entran en el modelo como coeficientes técnicos de las actividades de producción. El consumo total correspondiente a cada concepto se obtiene mediante la suma de los consumos parciales resultantes de la multiplicación del consumo unitario de cada actividad por su correspondiente nivel.

Un enfoque alternativo para los factores *Semillas y plantas* y *Herbicidas y productos fitosanitarios* es el de trabajar con consumos unitarios (coeficientes técnicos) en unidades físicas, en vez de unidades monetarias, valorando posteriormente estos consumos mediante la inclusión en la matriz de programación de las identidades *Precio unitario x Consumo total en unidades físicas = Consumo Total en valor*. Este enfoque lleva a modelos de mayor dimensión pero permite la medición de la incidencia en la solución óptima de variaciones en los precios unitarios de los factores.

## **Modelización del consumo de factores no almacenables en valor y en unidades físicas: expresión genérica**

### **Modelización del consumo en valor**

$$\sum_k a_{zk} X_k - X_z = 0 ; \forall z$$

$$\sum_z X_z = X^{CFNA}$$

en donde:

- $a_{zk}$  : consumo unitario en valor de factor z por el cultivo k.
- $X_k$  : actividad vegetal k (cultivo k).
- $X_z$  : consumo total en valor de factor z.
- $X^{CFNA}$  : consumo total en valor de factores no almacenables.

### Modelización del consumo en unidades físicas

$$\sum_k a'_{zk} X_k - X'_z = 0 \quad ; \quad \forall z$$

$$P_z X'_z - X_z = 0 \quad ; \quad \forall z$$

$$\sum_z X_z = X^{CFNA}$$

en donde:

$P_z$  : precio del factor z

$a'_{zk}$  : consumo unitario en unidades físicas de factor z por el cultivo k.

$X'_z$  : consumo total en unidades físicas de factor z, manteniendo el resto de parámetros y variables su anterior significado.

En general  $a_{zk}$ ,  $a'_{zk}$ ,  $X_z$  y  $X'_z$  reflejan valores referidos al proceso de producción en su duración (o extensión) total. Pero en planificación del periodo (ejercicio) venidero inmediato los valores estarán referidos sólo a aquella parte del proceso, que discurre dentro del dicho periodo cuando se trate de cuantificar el beneficio correspondiente al mismo.

**Modelización del consumo de factores no almacenables en valor y en unidades físicas:** un ejemplo en los cuadros VI.6 y VI.7.

APAISADO

**Cuadro 6.5. Modelización con coeficientes en unidades monetarias**

Restricciones	Actividades	Cultivos						Transferencia de tierra	Suministro agua de riego		Consumo en valor factor no almacenables			Segundo miembro	
		Regadío			Secano				XS R1	XS R2	Factor 1	Factor 2	Total	Sig no	Valor
		XC 1	XC 2	XC 3	XC 4	XC5	XC 6				XT1	XN A1	XN A2		
Ocupación del suelo	TC1 (regadío)	1	1	1				-1						≤	DT1 (Has)
	TC2 (secano)				1	1	1	-1						≤	DT2 (Has)
Riego (demanda)	Subperíodo 1	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>33</sub>					-1					≤	O (m <sup>3</sup> )
	Subperíodo 2	a <sub>41</sub>	a <sub>42</sub>	a <sub>43</sub>						-1				≤	O (m <sup>3</sup> )
Riego (disponibilidades)	Subperíodo 1								1					≤	DA1 (m <sup>3</sup> )
	Subperíodo 2									1				≤	DA2 (m <sup>3</sup> )
Factores no Almacenables	Factor 1	a <sub>71</sub>	a <sub>72</sub>	a <sub>73</sub>	a <sub>74</sub>	A <sub>75</sub>	a <sub>76</sub>				-1			=	0 (u.m.)
	Factor 2	a <sub>81</sub>	a <sub>82</sub>	a <sub>83</sub>	a <sub>84</sub>	A <sub>85</sub>	a <sub>86</sub>					-1		=	0 (u.m.)
	Totales										1	1	-1	=	0 (u.m.)

a<sub>71</sub>.....a<sub>86</sub>: consumos unitarios de factores no almacenables por los cultivos expresados en unidades monetarias (u.m.)

XNA: identifica consumo en valor de factores no almacenables

XCFNA: Consumo total en valor de factores no almacenables

## Apaisado

**Cuadro 6.6. Modelización con coeficientes en unidades físicas**

Restricciones	Actividades	Cultivos						Transfe- rencia de tierra	Suminis- tro agua de riego		Consumo factores almacenables (valor)			Consumo factores no almacenables (u. físicas)		Segundo miembro		
		Regadío			Secano				XT1	XSR1	XSR2	XNA1	XNA2	XCFN	XNAF1	XNAF2	Signo	Valor
		XC1	XC2	XC3	XC4	XC5	XC6											
Ocupación del suelo	TC1 (regadío)	1	1	1			1									≤	DT1 (Has)	
	TC2 (secano)				1	1	1	-1								≤	DT2 (Has)	
Riego (demanda)	Subperio- do 1	a31	a32	a33					-1							=	0 (m <sup>3</sup> )	
	Subperio- do 2	a41	a42	a43						-1						=	0 (m <sup>3</sup> )	
Riego (disponibili- dades)	Subperio- do 1								1							≤	DA1 (m <sup>3</sup> )	
	Subperio- do 2									1						≤	DA2 (m <sup>3</sup> )	
Factores No Almacenables	Factor 1	a71	a72	a73	a74	a75	a76							-1		=	0 (u.f.)	
	Factor 2	a91	a92	a93	a94	a95	a96				-1			P1		=	0 (u.m.)	
	Totales										1	1	-1			=	0 (u.m.)	

a71 .... a76: consumo unitario por los cultivos de factor 1 no almacenable, en unidades físicas (u.f.)

a91.....a96: consumo unitario por los cultivos de factor 2 no almacenable, en unidades físicas (u.f.)

XNAF-:identifica consumo en unidades físicas de factores no almacenables (XNAF1 y XNAF2)

XCFNA: consumo total en valor de factores no almacenables

## VI.4. CONSUMO DE FACTORES ALMACENABLES

Como ya hemos adelantado, la cualidad de *almacenables* a efectos de modelización se le reconoce sólo a los fertilizantes por su indiscutible peso dentro del coste total de producción, que justifica la gestión particularizada, y por las características de su mercado, que permite el planteamiento de formas alternativas en el aprovisionamiento temporal de las necesidades totales del período de planificación.

Se trata en concreto de modelizar y hacer posible la elección entre dos formas alternativas de gestión del aprovisionamiento de las necesidades totales de fertilizantes: compra de una vez al inicio del ejercicio o compra al inicio del ejercicio y a su mitad. Se supone un nivel mínimo de compra a partir del cual se tiene derecho al descuento en precio por cantidad.

La relativa estabilidad de los precios de los fertilizantes a lo largo del año y el carácter intermitente de la demanda, centrada en otoño y primavera, hacen innecesaria, en nuestra opinión, una subdivisión más intensa de los actos de compra, pues ello no provocaría cambios significativos en la decisión y sí un incremento importante en las dimensiones de la matriz de planificación y una mayor complejidad del modelo.

El enfoque adoptado parte del conocimiento de los consumos unitarios a nivel de actividad y determina la secuencia óptima de compra de las cantidades totales demandadas en el ejercicio y el coste total correspondiente. El bloque de programación está constituido por nueve restricciones e implica la introducción de dos variables auxiliares de carácter bivalente (0-1) que, por lógica de programación, valdrán la unidad cuando las compras sean iguales o inferiores a la cantidad a partir de la que se tiene derecho al descuento y cero cuando las compras se sitúen por encima de la citada cantidad. Las restricciones son:

- Tres ecuaciones de equilibrio *compra-consumo*, una para cada uno de los tres elementos fertilizantes de necesaria aportación en toda correcta fertilización, que expresan la necesidad de que los consumos totales del ejercicio, medidos en unidades fertilizantes, sean iguales a las compras totales efectuada en el mismo.
- Tres ecuaciones de equilibrio *compra-consumo*, una para cada uno de los elementos fertilizantes referidos, que expresan la necesidad de que los consumos totales del primer semestre sean menores o, a lo sumo, iguales a las compras efectuadas en ese primer semestre.
- Una ecuación de valoración de las compras totales efectuadas en el ejercicio.
- Dos restricciones de mayor o igual, una para cada uno de los dos semestres en que queda subdividido el ejercicio económico, que aseguran que no existe solución matemática que implique realizar compras con descuento sin haber superado el límite a partir del que se tiene derecho al mismo.

En contra de lo que pudiera parecer lógico a primera vista, no se incluyen restricciones relativas a las disponibilidades de espacio para almacenamiento, pues dadas las bajas exigencias de los fertilizantes en condiciones de locales, el espacio necesario es fácil de proveer con rapidez y a bajo costo. Ello y la dificultad de traducir a volumen la demanda de fertilizantes expresada en unidades fertilizantes, aconsejan la no introducción de restricciones de almacén, pues de hacerlo se correría además un gran riesgo de limitar artificialmente las soluciones.

## Modelización del consumo de factores almacenables: expresión genérica

### Ecuaciones de equilibrio *compra-consumo* en el periodo total de planificación

$$\sum_k a_{fk} X_k - \sum_t (XD_{ft} + XS_{ft}) = 0 \quad ; \quad \forall f$$

en donde:

- f : factor almacenable f
- k : actividad vegetal (cultivo) k
- t : subperíodo en que se divide el periodo total de planificación.
- $a_{fk}$  : consumo de factor f por unidad de cultivos k, en el periodo de planificación.
- $XD_{ft}$  : compras con descuento en precio por cantidad de factor f en el subperíodo t, en unidades físicas.
- $XS_{ft}$  : compra sin descuento en precio por cantidad de f en el subperíodo t, en unidades físicas.

### Ecuaciones de equilibrio *compra-consumo* en el subperíodo 1, dentro del periodo de planificación

$$\sum_k a_{fk}^1 X_k - XD_{f1} - XS_{f1} \leq 0 \quad ; \quad \forall f$$

en donde:

- $a_{fk}^1$  : consumo de factor f por unidad de cultivo k, en el primer subperíodo.
- $XD_{f1}$  : compras con descuento en precio por cantidad de factor f, en el subperíodo 1 en unidades físicas.
- $XS_{f1}$  : compras sin descuento en precio por cantidad de factor f, en el subperíodo 1 en unidades físicas.

### Ecuación de valoración de compras

$$\sum_f \sum_t PD_{ft} \cdot XD_{ft} + PS_{ft} \cdot XS_{ft} - X^{CFA} = 0$$

en donde:

- $PD_{ft}$  : precio de compra con descuento del factor f en el subperíodo t.
- $PS_{ft}$  : precio de compra sin descuento del factor f en el superíodo t.

$X^{CFA}$  : consumo total en valor de factores almacenables, en el periodo de planificación. El resto de las variables mantienen su anterior significado.

**Restricciones de regulación que aseguran que no hay solución matemática que implique la realización de compras con descuento sin haber superado el límite a partir del que se tiene derecho al mismo**

$$\sum_f PD_{ft} \cdot XD_{ft} \geq q (1 - y_t) \quad ; \forall t$$

$$\sum_f PD_{ft} \cdot XD_{ft} \leq Q (1 - y_t) \quad ; \forall t$$

en donde:

$q$  : importe de la compra a partir de la que se tiene derecho al descuento en precio por cantidad.

$Q$  : límite máximo a la compra de una sola vez en unidades monetarias (puede venir impuesto por el proveedor o por la propia empresa)

$y_t$  : variable bivalente (0-1).

**Modelización del consumo de factores almacenables: un ejemplo**

En el cuadro VI.7. puede verse la matriz de programación de un ejemplo de aplicación relativo a la gestión de factores almacenables en la empresa, particularizado como es lógico al caso de los fertilizantes. Se juega con seis cultivos potenciales sobre dos clases de tierra, considerándose en la matriz sólo las restricciones de ocupación del suelo y las específicas del aspecto concreto objeto del ejemplo. El periodo total de planificación queda dividido en dos subperiodos semestrales a los que están referidos tanto las necesidades de fertilizantes por los cultivos como el suministro de los mismos mediante los pertinentes actos de compra. Las necesidades de los cultivos están referidas a los tres principales elementos nutritivos de las plantas: nitrógeno ( $N_2$ ), ácido fosfórico ( $P_2O_5$ ) y potasa ( $K_2O$ ) y vienen expresadas en unidades fertilizantes, siguiendo con ello la práctica habitual.

**Cuadro 6.7. Modelización del consumo de factores almacenables: matriz de programación**

Actividades	Cultivos	Compra N		Compra P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				Compra K <sub>2</sub> O				Consumo fertilizantes en valor				Variables bivalentes		Segundo miembro								
		1 <sup>er</sup> Semestre		2 <sup>o</sup> Semestre		1 <sup>er</sup> Semestre		2 <sup>o</sup> Semestre		1 <sup>er</sup> Semestre		2 <sup>o</sup> Semestre		1 <sup>er</sup> Se- des- cuen- to	2 <sup>o</sup> Se- des- cuen- to	Se- mes- tal	y1		y2							
		Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin													
Restricciones		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	Signo	Valor
F1	Ocupación	TC1 ( r1 )	1	1																					≤	DT1 (Has)
F2	1 Del suelo	TC2 (S)		1	1	1																			≤	DT2 (Has)
F3	S Consumo	Total	N <sub>2</sub>	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	A <sub>33</sub>	a <sub>34</sub>	a <sub>35</sub>	a <sub>36</sub>	-1	-1	-1	-1												≤	O (u.f.)
F4	U 2 Fertilizantes	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	a <sub>41</sub>	a <sub>42</sub>	A <sub>43</sub>	a <sub>44</sub>	a <sub>45</sub>	a <sub>46</sub>				-1	-1	-1	-1										≤	O (u.f.)
F5	B En	do	K <sub>2</sub> O	a <sub>51</sub>	a <sub>52</sub>	A <sub>53</sub>	a <sub>54</sub>	a <sub>55</sub>	a <sub>56</sub>						-1	-1	-1	-1							≤	O (u.f.)
F6	M Unidades	1 <sup>er</sup>	N <sub>2</sub>	a <sub>61</sub>	a <sub>62</sub>	A <sub>63</sub>	a <sub>64</sub>	a <sub>65</sub>	a <sub>66</sub>	-1	-1														=	O (u.f.)
F7	A 3 Fertilizantes	Semes	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	a <sub>71</sub>	a <sub>72</sub>	A <sub>73</sub>	a <sub>74</sub>	a <sub>75</sub>	a <sub>76</sub>			-1	-1												=	O (u.f.)
F8	T	re	K <sub>2</sub> O	a <sub>81</sub>	a <sub>82</sub>	A <sub>83</sub>	a <sub>84</sub>	a <sub>85</sub>	a <sub>86</sub>						-1	-1									=	O (u.f.)
F9	R Consumo	1 <sup>er</sup> Semestre								NPD	NPS			PPD1	PPS1										=	O (u.m.)
F10	I 4 Fertilizantes	2 <sup>o</sup> Semestre								NPD	NPS			PPD2	PPS2										=	O (u.m.)
F11	C en valor	Total valor																							=	O (u.m.)
F12	E Regulación									NPD				PPD1										q	≥	q (u.m.)
F13	S 5 Compra									NPD				PPD1										Q	≤	Q (u.m.)
F14	Fertilizantes									NPD				PPD2										q	≥	q (u.m.)
F15	Con descuento									NPD				PPD2										Q	≤	Q (u.m.)

a<sub>31</sub>...a<sub>56</sub>: consumos unitarios de fertilizantes por los cultivos durante el ejercicio en unidades fertilizantes (u.f.)

a<sub>61</sub>...a<sub>86</sub>: consumos unitarios de fertilizantes por los cultivos durante el primer semestre en unidades fertilizantes (u.f.)

NPD-: precio de compra con descuento de la unidad de nitrógeno (N) en el subperíodo de referencia (NPD1 y NPD2)

NPS-: precio de compra sin descuento de la unidad de nitrógeno (N) en el subperíodo de referencia (NPS1 y NPS2)

PPD-: precio de compra con descuento de la unidad de fosfórico (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) en el subperíodo de referencia (PPD1 y PPD2)

PPS-: precio de compra sin descuento de la unidad de fosfórico (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) en el subperíodo de referencia (PPS1 y PPS2)

KPD-: precio de compra con descuento de la unidad de potasa (K<sub>2</sub>O) en el subperíodo de referencia (KPD1 y KPD2)

KPS-: precio de compra sin descuento de la unidad de potasa (K<sub>2</sub>O) en el subperíodo de referencia (KPS1 y KPS2)

## VI.5. GESTIÓN DE LOS FLUJOS GENERADOS DE PRODUCTOS VEGETALES

### Productos vegetales: uso y destinos alternativos

Una de las características más relevantes de la producción vegetal al aire libre es su estacionalidad, pues, salvo en casos excepcionales, como puede ser la producción de hierba en praderas permanentes, los productos son liberados por los procesos productivos sólo una vez al año y dentro de una determinada época de éste.

Esa estacionalidad de la producción hace que la gestión de productos quede reducida a un tema de gestión de lotes perfectamente individualizados, sucesivos en el tiempo y prácticamente sin posibilidad de solapamiento, salvo en casos muy concretos que por su extrema rareza serán contemplados aquí muy de pasada. En consecuencia, la complejidad del problema, relativo a la determinación de la *colocación* óptima de la producción, dependerá prácticamente, de las alternativas de empleo consideradas para cada producto, por lo que la aprehensión en el modelo de este aspecto de la planificación requiere la previa diferenciación de los productos en función de sus usos o destinos alternativos, proponiéndose al respecto, la siguiente clasificación:

- Productos no almacenables, no vendibles y sí reempleables en alimentación del ganado (Tipo I).
- Productos no almacenables, vendibles y no reempleables en alimentación del ganado (Tipo II).
- Productos no almacenables, vendibles y reempleables en alimentación del ganado (Tipo III).

- Productos almacenables, vendibles y no reemplazables en alimentación del ganado (Tipo IV).
- Productos almacenables, no vendibles y reemplazables en alimentación del ganado (Tipo V).
- Productos almacenables, vendibles y reemplazables en alimentación del ganado (Tipo VI).

La pertenencia de un producto concreto a una u otra categoría puede venir impuesta por su propia naturaleza o ser el resultado de una decisión.

A efecto de modelización, la venta o reemplazo de los productos tipo IV, V y VI se considera que se efectúa en el período parcial en el que se obtienen o en cualquiera de los períodos parciales siguientes, hasta la próxima cosecha, pero no más allá. De esta manera se evita la presencia en un determinado momento del tiempo de cantidades almacenadas de un determinado producto correspondientes a dos o más cosechas sucesivas, hipótesis que concuerda en gran medida con la práctica habitual en el sector.

## **Modelización de procesos para productos obtenidos en el período de planificación**

### **A. Productos Tipo I**

Una vez obtenidos, el único destino posible para los mismos es su empleo en la alimentación del ganado dentro del subperíodo en que son liberados. Para cada producto habrá que crear tantas variables de reemplazo como destinos alternativos existen para el mismo (rebaños, hatos, etc.). Cuando exista un destino único no será necesaria la creación de variables adicionales: las mismas actividades de producción que generan estos productos los vierten en unidades físicas o en sus equivalentes alimenticios (proteína digestible, materia seca y unidades alimenticias), en el

bloque de restricciones de la matriz que trate el problema del equilibrio *aportes-necesidades* en alimentación del ganado. Las restricciones adoptan la siguiente disposición:

$$\sum_k \sum_i a_{jtki}^I X_{ki} \geq \sum_g X_{jgt}^I ; \forall j \wedge \forall t$$

en donde:

$a_{jtki}^I$  : Unidades producidas en el subperíodo t de producto j (Tipo I) por Ha. de cultivo k sobre tierra de la clase i.

$X_{ki}$  : Has. de cultivo k sobre tierra de la clase i.

$X_{jgt}^I$  : Unidades de producto j (Tipo I) suministradas como alimento a la actividad ganadera g, en el subperíodo t.

## B. Productos Tipo II

Estos productos tienen un único destino posible: la ventas en el momento en que se obtienen, no cabiendo, por consiguiente, ni el reemplazo inmediato ni el almacenamiento para venta o reemplazo posterior.

La modelización de la gestión de estos productos no hace necesaria la creación de variables distintas a las de producción. Éstas llevarán las respectivas producciones unitarias, valoradas en dinero, a la fila destinada en la matriz a cuantificar el ingreso anual por venta de productos vegetales y a las filas del circuito financiero de la empresa a corto plazo (cobros por venta efectuadas) o a la fila destinada a cuantificar las deudas de clientes al final del ejercicio económico, cuando el producto se venda estando previsto el cobro en fecha posterior a la de final de ejercicio.

## C. Productos Tipo III

Con ellos entramos en el dominio de los productos, cuya gestión implica toma de decisiones ante destinos o usos alternativos, requiriendo por ello un tratamiento individualizado y la creación

adicional de variables de venta y/o de transferencia a la sección ganadera en cuanto posibles alimentos de los animales de la explotación.

En concreto, para los productos tipo III son posibles dos destinos alternativos: la venta en el momento de su obtención o el reemplazo como alimento del ganado dentro del subperíodo en que son liberados. En consecuencia, para cada uno de los productos pertenecientes a esta categoría (no para cada una de las actividades lineales de producción que generan el producto) habrá que crear dos variables específicas: la variable de *venta*, que mide el número de unidades vendidas del total de unidades producidas, y la variable de *transparencia*, que mide el número de unidades reemplazadas en la alimentación del ganado, del total de unidades producidas. Lógicamente, el número de unidades vendidas más el número de unidades reemplazadas deberá ser menor o igual al número de unidades producidas, igual, a su vez, al número de hectáreas cultivadas por la producción unitaria por hectárea. En términos matemáticos:

$$\sum_k \sum_i a_{jtki}^{III} X_{ki} \geq \sum_g X_{jgt}^{III} + X_{jt}^{III}; \forall j \wedge \forall t$$

en donde:

- $a_{jtki}^{III}$  : Unidades producidas en el subperíodo t de producto j (Tipo III) por Ha. de cultivo k sobre tierra de la clase i.
- $X_{ki}$  : Has. de cultivo k sobre tierra de la clase i.
- $X_{jgt}^{III}$  : Unidades de producto j (Tipo III) suministradas como alimento a la actividad ganadera g, en el subperíodo t.
- $X_{jt}^{III}$  : Unidades de producto j (Tipo III) vendidas en el subperíodo t.

#### D. Productos Tipo IV

Al ser productos vendibles en el momento de su obtención o posteriormente dentro de la anualidad, para cada uno de ellos habrá que crear tantas variables de venta como subperíodos se

consideren dentro del período de planificación, debiéndose cumplir la condición básica de que el número total de unidades vendidas sea menor o igual al de unidades producidas. En términos matemáticos.

$$\sum_k \sum_i a_{j\hat{t}ki}^{IV} X_{ki} \geq \sum_{t=\hat{t}} X_{jt}^{IV}; \forall(j\hat{t})$$

en donde:

$a_{j\hat{t}ki}^{IV}$  : Unidades producidas en el subperíodo  $\hat{t}$  de producto  $j$  (Tipo IV) por Ha. de cultivo  $k$  sobre tierras de la clase  $i$ .

$X_{ki}$  : Has. de cultivo  $k$  sobre tierra de la clase  $i$ .

$X_{jt}^{IV}$  : Unidades de producto  $j$  (Tipo IV) vendidas en el subperíodo  $t$ .

### E. Productos Tipo V

Al igual que ocurre con los productos tipo IV, éstos tienen tantas asignaciones potenciales como períodos parciales se hayan considerado dentro del período total de planificación. La diferencia es que ahora el destino no es la venta sino el reemplazo en alimentación del ganado. De cualquier forma, también ahora habrá que crear tantas variables de transferencia como períodos parciales haya, debiendo ser el número total de unidades transferidas menor o igual al de unidades producidas. En términos matemáticos:

$$\sum_k \sum_i a_{j\hat{t}ki}^V X_{ki} \geq \sum_{t=\hat{t}} \sum_g X_{jtg}^V; \forall(j\hat{t})$$

en donde:

$a_{j\hat{t}ki}^V$  : Unidades producidas en el subperíodo  $\hat{t}$  de producto  $j$  (Tipo V) por Ha. de cultivo  $k$  sobre tierras de la clase  $i$ .

$X_{ki}$  : Has. de cultivo  $k$  sobre tierra de la clase  $i$ .

$X_{jtg}^V$  : Unidades de producto  $j$  (Tipo V) suministradas como alimento en el subperíodo  $t$  a la actividad ganadera  $g$ .

## F. Productos Tipo VI

Estamos ante el caso más complejo dentro de la producción vegetal. Los productos pueden ser vendidos o reemplazados como alimentos en el período parcial en que se obtienen o posteriormente. Dentro de cada período parcial habrá que definir dos variables: una que exprese la posibilidad de venta y otra que exprese la posibilidad de reemplazo. El número total de unidades vendidas más el de reemplazadas, deberá ser menor o igual al de unidades producidas. En términos matemáticos:

$$\sum_k \sum_i a_{jtki}^{VI} X_{ki} \geq \sum_{t=\hat{t}} X_{jt}^{VI} + \sum_{t=\hat{t}} \sum_g X_{jtg}^{VI}; \forall(j\hat{t})$$

en donde:

- $a_{jtki}^{VI}$  : Unidades producidas en el subperíodo  $\hat{t}$  de producto  $j$  (Tipo VI) por Ha. de cultivo  $k$  sobre tierras de la clase  $i$ .
- $X_{ki}$  : Has. de cultivo  $k$  sobre tierra de la clase  $i$ .
- $X_{jt}^{VI}$  : Unidades de producto  $j$  (Tipo VI) vendidas en el subperíodo  $t$ .
- $X_{jtg}^{VI}$  : Unidades de producto  $j$  (Tipo VI) suministradas como alimento en el subperíodo  $t$  a la actividad ganadera  $g$ .

## La gestión del stock inicial de productos vegetales terminados

Este bloque forma parte sólo de la matriz de planificación correspondiente al ejercicio económico inmediato y no de la matriz relacionada con la descripción y planificación del ejercicio bajo hipótesis de estabilidad o de régimen permanente. Por supuesto que aquí sólo entran productos de los catalogados como almacenables (tipo IV, V y VI).

La modelización se ajusta en todo a lo ya dicho en el epígrafe anterior, sin más que sustituir el concepto de *unidades producidas* por el de *unidades almacenadas al principio del período a*

*planificar*, constitutivas del stock inicial, que entran en el modelo como coeficientes técnicos de la variable de estado  $X_E$ , ya definida. Los subperíodos disponibles para la venta y/o reemplazo de un determinado producto almacenado serán los comprendidos entre la fecha de confección del balance de situación y la fecha de comienzo del subperíodo en el que se realiza la siguiente recolección, pues, por hipótesis, los productos generados en un determinado ejercicio deben haber sido vendidos o reemplazados antes de la obtención del producto en cuestión en el ejercicio siguiente. En términos matemáticos estas relaciones de condición adoptan la configuración siguiente:

### Productos Tipo IV

$$a_j^{IV} X_E \geq \sum_{t=1} X_{jt}^{IV} ; \forall j$$

en donde:

- $a_j^{IV}$  : Unidades físicas de producto j (Tipo IV) existentes en almacén al principio del período de planificación.
- $X_{jt}^{IV}$  : Unidades de producto j (Tipo IV) vendidas en el subperíodo t.
- $X_E$  : Variable de estado de valor unitario.

### Producto Tipo V

$$a_j^V X_E \geq \sum_{t=1} \sum_g X_{jtg}^V ; \forall j$$

en donde:

- $a_j^V$  : Unidades físicas de producto j (Tipo V) existentes en almacén al principio del período de planificación.
- $X_{jtg}^V$  : Unidades de producto j (Tipo V) suministradas como alimento en el subperíodo t a la actividad ganadera g.

## Producto Tipo VI

$$a_j^{VI} X_E \geq \sum_{t=1} X_{jt}^{VI} + \sum_{t=1} \sum_g X_{jtg}^{VI}; \forall j$$

en donde:

$a_j^{VI}$  : Unidades físicas de producto j (Tipo VI) existentes en almacén al principio del período de planificación.

$X_{jt}^{VI}$  : Unidades de producto j (Tipo VI) vendidas en el superperíodo t.

$X_{jtg}^{VI}$  : Unidades de producto j (Tipo VI) suministradas como alimento en el subperíodo t a la actividad ganadera g.

## Restricciones al almacenamiento de productos agrícolas terminados

Con respecto a la demanda de *espacio para almacenamiento*, los productos vegetales almacenables (tipo IV, V y VI) pueden guardar entre sí tanto relaciones de competitividad como relaciones de independencia. La primera se dará entre productos que demanden un espacio de iguales características y la segunda entre productos que demanden espacios con características diferentes, pues, en realidad en este último caso no se está demandando el mismo recurso sino recursos diferentes. Habrá, por tanto, que reagrupar los productos almacenables de posible obtención en función de las características del espacio demandado para almacén y establecer, para cada uno de las categorías resultantes, la condición de factibilidad relacionada con el hecho del almacenamiento (espacio demandados  $\leq$  espacio disponible).

En general, los productos pertenecientes a una determinada categoría (granos, henos, silos, tubérculos, etc.). suelen obtenerse en una misma y única época del año. Si ello es así y además no se prevén entradas de producto vía compra durante el ejercicio, bastará con plantear la condición de factibilidad anterior para el subperíodo en el que se procede a la recolección de los productos de la categoría de referencia, que es cuando

únicamente se van a dar entradas de producto en almacén. En términos matemáticos la mencionada condición adopta la configuración siguiente:

$$\sum_k \sum_i a_{ki}^{e\hat{t}} X_{ki} \leq b_{e\hat{t}}; \quad \forall e \wedge \forall \hat{t}$$

en donde:

$a_{ki}^{e\hat{t}}$ : Unidades de espacio de la clase e demandadas en el subperíodo  $\hat{t}$  por Ha. de cultivo k sobre tierras de la clase i, en cuanto generador en dicho subperíodo de productos almacenables en el espacio de la clase e.

$X_{ki}$ : Has. de cultivo k sobre tierras de la clase i.

$b_{e\hat{t}}$ : Disponibilidades de espacio de la clase e en el subperíodo  $\hat{t}$ .

En aquellas situaciones en las que los productos pertenecientes a una determinada categoría se obtengan en subperíodos distintos o estén previstas para alguno o algunos de ellos nuevas entradas vía compra en subperíodos distintos a los de su obtención, las condiciones de factibilidad de vuelven más complejas. En estos casos, en efecto, habrá que modelizar el flujo de *entradas-salidas* a lo largo del ejercicio para cada uno de los productos concretos almacenables en el espacio de referencia, particularizando para cada subperíodo al objeto de determinar las existencias de cada uno de los productos al final de cada uno de los subperíodos, debiendo ser la demanda acumulada de espacio de la clase de referencia al final de cada subperíodo menor o igual que el espacio disponible. En términos matemáticos, el juego de restricciones queda como sigue:

$$X_{j(t-1)}^E + \sum_k \sum_i a_{jtki} X_{ki} + X_{jt}^C - X_{jt}^V - \sum_g X_{jtg}^R = X_{jt}^E; \quad \forall j \wedge \forall t$$

$$\sum_j a_j^e X_{jt}^E \leq b_{et}; \quad \forall t$$

en donde:

$X_{j(t-1)}^E$ : Existencias al final del subperíodo t-1 (inicio del subperíodo t) de producto j, demandante de espacio de la clase e.

- $a_{jtki}$  : Unidades de producto j generadas en el subperíodo t por Ha. de cultivo k sobre tierras de la clase i.
- $X_{ki}$  : Has. de cultivo k sobre tierras de la clase i.
- $X_{jt}^C$  : Unidades de producto j compradas en el subperíodo t.
- $X_{jt}^V$  : Unidades de producto j vendidas en el subperíodo t.
- $X_{jtg}^R$  : Unidades de producto j transferidas como alimento en el subperíodo t al ganado g.
- $X_{jt}^E$  : Existencias al final del subperíodo t (inicio del subperíodo t + 1) de producto j.
- $a_j^e$  : demanda de espacio de la clase e por unidad de producto j.
- $b_{et}$  : disponibilidades de espacio de la clase e en el subperíodo t.

## VI.6. CUANTIFICACIÓN DE STOCKS FINALES Y DE INGRESOS DEL PERÍODO EN PRODUCCIÓN VEGETAL

### Determinación del stock final en valor de productos vegetales en curso

Como ya hemos dicho, en la empresa agraria es corriente la presencia de procesos de producción de ciclo vegetativo inferior al año, que se inician en un ejercicio económico y finalizan en el siguiente. Dan lugar a los denominados *cultivos en curso*, cuyo valor forma parte del balance de situación final. A efectos de valoración, el único criterio válido es el que se basa en el coste de producción, pues, se trata de cosas que no suelen cambiarse por otras no teniendo, por consiguiente, precio de mercado. Nosotros somos partidarios de la valoración según el coste variable directo, dejando fuera de consideración a los costes fijos directos, que deben ser deducidos, junto con los fijos indirectos, del margen bruto de explotación.

El stock final en valor (variable endógena o de resultados) se determina mediante una restricción de igualdad que agrega los

valores parciales correspondientes a aquellas actividades cuyos procesos de producción finalizan en el ejercicio siguiente al de su inicio. Estos valores parciales son resultado de la multiplicación de los costes variables invertidos en el cultivo a nivel unitario hasta el final del ejercicio y el nivel alcanzado en la solución óptima por la actividad representativa del cultivo en cuestión. En términos matemáticos:

$$\sum_{\bar{k}} \sum_i a_{\bar{k}i} X_{\bar{k}i} = X^{EFVC}$$

en donde

$\bar{k}$  : subconjunto de cultivos  $k$  sobre tierra de la clase  $i$  cuyo proceso de producción no finaliza al final del ejercicio.

$a_{\bar{k}i}$  : coste variable directo parcial por unidad de cultivo  $\bar{k}$  sobre tierras de la clase  $i$  (coste acumulado desde el inicio de la actividad hasta el final del ejercicio)

$X_{\bar{k}i}$  : Has. de cultivo  $\bar{k}$  sobre tierras de la clase  $i$ .

$X^{EFVC}$  : Existencias finales en valor de productos vegetales en curso.

Las existencias finales en unidades físicas de productos vegetales en curso vendrán medidas en unidades técnicas (Has.) y estarán constituidas por el subconjunto  $\bar{k}$  de cultivos  $k$  sobre tierras de la clase  $i$ .

## Determinación del stock final de productos vegetales terminados

### Stock final en valor

Esta partida, configuradora también del activo circulante de la empresa, está constituida por el valor de todos aquellos productos obtenidos a lo largo del ejercicio y que se encuentran almacenados al final del mismo a la espera de su venta o cesión interna. Fieles a los principios de valoración de común aplicación

en el dominio de la contabilidad agraria<sup>125</sup>, las existencias en productos terminados serán valoradas al precio corriente de mercado en la fecha de realización del balance de situación final.

El stock final en valor de productos vegetales terminados se obtiene mediante la agregación de las variables que definen y miden ventas o cesiones internas en fechas posteriores a la de finalización del ejercicio, afectadas por coeficientes específicos representativos de los precios de venta previstos para los productos en la fecha de cierre del ejercicio. En términos matemáticos:

$$\sum_j \sum_{t=1}^{\hat{t}_j-1} a_j^F X_{jt}^V + \sum_j \sum_g \sum_{t=1}^{\hat{t}_j-1} a_j^F X_{jgt}^R = X^{EFVT}$$

en donde:

- $\hat{t}_j$  : denota el subperíodo en el que se obtiene en la empresa el producto almacenable j (tipo IV, V o VI).
- $a_j^F$  : precio previsible de venta del producto j en la fecha de cierre del ejercicio económico.
- $X_{jt}^V$  : Unidades físicas de producto j vendidas en el subperíodo t.
- $X_{jgt}^R$  : Unidades físicas de producto j suministradas como alimento a la actividad ganadera g, en el subperíodo t.
- $X^{EFVT}$  : Existencias finales en valor de productos vegetales terminados.

### Stock final en unidades físicas

Como ahora no cabe la agregación de partidas por el carácter heterogéneo de las mismas, la matriz de programación tendrá tantas restricciones de igualdad como productos entren en la reflexión. En términos matemáticos tendremos:

---

125. Véanse, por ejemplo:  
P. Cordonnier y otros (1975), pp. 54-58.  
E. Ballester (1982), pp. 138-144.  
AECA, (1999), pp. 133-140.

$$\sum_{t=1}^{\hat{t}_j-1} X_{jt}^V + \sum_g \sum_{t=1}^{\hat{t}_j-1} X_{jgt}^R = X_j^{EFT} ; \forall j$$

en donde:

$X_j^{EFT}$  : Existencias finales en unidades físicas del producto vegetal j, manteniendo todo lo demás su anterior significado.

En régimen permanente el stock final, tanto en valor como en unidades físicas, es igual al stock inicial, siendo al mismo tiempo un dato para la planificación del período venidero inmediato, pues debe ser parte integrante de su balance de situación final.

### **Determinación de los ingresos por venta de productos vegetales y por subvenciones a la producción (actividad)**

A la vista del sistema vigente de apoyo a la agricultura en el seno de la Unión Europea y dada nuestra condición de estado miembro, creemos que resulta pertinente el tratamiento particularizado en el modelo de los ingresos por subvenciones a la explotación (a la producción o a la unidad técnica) en pie de igualdad con los ingresos por venta de productos, pues es indudable su peso en los procesos decisionales relativos al qué y cuánto producir por su incidencia en los resultados económicos de la empresa.

Tanto para una como para otra clase de ingresos (ventas y subvenciones) caben distintos niveles de desagregación de la información, de manera que el modelo puede aportar no sólo las cifras correspondientes a los ingresos totales para cada concepto, sino también las específicas de cada producto o unidad técnica o para un grupo de productos o de unidades técnicas. Aquí sólo abordaremos la desagregación de los ingresos totales agrícolas en las dos grandes partidas mencionadas (ventas y subvenciones), dejando que cada usuario concreto defina su

grado de desagregación en función de sus preferencias y necesidades de información.

En planificación del período venidero inmediato a la hora de cuantificar los ingresos totales por venta y por subvenciones hay que distinguir en ambos casos, entre los ingresos totales generados por las actividades que forman parte del plan de actuación y la cifra de ingresos generada por dicho plan dentro del ejercicio que se planifica y no más allá, cifra que será una parte más o menos importante de la primera, y, en el límite, igual a ésta, cuando todas las actividades configuradoras del plan de actuación comiencen y finalicen dentro del ejercicio económico de referencia. La primera cifra es la que nos informa sobre la contribución real de cada plan de actuación a la consecución de los objetivos empresariales, debiendo ser, por tanto, la que se incluya en la configuración de la función objetivo o de logro del modelo. La segunda cifra es la correspondiente a los ingresos del período en su acepción económico-contable, de donde la necesidad de su determinación, pues resulta imprescindible para conocer el beneficio del ejercicio, parte integrante del balance de situación final y de la ecuación de determinación de impuestos y dividendos, pues éstos son, como sabemos, función de aquél. En planificación bajo hipótesis de régimen permanente no es necesaria tal distinción al estar ubicadas todas las partidas configuradoras de los ingresos dentro de los límites temporales de ejercicio económico de referencia (período de planificación). Para este último supuesto, las ecuaciones genéricas de ingreso son:

***a) Ecuación que cuantifica los ingresos totales por venta de productos vegetales***

$$\sum_i \sum_k a_{ik} X_{ik} + \sum_j \sum_t a_{jt} X_{jt} = X^{IVV}$$

en donde:

- $a_{ik}$  : ingresos por unidad de cultivo k sobre tierras de la clase i, originados por la venta de los productos tipo II generados por el cultivo
- $X_{ik}$  : Has. de cultivo k sobre tierras de la clase i
- $a_{jt}$  : precio de venta del producto j en el subperíodo t
- $X_{jt}$  : unidades de producto j (Tipos III, IV y VI) vendidas en el subperíodo t
- $X^{IVV}$  : Ingresos totales por venta de productos vegetales.

**b) Ecuación que cuantifica los ingresos totales por subvenciones a la explotación**

$$\sum_i \sum_k a'_{ik} X_{ik} + \sum_j \sum_t a'_j X_{jt} = X^{ISV}$$

en donde:

- $a'_{ik}$  : Subvención por unidad técnica (Ha.) del cultivo k sobre tierras de la clase i<sup>126</sup>
- $X_{ik}$  : Has. de cultivo k sobre tierras de la clase i
- $a'_j$  : subvención por unidad de producto j
- $X_{jt}$  : unidades de producto j (Tipos III, IV o VI) vendidas en el subperíodo t
- $X^{ISV}$  : Ingresos totales por subvenciones a la producción vegetal.

En planificación del período venidero inmediato habrá que añadir los ingresos generados en el período por los cultivos en curso y por la venta de los productos terminados existentes en almacén, detrayendo, a la hora de determinar el ingreso contable del período, todo ingreso asociado al plan de producción que se origine más allá del final del ejercicio económico, como hemos dicho antes.

---

126. El importe unitario puede ser la subvención concedida por unidad técnica de cultivo (subvenciones a la actividad) o ser el resultado de multiplicar la subvención por unidad de producto y las unidades de producto (Tipo III, IV o VI) generadas por la unidad técnica de producción (Ha.).







## Apéndice VI.A



## Apéndice VI.A

### PLANIFICACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN VEGETAL: UN EJEMPLO BAJO HIPÓTESIS DE RÉGIMEN PERMANENTE

El cuadro VIA.1 recoge la matriz de programación de un caso hipotético con catorce actividades vegetales (cultivos) potenciales: seis sobre tierra de la clase 1, seis sobre tierra de la clase 2 y dos sobre tierra de la clase 3. Las mismas responde a la siguiente especificación:

- X<sub>1</sub> y X<sub>7</sub>: Cultivo de tranquillón (cebada más avena) para aprovechamiento en verde por el ganado en el tercer subperíodo. Siembra en noviembre. El producto generado (producto A ) pertenece al Tipo I.
- X<sub>2</sub> y X<sub>8</sub>: Cultivo de remolacha azucarera, con siembra en el tercer subperíodo y recolección en el primero. Genera dos productos: Remolacha azucarera (Producto  $\bar{B}$  ) perteneciente al Tipo II y Hojas y coronas (Producto  $\hat{B}$  ) perteneciente al Tipo I.
- X<sub>3</sub> y X<sub>9</sub>: Cultivo de maíz para grano, con siembra en el tercer subperíodo, y recolección en el primero. Genera un único producto (Producto C) perteneciente al Tipo III.
- X<sub>4</sub> y X<sub>10</sub>: Cultivo de trigo con siembra en el primer subperíodo y recolección en el cuarto. Genera un único producto (Producto D) perteneciente al Tipo IV.
- X<sub>5</sub> y X<sub>11</sub>: Cultivo de maíz para ensilaje, con siembra en el tercer subperíodo, recolección en el primero y disponibilidad como alimento en el cuarto. Genera un único producto (Producto E) perteneciente al Tipo V.

- $X_6$  y  $X_{12}$ : Cultivo de cebada, con siembra en el primer subperíodo y recolección el cuarto. Genera un único producto (Producto F) perteneciente al Tipo VI.
- $X_{13}$ : Cultivo de lentejas, con siembra en el primer subperíodo y recolección en el cuarto. Genera un único producto (Producto G) perteneciente al Tipo IV.
- $X_{14}$ : Cultivo de veza-avena para heno, con siembra en el primer subperíodo y recolección en el cuarto. Genera un único producto (Producto H) perteneciente al Tipo V.

Como ya dijimos en su momento, la pertenencia de un determinado producto a uno de los seis tipos genéricos definidos, es, la mayoría de las veces, fruto de una decisión, pues muy pocas veces la naturaleza del producto determina la pertenencia a un tipo determinado. Por ejemplo, el maíz grano se ha definido como Tipo III porque así le ha parecido conveniente al sujeto decisor, no habiendo nada que impida su pertenencia a cualquiera de los cinco tipos restantes. En otros casos, las posibilidades de clasificación están bastante más restringidas como es el caso de la remolacha azucarera, producto al que difícilmente se le podría ubicar en un tipo distinto al del ejemplo (Tipo II).

Los coeficientes técnicos distintos de la unidad en submatriz II, representan producciones físicas (Kgs.) por unidad técnica (Ha.) relativas a los productos Tipo I, III, IV, V o VI, generados por las distintas actividades vegetales del modelo. Los productos Tipo II, como es el caso de la remolacha azucarera, sólo intervienen en su dimensión económica contribuyendo a la configuración de los ingresos del período, por lo que no tienen una consideración explícita en la matriz de programación.

La submatriz III se incluye solamente para poner de manifiesto la conexión entre las actividades vegetales y ganadería a través del reemplazo de sus productos en la alimentación del ganado,

problema cuyo tratamiento en detalle se deja para el próximo capítulo, en el que se aborda el estudio de la producción animal en su doble dimensión técnica y económica. Los coeficientes técnicos representan los aportes alimenticios por unidad de producto y los términos a la derecha (segundo miembro) los requerimientos alimenticios totales del ganado de la clase 1 y de la clase 2, considerados en el ejemplo.

Los coeficientes técnicos de la submatriz IV miden la demanda de espacio de almacenamiento por unidad técnica (Ha.) de actividad vegetal generadora de productos almacenables. Evidentemente, quien en realidad demanda el espacio son los productos generados por las actividades, por lo que el valor de los coeficientes se determina multiplicando las producciones estimadas por Ha. por la demanda de espacio estimada para la unidad de producto (Kg.). Se consideran tres clases diferentes de espacio para almacenamiento siendo demandado el primero por los productos D, F y G, el segundo por el producto E y el tercero por el producto H. Los términos DE1, DE2 y DE3, en el segundo miembro de la matriz, miden las disponibilidades respectivas de espacio en m<sup>3</sup>.

La submatriz V cuantifica el stock final de productos vegetales terminados tanto en unidades físicas como en valor. Forma parte del mismo todos aquellos productos almacenables y almacenados en el momento de su obtención y no vendidos a la fecha de cierre del ejercicio económico (en nuestro caso al final del subperíodo 4). Los coeficientes técnicos distintos de la unidad son los precios estimados de venta al final del ejercicio económico, para los productos almacenados.

Los coeficientes técnicos distintos de la unidad en la submatriz VI miden los costos directos acumulados hasta la fecha de cierre del ejercicio para aquellas actividades vegetales iniciadas en el ejercicio y no finalizadas al final del mismo (producto en curso).

En la submatriz VII hay que distinguir la fila que mide *ventas* de la fila que mide *subvenciones*. En la primera, los coeficientes técnicos asociados a las variables representativas de las actividades vegetales miden el ingreso por unidad técnica, resultado de multiplicar la producción estimada por Ha. por el precio de venta estimado en el subperíodo en que el producto es recolectado y vendido (Producto  $\bar{B}$  en nuestro caso). Los coeficientes técnicos de las variables representativas de la gestión de productos vegetales (reempleo y venta) miden los precios estimados de venta en cada subperíodo. Los coeficientes técnicos de la fila *subvenciones* miden las subvenciones estimadas para la unidad técnica (Ha.), cuyo cuantía será unas veces independientes del volumen de producción (subvención a la actividad) en tanto que otras sí será función del mismo (subvenciones a la producción) apoyándonos entonces para el cálculo de su cuantía en las producciones unitarias esperadas.

Cuadro VI.A.1

Planificación técnico-económica de la producción vegetal: hipótesis de régimen permanente

RESTRICCIONES		ACTIVIDADES		Actividades Vegetales (cultivos)														Gestión de productos vegetales																																																			
				Tierra clase 1 (T1)						Tierra clase 2 (T2)						Tierra clase 3 (T3)		Producto A (Tipo I)		Producto B (Tipo I)		Producto C (Tipo III)		Producto D (Tipo IV)				Producto E (Tipo V)																																									
				Cultivos potenciales						Cultivos potenciales						Cultivos Potenciales		Subp. 3		Subp. 3		Subperíodo 1		Subperíodos				Subperíodos																																									
				X1		X2		X3		X4		X5		X6		X7		X8		X9		X10		X11		X12		X13		X14		X15		X16		X17		X18		X19		X20		X21		X22		X23		X24		X25		X26		X27		X28		X29		X30		X31		X32		X33	
				1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		-1		-1		-1		-1		-1		-1		-1		-1		-1		-1		-1		-1		-1													
F1	I	Ocupación del suelo		TC1																																																																	
F2				TC2																																																																	
F3				TC3													1		1																																																		
F4	II	Gestión productos vegetales generados		Producto A	PCA1						PCA2						-1		-1																																																		
F5				Producto B	PC B 1						PC B 2								-1		-1																																																
F6				Producto C	PCC1						PCC2																																																										
F7				Producto D	PCD1						PCD2																																																										
F8				Producto E	PCE1						PCE2																																																										
F9				Producto F	PCF1						PCF2																																																										
F10				Producto G	PCG3						PCH3																																																										
F11				Producto H																																																																	
F12	III	Alimentación Ganado		Ganado 1															AAUA		AAU B		AAUC		AAUE				AAUE				AAUE				AAUE																																
F13				Ganado 2															AAUA		AAU B		AAUC		AAUE				AAUE				AAUE				AAUE																																
F14	IV	Almacenamiento		Productos D, F, G	DED1						DEF1						DED2		DEF2		DEG3																																																
F15				Producto E	DEE1						DEE2																																																										
F16				Producto H	DEH3																																																																
F17	V	Stock final productos vegetales terminados		Unidades físicas	Producto D																			1				1				1																																					
F18					Producto E																																																																
F19					Producto F																																																																
F20				Producto G																																																																	
F21	Producto H																																																																				
F22		Valor																																																																			
F23	VI	Stock final productos vegetales en curso		CDB1	CDC1	CDE1	CDB2	CDC2	CDE2													PD4		PD4		PD4		PE4				PE4																																					
F24		Ingresos productos vegetales		Ventas			IV B 1			IV B 2																		PC1		PD1		PD2		PD3		PD4																																	
F25	VII	Subvenciones		SA1	SB1	SC1	SD1	SE1	SF1	SA2	SB2	SC2	SD2	SE2	SF2	SG3	SH3																																																				



## Apéndice VI.B

PLANIFICACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA  
PRODUCCIÓN VEGETAL: un ejemplo  
de la modelización del período venidero inmediato



## Apéndice VI.B

### PLANIFICACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN VEGETAL: UN EJEMPLO DE LA MODELIZACIÓN DEL PERÍODO VENIDERO INMEDIATO

---

---

En el cuadro VIB.1 puede verse la matriz de programación para el período venidero inmediato, que, a efectos ilustrativos, se supone conectada con la de régimen permanente del apéndice 6A. Se mantienen las mismas catorce actividades vegetales anteriores añadiéndose la actividad *cultivo de maíz para ensilaje sobre tierras de la clase 1* ( $X_2$ ) que se supone *en curso* al inicio del ejercicio. La presencia obligada de esta actividad con valor predeterminado (igual a K Has.) se asegura mediante la restricción de la fila 4. Dicha presencia fuerza también a la inclusión de otra restricción (fila 5), la cual determina que la superficie ocupada por los cultivos potenciales  $X_3$ ,  $X_6$  y  $X_8$ , debe ser menor o igual a las disponibilidades de tierra de la clase 1 (DT1 menos CCT1). Y ello, debido a que la superficie ocupada por el cultivo en curso, no está disponible para el desarrollo de ninguno de los tres cultivos mencionados por el solapamiento temporal de sus procesos de producción: la ocupación de la tierra por parte del cultivo de maíz se inicia en el tercer subperíodo, prolongándose hasta las postrimerías del primero del ejercicio siguiente y la ocupación por parte de los tres cultivos en cuestión, se inicia en los comienzos del primer subperíodo, haciendo que el solapamiento sea inevitable<sup>127</sup>.

---

127. En algunas ocasiones este problema se puede soslayar acelerando la recolección del cultivo saliente al objeto de dejar libre la tierra antes de una fecha considerada límite.

Con el fin de enriquecer el ejemplo, se supone que en la solución de régimen permanente las actividades  $X_7$  (*cultivo de maíz para ensilaje*),  $X_{10}$  (*cultivo de remolacha azucarera*) y  $X_{11}$  (*cultivo de maíz para grano*) toman valores positivos e iguales respectivamente a CET1, CBT2 y CCT2 hectáreas. Son actividades con procesos que afectan a dos ejercicios sucesivos, de manera que si queremos estar en condiciones de aplicar el plan de régimen permanente en el ejercicio  $n + 1$  debemos iniciarlas en el ejercicio  $n$ . Su inclusión en la matriz del ejemplo se hace mediante las restricciones de las filas  $F_6$ ,  $F_7$  y  $F_8$ , que junto con las filas 4 y 5, ya referidas, configuran la submatriz II.

La submatriz que modeliza la gestión de productos vegetales (submatriz III) se diferencia de la de régimen permanente por la composición de su conjunto de productos potenciales, que sufre algunas modificaciones lógicas, y, sobre todo, por la presencia ahora de productos generados por las actividades en curso (Producto E) y aportados por el almacén de productos terminados (Productos D y H), cuyas disponibilidades iniciales en unidades físicas (stock inicial) entran en el modelo en forma de coeficientes técnicos (EXID y EXIH) de la variable de estado  $X_E$ .

Las submatrices I, IV, V, VI, VII y VIII, tienen la misma estructura formal que las de igual denominación en el ejemplo anterior, con las lógicas alteraciones en el conjunto de variables que las conforman.

La submatriz IX incorpora a la matriz de programación los stock iniciales en valor de los productos terminados y de productos (cultivos) en curso. Los valores respectivos (VIPT y VIPC) entran en el modelo como coeficientes técnicos de la variable de estado  $X_E$ .

La submatriz X introduce en el modelo la condición lógica  $X_E = 1$ .



Cuadro VI.B.1

Planificación técnico-económica de la producción vegetal: período venidero inmediato (continuación)

ACTIVIDADES				Gestión productos vegetales										Gestión de productos vegetales proveniente de cultivos en curso						Gestión del stock inicial de productos vegetales terminados												
				Producto G				Producto H						Producto E						Producto D			Producto H									
				Subp4	Subp5	Subp6	Subp7	Subp 4	Subp 5	Subp 6	Subp 7	Subp 2	Subp 3	Subp 4	Subp 5	Subp1	Subp2	Subp3	Subp 1	Subp 2	Subp 3											
				Venta				Reemplazo						Reemplazo						Venta			Reemplazo									
RESTRICCIONES				X35	X36	X37	X38	X39	X40	X41	X42	X43	X44	X45	X46	X47	X48	X49	X50	X51	X52	X53	X54	X55	X56	X57	X58	X59	X60	X61	X62	X63
F1	1	Ocupación del suelo		TC1																												
F2				TC2																												
F3				TC3																												
F4	II	Limitaciones a los cultivos	Provocadas por los cultivos en curso																													
F5																																
F6			Derivadas del plan en régimen permanente																													
F7																																
F8																																
F9	III	Gestión Productos Vegetales	Potencia-les	Producto A																												
F10				Producto D																												
F11			Producto F																													
F12			Producto G	-1	-1	-1	-1																									
F13			Producto H	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1																			
F14			En curso	Producto E	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1																	
F15	Stock Inicial	Producto D	-1	-1	-1																											
F16		Producto H	-1	-1	-1																											
F17	IV	Alimentación Ganado	Ganado 1	AAUH	AAUH	AAUH	AAUH	AAUE	AAUE	AAUE	AAUE																					
F18			Ganado 2	AAUH	AAUH	AAUH	AAUH	AAUH	AAUE	AAUE	AAUE	AAUE																				
F19	V	Almacena- miento	Productos D, F, G																													
F20			Producto H																													
F21			Producto E																													
F22	VI	Stock Final Productos Vegetales Terminados	Uni- dades Físicas	Producto D																												
F23				Producto F																												
F24			Producto G	1	1	1																										
F25			Producto H	1	1	1	1	1	1																							
F26			Producto E	1	1																											
F27	Valor		PG5	PG6	PG7	PH5	PH5	PH6	PH6	PH7	PH7	PE5	PE5																			
F28	VII	Stock final productos vegetales en curso																														
F29	VIII	Ingresos productos vegetales	Ventas	PG4																												
F30			Subvenciones	PD1	PD2	PD3																										
F31	IX	Stock inicial productos vegetales	Terminados																													
F32			En cursos																													
F33	X	Condición lógica	(Xe)																													

## Capítulo VII

### **Modelización de las decisiones en producción animal: aspectos técnicos y económicos**



## VII.1. LAS ACTIVIDADES GANADERAS: CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Como ya hemos indicado, en el ámbito de la planificación ganadera la primera clasificación de las actividades que debe hacerse es la que distingue en función de la especie y de la raza del animal. Una vez situados dentro de cada subconjunto *especie-raza*, resulta obligada la subdivisión según el grado de permanencia de los animales en la explotación, que lleva a la identificación de dos grandes categorías de animales y, por ende, de actividades: la ganadería de renta o de productos, origen de las actividades ganaderas permanentes y la ganadería de engorde, origen de las actividades temporales e intermitentes.

Las actividades permanentes tienen su fundamento en la explotación económica de animales llamados a participar como factor de producción en varios procesos productivos sucesivos a lo largo de varios ejercicios. Dichos animales tienen el carácter de bienes de producción duraderos, formando parte del activo fijo de la empresa hasta su desaparición por muerte o eliminación al final de su vida útil productiva. La introducción ex-novo de esta clase de actividades en la empresa implica la toma de auténticas decisiones de inversión en activo fijo, que afectan a su capacidad productiva y a su dimensión. Por ello, no son consideradas como posibles en nuestra reflexión, por estar la misma referida al marco del ejercicio económico, en que tanto la estructura productiva como la dimensión, se consideran un dato. De estar desarrollándose ya en la empresa a planificar alguna actividad de esta naturaleza, se garantizará su presencia en el modelo y en la solución óptima mediante su inclusión en la matriz de programación como una actividad de nivel predeterminado (actividad bloqueada), asegurándose el mantenimiento del nivel de partida mediante la compensación por compra o cesión interna de las bajas que en el ejercicio se produzcan por muerte o eliminación de animales. Las dos formas de compensación de bajas son consideradas complementarias en el modelo, en concordancia

con lo que habitualmente ocurre en la práctica empresarial. El número de animales a sustituir en cada situación concreta es un dato que entra en el modelo en calidad de coeficiente técnico de la variable específica que corresponda, tratándose el tema de la compensación de bajas como si fuera un acto único, asignable a éste o aquél subperíodo en función de la naturaleza y características de cada una de las clases de ganado de renta presentes en la explotación.

En las actividades ganaderas temporales, los animales juegan en el proceso de producción el doble papel de factor de producción y de producto, aunque prevaleciendo este último carácter. En este caso, el animal no forma parte del activo fijo sino del activo circulante como producto terminado.

Estas actividades pueden estar acopladas a actividades ganaderas permanentes, de las que reciben la materia prima (el animal destetado) o ser independientes, en cuyo caso los animales para engorde procederán del exterior, pudiendo darse, por supuesto, situaciones mixtas en las que parte de los animales provienen del exterior y parte de cesiones internas. En cualquier caso, el nivel de las mismas en la solución final, que viene dado por el número de animales manejados, no es algo predeterminado, como ocurre con la ganadería de renta, sino a determinar en el marco de la planificación, a la vista de los objetivos y otros condicionantes presentes en la decisión.

## **VII.2. MODELIZACIÓN DEL FLUJO DE PRODUCTOS LIBERADOS POR LA GANADERÍA DE RENTA**

La explotación del ganado de renta puede dar lugar a productos de muy variada naturaleza (leche, huevos, lana y crías destetadas, entre los más significativos). Con la sola excepción de las crías destetadas, todos son tratados aquí como productos

vendibles, no almacenables y no reemplazables (Productos Tipo II), hipótesis de trabajo nada restrictiva si se tiene en cuenta el carácter perecedero de los productos de mayor entidad económica y la no consideración en este trabajo de las empresas agrarias que desarrollan procesos de transformación industrial de los productos vegetales o animales en ellas obtenidos. La crías destetadas serán tratadas como productos vendibles y reemplazables mediante su transferencia a ganado de engorde (Productos Tipo III).

## **Gestión del flujo de productos Tipo II**

Los productos tipo II, liberados por las distintas actividades ganaderas permanentes (rebaño, hato, lote, etc.) en los distintos subperíodos en que queda dividido el período total de planificación, deben ser valorados al precio previsible en cada uno de esos subperíodos. El importe total agregado correspondiente a cada actividad bloqueada entra en la matriz como coeficiente técnico de la misma, ubicado en la fila que cuantifica los ingresos totales ganaderos. Las fechas de venta de las distintas partidas de productos y las condiciones de venta de los mismos (precio y plazos de cobro, fundamentalmente) permite la descomposición de la cifra de ingresos en cantidades parciales representativas de los cobros esperados en cada subperíodo, de necesario conocimiento para la planificación de la tesorería, y la cuantificación de las cantidades pendientes de cobro (deudas de clientes) al final del ejercicio económico.

## **Gestión del flujo de crías destetadas (productos Tipo III)**

La gestión (modelización) del flujo de crías del ganado de renta a partir del destete de las mismas es más compleja, por tratarse de un producto para el que caben dos destinos alternativos: la venta en el momento del destete o su transferencia interna a ganado de engorde, con dos fases sucesivas claramente diferen-

ciadas, la fase de ceba y la fase de crecimiento, a cuyo final tenemos el animal adulto en edad de procrear.

Con independencia de cuál sea la naturaleza (raza, especie, etc.) del ganado de renta del que procede, el flujo de crías destetadas suele tener un carácter más o menos discontinuo e irregular en el tiempo. Por ello, la modelización tal y como el flujo se presenta en la realidad no suele ser viable, dado que obligaría a un gran esfuerzo de previsión y llevaría a modelos enormemente grandes y complejos al tener que darle un tratamiento diferencial a cada animal o a cada pequeño grupo de animales destetados en un determinado momento. Procede, por tanto, la sustitución del flujo real por un conjunto discreto de sucesos puntuales, localizados convencionalmente en el centro de cada uno de los períodos parciales en que se considere oportuno subdividir el período total de planificación, debiendo cumplirse la siguiente identidad para cada unidad de gestión (lote) constituida por los animales de una determinada especie - raza destetados en un determinado subperíodo:

$$\text{Número de animales destetados} = \text{número de animales vendidos} + \text{número de animales transferidos a ganadería de ceba.}$$

En todo caso, el número de animales destetados es un dato que entra en el modelo como coeficiente técnico de la actividad ganadera permanente que los genera.

### **Gestión del flujo de productos Tipo III: lotes que inician el proceso en el período de planificación**

Como hemos indicado ya, las crías del ganado de renta una vez destetadas podrán ser vendidas o, por el contrario, transferidas como materia prima a la fase de ceba (producción de carne) que lleva al animal a una edad y un peso determinado de acuerdo con una determinada tecnología de producción.

Los efectivos de ganado de ceba podrán estar constituidos también por animales comprados en el exterior, pudiendo, en el límite, ser esta última la única procedencia de los animales a cebar, en cuyo caso el engorde constituiría una actividad autónoma o no ligada por el lado de los inputs a ninguna otra actividad ganadera de desarrollo interno. De cualquier forma, llegado el final del proceso, previa definición del producto que se quiere obtener, caben para los animales dos posibles destinos alternativos: la venta o la retención en la empresa como animales en crecimiento llamados a cubrir, en principio, las bajas habidas en el ganado de renta de su clase. Los animales asignados a este último destino entran en un nuevo proceso de desarrollo fisiológico a cuyo final pasan definitivamente a engrosar la clase de animales adultos reproductores, reteniéndose o vendiéndose para ser empleados como tales en otras empresas del sector. En términos matemáticos, la configuración del flujo desde el destete hasta el final de la fase de crecimiento quedaría como sigue, para un lote concreto de animales que inicia su andadura en el subperíodo  $t$ , provenientes de la actividad ganadera  $g$ , de carácter permanente:

**a) Ecuación de gestión de animales destetados:**

$$a_{gt}X_g = X_{gt}^{V_o} + X_{gt}^{R_o}$$

en donde:

- $X_g$  : actividad ganadera  $g$ , de carácter permanente ( $X_g = 1$ )
- $a_{gt}$  : número de crías generadas por la actividad ganadera  $g$  y destetadas en el subperíodo  $t$
- $X_{gt}^{V_o}$  : número de crías generadas por la actividad ganadera  $g$  destetadas y vendidas en el subperíodo  $t$
- $X_{gt}^{R_o}$  : número de crías generadas por la actividad ganadera  $g$  destetadas y transferidas a la fase de ceba en el subperíodo  $t$ .

**b) Ecuación de configuración del lote de animales en fase de ceba:**

$$X_{gt}^{R_o} + X_{gt}^{C_o} = X_{(lgt)}^{CB}$$

en donde:

$X_{gt}^{R_o}$  : mantiene su anterior significado

$X_{gt}^{C_o}$  : número de crías de ganado g compradas en el subperíodo t para su ceba en la empresa

$X_{(lgt)}^{CB}$  : número total de crías de ganado g, constitutivas del lote l, que inicia la fase de ceba en el subperíodo t.

**c) Ecuación de gestión de animales cebados:**

$$X_{(lgt)}^{CB} = X_{(lgt)\hat{t}}^V + X_{(lgt)\hat{t}}^R$$

$X_{(lgt)}^{CB}$  : mantiene su anterior significado

$X_{(lgt)\hat{t}}^V$  : venta en el subperíodo  $\hat{t}$  de animales cebados de la clase g, que iniciaron la fase de ceba en el subperíodo t, configurado el lote l

$X_{(lgt)\hat{t}}^R$  : transferencia a fase de crecimiento en el subperíodo  $\hat{t}$  de animales cebado de la clase g, que iniciaron la fase ceba en el subperíodo t, configurando el lote l.

$\hat{t}$  : subperíodo de finalización de la fase de ceba del ganado de la clase g, que inició dicha fase en el subperíodo t, siendo  $\hat{t} = t + s$ , en donde s es un parámetro perteneciente al campo de los números naturales cuyo valor en cada caso concreto será fijado por el empresario-decisor, dentro de los límites marcados por las características del ganado (especie-raza) y el estado de la técnica en temas de explotación y manejo pecuario.

**d) Ecuación de configuración del lote de animales en fase de crecimiento:**

$$X_{(g\hat{t})\hat{t}}^R + X_{(g\hat{t})}^{CC} = X_{(\bar{I}\hat{t})}^{CR}$$

en donde:

$X_{(g\hat{t})\hat{t}}^R$  : mantiene su anterior significado

$X_{(g\hat{t})}^{CC}$  : animales cebados de la clase g, comprados en el subperíodo

$\hat{t}$  : para crecimiento e incorporación como reproductores al ganado de renta de su clase al final de la fase.

$X_{(\bar{I}\hat{t})}^{CR}$  : número de cabezas de animales de la clase g, que inician la fase de crecimiento en el subperíodo  $\hat{t}$  configurando el lote  $\bar{I}$ .

**e) Ecuación de gestión de animales al final de la fase de crecimiento:**

$$X_{(\bar{I}\hat{t})}^{CR} = X_{g\hat{t}}^{V\bar{t}} + X_{g\hat{t}}^{R\bar{t}}$$

en donde:

$X_{(\bar{I}\hat{t})}^{CR}$  : mantiene su anterior significado

$X_{g\hat{t}}^{V\bar{t}}$  : venta en el subperíodo  $\bar{t}$  de animales de la clase g al final de la fase de crecimiento iniciada en  $\hat{t}$

$X_{g\hat{t}}^{R\bar{t}}$  : transferencia a ganado de renta en el subperíodo  $\bar{t}$  de ganado de la clase g al final de la fase de crecimiento iniciada en  $\hat{t}$

$\bar{t}$  : subperíodo de finalización de la fase de crecimiento del ganado de la clase g que inició dicha fase en el subperíodo  $\hat{t}$ .  
Siendo  $\bar{t} = \hat{t} + s$

**f) Ecuaciones que regulan el mantenimiento de la dimensión del ganado de renta de la clase g:**

**1º** Ecuación que determina el número de animales que, al final del crecimiento, son transferidos a ganado de renta.

$$X_{g\bar{t}}^{R\bar{t}} = a_{g\bar{t}} X_g$$

en donde:

$X_g$  : actividad ganadera permanente de la clase  $g$  ( $X_g = 1$ )

$a_{g\bar{t}}$  : bajas programadas en el subperíodo  $\bar{t}$  de ganado de renta  $g$ , expresadas en número de cabezas.

**2º** Relación entre el número de animales en fase de crecimiento y el de animales transferidos a ganado de renta:

$$a_o X_{g\bar{t}}^{R\bar{t}} = X_{\bar{t}}^{CR}$$

en donde  $a_o$  es un parámetro con valor igual o superior a la unidad que, en tanto por uno, mide la diferencia planeada entre el número de cabezas en fase de crecimiento y las estrictamente necesarias para suplir las bajas programadas en ganado de renta<sup>127</sup>. El exceso permite la elección entre los animales del lote de aquellos que el empresario considere que están mejor conformados, destinando a la venta las cabezas restantes.

El sistema anterior de ecuaciones se simplifica bastante en aquellas situaciones decisionales en las que la renovación del ganado de renta se haga por política de empresa mediante compra de los animales en el exterior, pues la variable  $X_{(lg)t\bar{t}}^R$  de la ecuación c) desaparece junto con las ecuaciones d), e) y f), ocupando su lugar una ecuación de compra con esta configuración:

$$X_{g\bar{t}}^C = a_{g\bar{t}} X_g$$

---

127. En la práctica habitual el valor de  $a_o$  se encuentra comprendido entre 1 y 1,25 ( $1 < a_o \leq 1,25$ ) salvo que se admita la posibilidad de venta especulativa de animales al final de la fase de crecimiento, en cuyo caso  $a_o$  podría tomar cualquier otro valor.

en donde:

$X_g^{C\bar{t}}$  : Compra en el subperíodo  $\bar{t}$  de animales de la clase  $g$  al final de la fase de crecimiento, para suplir las bajas programadas en ganado de renta de su clase.  
Manteniendo el resto de los coeficientes y variables su anterior significado.

### **Gestión del flujo de productos tipo III: lotes de animales en fase de ceba o crecimiento existentes al comienzo del ejercicio económico a planificar**

Al igual que ocurre con el bloque de restricciones relativas a la gestión del stock inicial de productos vegetales terminados, este bloque formará parte sólo de la matriz de planificación correspondiente al ejercicio venidero inmediato y no de la matriz relacionada con la descripción y planificación del ejercicio bajo hipótesis de estabilidad o de régimen permanente.

Los animales del stock inicial, convenientemente reagrupados en lotes en función de la clase de ganado (especie-raza), fase en la que se encuentra y grado de desarrollo de la fase, entran en el modelo como coeficientes técnicos de la variable de estado  $X_E$ . Los costes que origine el ganado hasta tanto no se de el cambio de fase, así como los pagos asociados a esos costos, serán tratados también como coeficientes técnicos de  $X_E$ , formando parte de la fila de la matriz que en cada caso corresponda (medición de costos, medición de flujos de tesorería, etc.).

Los animales en fase de ceba, una vez finalizada ésta y dentro ya del ejercicio económico que se planifica, podrán ser vendidos o transferidos a fase de crecimiento acompañados o no de nuevos efectivos comprados en el exterior. En términos matemáticos:

$$a_{(lgc)}^{CB} X_E = X_{(lgc)t}^V + X_{(lgc)t}^R ; \forall (lgc)$$

en donde:

$a_{(lg)c}^{CB}$  : número de cabezas de ceba en curso al inicio del ejercicio económico que se planifica, pertenecientes a la clase de ganado  $g$  e integrantes del lote  $l$ .

$X_{(lg)c}^V$  : Venta en el subperíodo  $t$  de animales cebados de la clase  $g$ , pertenecientes al lote  $l$  de animales de ceba en curso al inicio del ejercicio.

$X_{(lg)c}^R$  : Transferencia a fase de crecimiento en el subperíodo  $t$  de animales cebados de la clase  $g$ , pertenecientes al lote  $l$  de animales de ceba en curso al inicio del ejercicio.

$X_E$  : variable de estado ( $X_E = 1$ ).

La variable de transferencia a fase de crecimiento no formará parte de la ecuación anterior en aquellos casos en los que el único destino de los animales del lote de ceba sea, por hipótesis, la venta a terceros. Cuando sí forme parte por estar prevista la extracción de animales para renuevo del lote de ceba en cuestión, dicha variable quedará integrada en las ecuaciones de formación de lotes de animales en crecimiento y en las de mantenimiento de la dimensión de la ganadería de renta, en la forma vista en el epígrafe 7.2.2.1., apartado d), e) y f).

Los animales que al inicio del ejercicio objeto de planificación estén en fase de crecimiento, pasarán, al final de la misma, a engrosar los efectivos del ganado de renta de su clase en la cuantía prefijada, vendiéndose los sobrantes. Los efectivos totales de cada lote en crecimiento entrarán en el modelo como coeficientes técnicos de la variable  $X_E$ , dando lugar su incorporación a la ganadería de renta a conjuntos de ecuaciones similares a las ya vistas en el epígrafe 7.2.2.1., apartados e) y f).

### VII.3. RESTRICCIONES DE LOCALES EN GANADO DE CEBA

El tamaño de la ganadería de renta, así como su distribución por especie y raza, son un dato en el presente marco de reflexión: las decisiones sobre dimensión y características de los distintos rebaños *ya fueron tomadas*, perteneciendo su revisión al campo de la planificación estratégica y no al de la meramente táctica. Por ello, la existencia de plazas suficientes para albergar las unidades zootécnicas constituidas por los animales adultos, sus crías hasta el destete, y los animales en fase de crecimiento, si los hubiera, es algo que debe darse por supuesto.

El problema del alojamiento en cuanto factor de producción escaso y, por ende, restrictivo de la actividad empresarial, queda así limitado al caso de la ganadería de ceba. La mayor o menor importancia de esta actividad es algo a determinar en el marco de la planificación a corto plazo y estará condicionada por las disponibilidades de espacio para alojamiento y de otros factores existentes en cantidades limitadas.

La expresión e introducción de estos condicionantes en el modelo no presenta ningún problema teórico, pero en la práctica puede ser un tema complejo debido a: 1º) la existencia de lotes de ganado que demandan espacios con características diferentes, 2º) la existencia de animales dentro de cada lote con requerimientos unitarios de especies diferentes, 3º) la estacionalidad de la demanda de espacio, provocada por la estacionalidad de la producción de animales para ceba y 4º) el posible solapamiento temporal entre lotes de animales que demandan el mismo espacio. Esta última cuestión hace necesario el conocimiento del conjunto potencial de lotes que pueden iniciar el proceso de ceba en el período de planificación, con explicitación de las fechas respectivas de inicio y finalización de fase. La demanda de espacio por cabeza de ganado a considerar podrá ser la correspondiente al nivel de máximo desarrollo del animal al final de la

fase o algún valor intermedio entre éste y el de incorporación del animal al proceso de ceba, pudiéndose decir al respecto que, cuanto menor sea la duración de la fase de ceba y más simultánea sea la incorporación de animales al lote y la salida del mismo, más procedente resulta la elección del primer valor y menos la del segundo, debiendo dársele preferencia a éste último a medida que prevalescan las condiciones contrarias (larga duración de la fase y entrada y salida no simultáneas).

### **Modelización cuando no hay solapamiento temporal entre lotes de animales de ceba demandantes del mismo espacio**

La relación de condición responde en este caso a la siguiente expresión general:

$$a_{eg}^{CB} \cdot X_{(lgt)}^{CB} \leq b_{egt}^{CB} ; \forall(lgt)$$

en donde:

$a_{eg}^{CB}$  : demanda de espacio por cabeza de ganado de la clase g en fase de ceba.

$X_{(lgt)}^{CB}$  : número total de crías de ganado de la clase g que inician la fase de ceba en el subperíodo t, configurando el lote l.

$b_{egt}^{CB}$  : disponibilidades de espacio en el subperíodo t para alojamiento de ganado de la clase g en fase de ceba.

### **Modelización cuando hay solapamiento temporal entre lotes de animales de ceba demandantes del mismo espacio**

$$\sum_{(lgt)} a_{e(g)}^{CB} \cdot X_{(lgt)}^{CB} \leq b_{egt}^{CB} ; \forall t$$

en donde todas las variables y parámetros mantienen su anterior significado.

## **VII.4. RESTRICCIONES RELATIVAS A LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO Y AL CONSUMO DE OTROS FACTORES VARIABLES**

### **La alimentación del ganado: aspectos generales**

La modelización de la alimentación del ganado consiste en la confrontación de las necesidades de las distintas categorías de animales en elementos plásticos y principios energéticos, con los aportes de estos elementos y principios por los distintos alimentos puestos a su disposición mediante compra o cesión interna. Lo que se pretende con ello es determinar la manera de cubrir a coste mínimo las necesidades totales, dadas las composiciones de los alimentos disponibles y sus costes unitarios.

En la literatura sobre el tema se proponen dos enfoques alternativos para la resolución del problema, cuando, como es el caso ahora, éste se contempla no como algo aislado y desgajado del resto de la problemática de la empresa, sino como parte de otro problema más complejo y general: la planificación global de la empresa en el marco del ejercicio económico. Uno de esos enfoques parte de la utilización de raciones preestablecidas para cada una de las categorías de animales a alimentar, mientras que el otro formula el problema en términos de proteínas digestibles, unidades alimenticias, materia seca..., tanto por el lado de las necesidades de los animales como por el lado de los aportes de los alimentos, dejando que sea el propio modelo quien determine las composiciones óptimas de las raciones.

Bajo el primer enfoque, la naturaleza de los productos que van a formar parte de la alimentación es un dato, estando asimismo

preestablecida la composición unitaria de las distintas mezclas; los productos que entran en la ración son tratados como factores limitativos y ligados y no como sustituitivos-limitativos, que es lo que realmente son. De esta manera, la aportación del modelo se reduce a la determinación de la cantidad total a emplear de cada uno de los productos a la vista de las necesidades totales y a la determinación de la procedencia más adecuada de cada uno de ellos (producción o compra). Este enfoque tiene, por consiguiente, una marcada debilidad teórica, dotando el mismo a la solución de una enorme rigidez, aún en el supuesto de que en el planteamiento se contemplen varias raciones alternativas. Pero, frente a estas debilidades, el método presenta ventajas de orden práctico y operativo, como son la pequeña dimensión del bloque específico de restricciones y la aplicación de raciones que el agricultor da ya en la práctica o que podría dar sin problemas por haber sido experimentadas en centros de investigación.

El segundo enfoque trata a los productos alimenticios potenciales como factores sustituitivos-limitativos, lo que le hace ser, desde el punto de vista teórico, muy superior al primero. En él no está dada la naturaleza, ni por supuesto la cuantía, de los alimentos integrantes de la ración, pues esa composición es precisamente lo que se trata de determinar a la vista de las necesidades del ganado y de la composición y el precio de los alimentos potenciales. Pero junto a su mayor consistencia teórica, este enfoque puede presentar serias limitaciones de orden práctico, sobre todo cuando se intenta aplicar en modelos de planificación global. Piénsese que puede haber varias especies de ganado, varias categorías dentro de cada especie y varios subperíodos de alimentación<sup>128</sup>. Por añadidura, en ganado de engorde, el hallazgo de una ración competitiva con bajo índice de transformación pienso-carne es una cuestión compleja, que requiere experimen-

---

128. La distinción por categorías dentro de cada especie se hace necesaria debido a que las necesidades alimenticias del ganado son función no sólo de la especie, de la raza y del peso del animal, sino también del estado productivo (hembras vacías, hembras en gestación, etc.) en que el animal se encuentre. La distinción por subperíodos será necesaria en todas aquellas situaciones en las que el conjunto de alimentos disponibles sufra modificaciones a lo largo del período de planificación, pues ello origina, casi con toda seguridad, cambios en la ración.

tación científica continuada y conocimientos profundos de nutrición animal, lo cual, normalmente, no está al alcance de los agricultores, como saben muy bien éstos y los fabricantes de piensos compuestos para el ganado.

La consideración conjunta y simultánea de las anteriores ventajas e inconvenientes de uno y otro procedimiento, nos lleva a una posición ecléctica a la hora de la modelización de este importante aspecto de la gestión en la empresa agroganadera: la alimentación de la ganadería de renta y del ganado de renovación pensamos debe formularse en términos completamente abiertos al objeto de que sea el propio modelo el que determine la composición de las raciones, en tanto que en la alimentación del ganado de ceba debe aplicarse el enfoque de las raciones de composición preestablecida, dando así entrada a los avances habidos en nutrición animal, producto de la experimentación científica.

### **Ganado de renta y de renovación: condiciones de equilibrio *aportes-necesidades***

Las necesidades alimenticias del ganado son función tanto de la especie-raza a que el animal pertenece como del estado productivo en que el mismo se encuentra (hembras vacías, hembras en gestación, etc.), Por ello, la unidad zootécnica de referencia en confección de raciones alimenticias debe ser *el conjunto de animales de una determinada especie-raza que se encuentra en un determinado estado productivo en un determinado subperíodo*, estando referidas a ella las condiciones de equilibrio *aportes-necesidades* relativas a los tres elementos fundamentales en alimentación animal: Unidades Alimenticias, Proteína Digestible y Materia Seca.

En términos matemáticos, tales condiciones de equilibrio para el

ganado de renta de la clase g, en el estado productivo e, vendrán expresadas como sigue:

**a) Equilibrio *aportes-necesidades*: unidades alimenticias**

$$\sum_j a_j^{UA} X_{jg(e)t} \geq b_{g(e)t}^{UA} ; \forall_{g(e)} \wedge \forall t$$

en donde:

$a_j^{UA}$  : aporte de Unidades Alimenticias por unidad de producto j

$X_{jg(e)t}$  : Unidades de producto j suministradas como alimento al ganado de la clase g (estado e) en el subperíodo t<sup>129</sup>

$b_{g(e)t}^{UA}$  : mínimo de Unidades Alimenticias requeridas por el ganado g (estado e) en el subperíodo t.

**b) Equilibrio *aportes-necesidades*: proteína digestible**

$$\sum_j a_j^{PD} X_{jg(e)t} \geq b_{g(e)t}^{PD} ; \forall_{g(e)} \wedge \forall t$$

en donde:

$a_j^{PD}$  : aporte de proteína digestible (grs.) por unidad de producto j

$X_{jg(e)t}$  : mantiene su anterior significado

$b_{g(e)t}^{PD}$  : mínimo de unidades de proteína digestible requeridas por el ganado g (estado e) en el subperíodo t.

**c) Equilibrio *aportes-necesidades*: materia seca**

---

129. En planificación bajo hipótesis de régimen permanente los productos j pueden tener doble procedencia: producción propia mediante el desarrollo de las oportunas actividades vegetales y compra en el exterior en cada subperíodo. En planificación del período venidero inmediato puede existir además una tercera procedencia para alguno o algunos de los productos, como es el almacén de productos terminados.

$$\sum_j a_j^{MS} X_{jg(e)t} \geq b_{g(e)t}^{MS} \quad ; \quad \forall_{g(e)} \wedge \forall t$$

en donde:

$a_j^{MS}$  : aporte de materia seca (Kgs.) por unidad de producto j

$X_{jg(e)t}$  : mantiene su anterior significado

$b_{g(e)t}^{MS}$  : máximo de unidades de materia seca requeridas por el ganado g (estado e) en el subperíodo t.

### **Ganado de ceba: restricciones de equilibrio *aportes-necesidades***

En el caso del ganado de ceba cabe distinguir dos situaciones sensiblemente diferentes que, por sus especiales características, requieren un tratamiento diferenciado. Dichas situaciones son:

- a) Alimentación de animales cuya ración está constituida exclusivamente por productos de procedencia externa (piensos compuestos y similares).
- b) Alimentación de animales cuya ración está constituida por productos que pueden ser producidos por la empresa o comprados en el exterior, unidos o no a otros alimentos de procedencia externa exclusivamente.

En el primer caso, el consumo de alimentos vendrá recogido sola y exclusivamente en su dimensión monetaria, entrando en el modelo en forma de coeficientes técnicos de las actividades de ceba que corresponda. En su calidad de *costos*, estos coeficientes estarán ubicados en la fila llamada a medir el consumo total, en términos monetarios, de alimentos de procedencia externa; en cuantos *pagos*, ocuparán el lugar que les corresponda en el conjunto de restricciones que modelizan el denominado *circuito financiero de la empresa a corto plazo* así como en la fila que

recoge y totaliza los pagos pendientes al cierre del ejercicio por compras efectuadas en el mismo y no pagadas a su finalización.

La segunda de las dos posibles situaciones antes mencionadas requiere un tratamiento un tanto más complejo, que se especifica a continuación:

- a) Los alimentos cuya única vía de aprovisionamiento posible sea la compra en el exterior, tendrán un tratamiento en todo igual al anteriormente expuesto.
- b) Los alimentos integrantes de una determinada ración, cuyo acopio pueda ser efectuado vía producción o vía compra, entrarán en el modelo en unidades físicas como coeficientes técnicos unitarios de las actividades de ceba que los demanden (consumos por cabeza en los períodos parciales que proceda). El consumo total de un determinado producto por una determinada actividad de ceba en cada período parcial será el resultado de multiplicar el consumo unitario antes indicado por el nivel de actividad (número de cabezas en fase ceba), La conveniencia de que el consumo de un determinado producto, presente en las raciones del ganado de ceba, sea atendido por compra o producción interna será algo a determinar en el curso de la planificación, como resultado de las restricciones y objetivos que condicionan y orientan la decisión. El juego específico de restricciones que modela esta parcela de la realidad empresarial, adopta la siguiente configuración general:

$$a_{jlt}X_l^{CB} = X_{jlt}^C + X_{jlt}^R ; \quad \forall j, \forall l \wedge \forall t$$

en donde:

$a_{jlt}$ : unidades de producto  $j$  a suministrar por cabeza de ganado del lote de ceba  $l$ , en el subperíodo  $t$

$X_l^{CB}$ : número de cabezas de ganado del lote de ceba  $l$

$X_{jlt}^C$ : unidades de producto  $j$  compradas en el subperíodo  $t$  para

suministro como alimento al lote de ceba I.

$X_{jit}^R$  : unidades de producto j generadas por la empresa y suministradas como alimento al lote de ceba I, en el subperíodo  $t^{130}$ .

En planificación del período venidero inmediato habrá que crear relaciones de condición específicas para el ganado en fase de ceba al inicio del período de planificación. Las demandas de los productos integrantes de las raciones alimenticias de estos animales se conocen en su cuantía total al estar predeterminado el tamaño del lote y se incorporan a la matriz en calidad de coeficientes técnicos de las variables de estado  $X_E$ .

## Ecuación de determinación del coste total de los alimentos comprados para el ganado

Dicho coste está constituido por tres grandes partidas parciales, a saber:

- Valor de los alimentos simples o compuestos comprados y consumidos por el ganado de renta y de reposición (animales en fase de crecimiento).
- Valor de los alimentos comprados y consumidos por las crías antes del destete.
- Valor de los alimentos simples o compuestos comprados y consumidos por los animales en fase de ceba.

En términos matemáticos, la ecuación de coste queda como sigue:

---

130. El producto j puede generarse en el mismo ejercicio que se planifica mediante el desarrollo de la actividad vegetal pertinente o provenir de cosechas anteriores almacenadas a la espera de su utilización.

$$\left( \sum_j \sum_{g(e)} \sum_t P_{jt} X_{jg(e)t}^C \right) + \left( \sum_g a_g X_g \right) + \left( \sum_l \sum_t a_{lt} X_l + \sum_j \sum_l \sum_t P_{jt} X_{jlt}^C \right) = X^{VAGC}$$

en donde:

- $P_{jt}$ : precio de compra de la unidad de producto  $j$  en el subperíodo  $t$
- $X_{jg(e)t}^C$ : unidades de producto  $j$  compradas y suministradas como alimento al ganado de renta de la clase  $g$  (estado productivo  $e$ ), en el subperíodo  $t$ .
- $a_g$ : valor de los alimentos suplementarios suministrados antes del destete a las crías de ganado  $g$ , en el período de planificación.
- $X_g$ : actividad ganadera  $g$  de carácter permanente ( $X_g = 1$ )
- $a_{lt}$ : valor de los alimentos para los que no se contempla más procedencia que la externa, suministrados por cabeza como parte de su ración, a los animales de ceba del lote  $l$ , en el subperíodo  $t$ .
- $X_l$ : número de cabeza de ganado integrantes del lote de ceba  $l$ .
- $X_{jlt}^C$ : Unidades de producto  $j$ , para el que se contempla también la posible procedencia interna, compradas y suministradas como alimento al lote de ganado de ceba  $l$ , en el subperíodo  $t$ .
- $X^{VAGC}$  Coste total de los alimentos comprados y suministrados al ganado a lo largo del ejercicio económico.

En planificación del período venidero inmediato habrá que incluir en la expresión anterior los lotes de animales de ceba en curso al inicio del ejercicio. Son lotes con dimensión dada, que se introducen en la matriz de programación por medio de la variable de estado  $X_E$ , como sigue:

$$a_l^c X_E = X_l^c ; \quad \forall l$$

siendo  $a_l^c$  los efectivos del lote  $l$ , representado en la matriz por la variable  $X_l^c$ .

## Ecuación de determinación del montante anual correspondiente a otros costos variables de la ganadería

Mediante esta ecuación se agregan y totalizan tres grandes partidas de coste que podrán también ser tratadas en forma separada en todos aquellos casos en los que la reducción de las dimensiones de la matriz no resulte prevalente. Estas partidas son:

- Otros costos variables de la ganadería de renta y animales de reposición en fase de crianza (veterinario y medicinas, seguros, etc.).
- Coste de compra de crías destetadas para su ceba en la empresa.
- Otros costos variables del ganado de ceba.

En términos matemáticos, tendremos:

$$\sum_g \sum_t a_{gt} X_g + \sum_g \sum_t P_{gt} X_{gt}^{C_o} + \sum_l \sum_t a_{lt} X_l = X^{OCVG}$$

en donde:

- $a_{gt}$ : Otros costos variables del ganado de renta  $g$  en el subperíodo  $t$
- $X_g$ : actividad ganadera  $g$  del carácter permanente ( $X_g = 1$ )
- $P_{gt}$ : Precio de la cabeza de ganado  $g$  comprada en el subperíodo  $t$ , para su ceba en la empresa
- $X_{gt}^{C_o}$ : Número de crías de ganado  $g$  compradas en el subperíodo  $t$  para su ceba en la empresa.
- $a_{lt}$ : Otros costos variables por cabeza de ganado del lote de ceba  $l$ , en el subperíodo  $t$ .
- $X_l$ : número de cabezas de ganado integrante del lote de ceba  $l$ .

$X^{OCVG}$  Otros costes variables de la ganadería en el período de planificación.

En planificación del período venidero inmediato habrá que incluir los costes específicos de los lotes de ceba en curso al inicio del ejercicio, en la forma vista en el epígrafe anterior para el coste de la alimentación.

## VII.5. RESTRICCIONES RELATIVAS A LA CUANTIFICACIÓN DE INGRESOS Y VALORES DE BALANCE EN PRODUCCIÓN ANIMAL

### Ecuaciones de determinación de las existencias finales en valor de animales de ceba y de renovación

Los animales de ceba y de renovación, existentes en la empresa al final del período de planificación, serán tratados como productos terminados y valorados según precio de mercado, a efectos de confección de la cuenta de explotación y el balance de situación final. Este enfoque es defendido por gran número de tratadistas ya que estos animales pueden ser vistos en cada momento como un bien económico distinto al que eran en el momento inmediato anterior y a los que serán en el momento siguiente<sup>131</sup>.

En régimen permanente, las existencias finales deberán ser igual, por hipótesis, a las iniciales, jugando la cifra resultante de la planificación bajo tal supuesto, el papel de dato para la planificación de período venidero inmediato en cuanto componente

---

131. Estos animales podrían ser tratados también como productos en curso y valorados a precio de coste, pues se les quiere llevar a un peso o a una edad, todavía no alcanzados al final del ejercicio económico, pero las dificultades en producción conjunta acoplada, como es el caso, para aplicar precios de coste en la valoración de los productos generados, hace que, en general, se le de preferencias al criterio del precio de mercado.

obligado de su balance de situación final. En planificación del período venidero, las existencias iniciales serán un dato que entra en el modelo como coeficiente técnico de la variable de estado  $X_E$ , siendo las exigencias finales algo a determinar en el curso de la planificación, salvo cuando nos vengan dadas por ser resultado de la planificación bajo hipótesis de régimen permanente. Tanto para los animales de ceba como para los de crecimiento, el stock final estará constituido por los lotes de ganado en proceso en la fecha de cierre del ejercicio económico. En términos matemáticos tendremos:

**A) Stock final en valor de animales en fase de ceba:**

$$\sum_{(lgt)_f} P_{gf}^{CB} X_{(lgt)_f}^{CB} = X^{SFCB}$$

en donde:

$P_{gf}^{CB}$  : Valor promedio de la cabeza de ganado g en fase de ceba, al final del ejercicio que se planifica.

$X_{(lgt)_f}^{CB}$  : Lote de animales de ceba de la clase g, con fase iniciada en el subperíodo t y no finalizada al cierre del ejercicio que se planifica

$X^{SFGC}$  : Valor del stock final de animales en fase de ceba.

**B) Stock final en valor de animales en fase de crecimiento:**

$$\sum_{(lgt)_f} P_{gf}^{CR} X_{(lgt)_f}^{CR} = X^{SFCR}$$

en donde:

$P_{gf}^{CR}$  : Valor promedio de la cabeza de ganado g en fase de crecimiento, al final del ejercicio que se planifica.

$X_{(lgt)_f}^{CR}$  : Lote en crecimiento de ganado de la clase g, con fase iniciada en el subperíodo t y no finalizada al cierre del ejercicio que se planifica.

$X^{\text{SFCR}}$  : Valor del stock final de animales en fase de crecimiento.

## Ecuaciones de determinación del ingresos: por venta de productos animales y por subvenciones a la explotación

En planificación bajo hipótesis de régimen permanente tendremos las dos siguientes expresiones generales, cuantificadoras de los ingresos íntegros por venta y por subvenciones generados por las actividades componentes del plan de actuación:

### a) Ecuación que cuantifica los ingresos por venta de productos animales:

$$\sum_g \sum_t a_{gt}^{\text{IV}} X_g + \sum_g \sum_t P_{gt}^{\text{CD}} X_{gt}^{\text{CD}} + \sum_g \sum_t P_{gt}^{\text{CB}} X_{gt}^{\text{CB}} + \sum_g \sum_t P_{gt}^{\text{CR}} X_{gt}^{\text{CR}} = X^{\text{IVG}}$$

en donde:

$a_{gt}^{\text{IV}}$  : Valor de los productos liberados en el subperíodo t por la actividad ganadera g y vendidos en el mismo subperíodo (se incluye el valor de los animales de desvieje).

$X_g$  : Actividad ganadera g de carácter permanente ( $X_g = 1$ )

$P_{gt}^{\text{CD}}$  : precio promedio en el subperíodo t de la cabeza de ganado de la clase g al destete (se supone un destete con un determinado peso promedio).

$X_{gt}^{\text{CD}}$  : número de cabezas de la clase g, destetadas y vendidas en el subperíodo t.

$P_{gt}^{\text{CB}}$  : precio promedio en el subperíodo t de la cabeza de ganado de la clase g al final de la fase de ceba (se supone un peso promedio por cabeza)

$X_{gt}^{\text{CB}}$  : número de cabezas de la clase g, que finalizan la fase de ceba en el subperíodo t y son vendidas en el mismo.

$P_{gt}^{\text{CR}}$  : precio promedio en el subperíodo t de la cabeza de ganado de la clase g al final de la fase de crecimiento (se supone un peso promedio por cabeza)

- $X_{gt}^{CR}$  : número de cabeza de la clase  $g$ , que finalizan la fase de crecimiento en el subperíodo, siendo vendidas en el inicio.
- $X^{IVG}$  : Ingresos totales por venta de productos ganaderos.

**b) Ecuación que cuantifica subvenciones en producción animal:**

$$\sum_g \sum_t a_{gt}^{IS} X_g + \sum_g \sum_t S_{gt}^{CD} X_{gt}^{CD} + \sum_g \sum_t S_{gt}^{CB} X_{gt}^{CB} + \sum_g \sum_t S_{gt}^{CR} X_{gt}^{CR} = X^{ISG}$$

en donde:

- $a_{gt}^{IS}$  : Ingreso por subvenciones generadas en el subperíodo  $t$  por la actividad ganadera  $g$ .
- $S_{gt}^{CD}$  : Subvención generada en el subperíodo  $t$  por cabeza de ganado de la clase  $g$ , destetada y vendida en dicho subperíodo.
- $S_{gt}^{CB}$  : Subvención generada en el subperíodo  $t$  por cabeza de ganado de la clase  $g$ , vendida en dicho subperíodo al final de la fase de ceba.
- $S_{gt}^{CR}$  : Subvención generada en el subperíodo  $t$  por cabeza de ganado de la clase  $g$ , vendida en dicho subperíodo al final de la fase de crecimiento.
- $X^{ISG}$  : Ingresos Totales por subvenciones a la ganadería.

Manteniendo todas las demás variables su significado anterior.

La adecuación de las dos identidades al marco de la planificación del período venidero inmediato requiere la inclusión en las ecuaciones de los ingresos generados durante el ejercicio por la ganadería de engorde (ceba y crecimiento) en curso al inicio del período de planificación y la eliminación de todo ingreso propio del plan de actuación, que se genere más allá del final del ejercicio económico que se planifica, cuando se esté cuantificando el ingreso asignable al ejercicio económico a efectos de determinación del beneficio contable.

Cuadro VII.A.1.

Matriz de programación técnico-económica de la producción animal: un ejemplo

ACTIVIDADES		Actividades de producción animal producción, venta y reemplazo																				Gestión de productos vegetales (reemplazo y venta)										Compra de alimentos para el ganado de renta y de reposición																		
		Ganado de renta										Ganado de ceba										Ganado de reposición										PRODUCTO B (TIPO VI)																		
		Ganado de renta					Ganado de ceba					Ganado de reposición					Subperíodo 1					Subperíodo 2					Producto M					Producto N																		
		Explotación		Gestión productos Tipo III			Ganado de ceba (Clase 2)			Formación de lotes y explotación		Gestión de lotes			Ganado de reposición (GR2)		Reemplazo		Subperíodo 1			Subperíodo 2			Animales Destinatarios		Animales Destinatarios			Animales Destinatarios		Animales Destinatarios																		
C1	C2	Clase 1 (GR1)	Clase 2 (GR2)	Venta	Reemplazo	Venta	Reemplazo	Subperíodo 1	Subperíodo 2	Venta	Reemplazo	Formación Lote 1	Gestión Lote 1	GR1	G. Renta 1	G. Renta 2	Estado	Estado	Estado	Estado	Venta	G. Renta 1	G. Renta 2	Estado	Estado	Estado	Estado	GR1	GR1	GR2	GR2	GR1	GR1	GR2	GR2	GR1	GR1	GR2	GR2	GR1	GR1	GR2	GR2							
																																												X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
F1	1	Ocupación del suelo		TC1																																														
F2	2	Ganado de renta		GR1																																														
F3		Condicionales lógicas		GR2																																														
F4		Gestión productos Tipo III		GR2																																														
F5		Formación de lotes		GR2																																														
F6		Ganado de ceba (GR2)		GR2																																														
F7		Gestión de lotes		GR2																																														
F8		Formación lotes		GR2																																														
F9		Gestión de lotes		GR2																																														
F10		Reposición (GR2)		GR2																																														
F11		Formación lotes		GR2																																														
F12		Gestión de lotes		GR2																																														
F13		Relación interna		GR2																																														
F14	4	Mantenimiento dimensión Ganadería de renta		GR2																																														
F15		RGR1		RGR2																																														
F16	5	Alojamiento ganado de ceba		GR1																																														
F17		DUEC2		DUEC2																																														
F18	6	Gestión productos vegetales		GR1																																														
F19		PUBC2		PUBC2																																														
F20		UA111		UA111																																														
F21		PD111		PD111																																														
F22		MS111		MS111																																														
F23		UA112		UA112																																														
F24		PD112		PD112																																														
F25		MS112		MS112																																														
F26		UA121		UA121																																														
F27		PD121		PD121																																														
F28		MS121		MS121																																														
F29		UA122		UA122																																														
F30		PD122		PD122																																														
F31		MS122		MS122																																														
F32		UA211		UA211																																														
F33		PD211		PD211																																														
F34		MS211		MS211																																														
F35		UA212		UA212																																														
F36		PD212		PD212																																														
F37		MS212		MS212																																														
F38		UA221		UA221																																														
F39		PD221		PD221																																														
F40		MS221		MS221																																														
F41		UA222		UA222																																														
F42		PD222		PD222																																														
F43		MS222		MS222																																														
F44	8	Costo alimentos comprados para el ganado		GR1																																														
F45		VACG1		VACG1																																														
F46		Ganado de ceba		GR2																																														
F47		VACG2		VACG2																																														
F48		CUA12		CUA22																																														
F49		OCVG1		OCVG2																																														
F50		OCVU1		OCVU2																																														
F51		VURG1		VURG2																																														
F52		PCC21		PCC22																																														
F53		OCC21		OCC22																																														
F54	10	Stock final en valor ganado reposición		GR1																																														
F55		PMCC2		PMCC2																																														
F56	11	Ingresos producción Vegetal		GR2																																														
F57		IVA1		IVA1																																														
F58		SA1		SA1																																														
F59		VPG1		VPG2																																														
F60		VUC21		VUC22																																														
F61		VUR21		VUR21																																														
F62		SPG1		SPG2																																														
F63		SUC21		SUC22																																														
F64		SUC21		SUC22																																														
F65		SUC21		SUC22																																														



## Apéndice VII.A



PLANIFICACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA  
DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL:  
un ejemplo

## Apéndice VII.A

### PLANIFICACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL: UN EJEMPLO

---

---

El cuadro VIIA.1 nos muestra la matriz de programación correspondiente a un caso de planificación bajo hipótesis de régimen permanente, en el que concurren actividades de producción vegetal y animal, si bien son estas últimas las que juegan el papel principal en la reflexión. Se pretende que el ejemplo sea lo más representativo posible dentro de los límites impuestos a las dimensiones de la matriz resultante, a respetar por razones de economía de espacio y en aras de una más fácil y mejor comprensión de lo expuesto. En consecuencia, el número de variables dentro de cada categoría se ha procurado que sea el mínimo necesario para la descripción fiel de los fenómenos, a lo que contribuye la subdivisión del período total de planificación en sólo dos subperíodos.

Se trabaja con una única clase de tierra como soporte y sostén de los cultivos potenciales C1 y C2 (Submatriz I: Ocupación del suelo). El cultivo C1 da origen al producto A, perteneciente al tipo II, razón por lo que dicha actividad sólo tiene coeficientes no nulos en la matriz anterior y en la submatriz XI, que recoge los ingresos por venta y por subvenciones que tienen su origen en el desarrollo de actividades de producción vegetal. El cultivo C2 da origen al producto B, perteneciente al tipo VI (almacenable, vendible y reempleable), quedando recogida la gestión relativa a sus empleos alternativos en la submatriz VI, donde el coeficiente técnico *PUBC2* mide la producción de B por unidad de actividad (Ha.). Los coeficientes técnicos de la submatriz XI, antes mencionada, tienen los siguientes significados:

- IVA1, ingresos por unidad de cultivo C1 sobre tierras clase 1, originados por la venta del producto A.
- SA1, Subvención por unidad técnica de cultivo C1 sobre tierras clase 1 o por volumen de producción, en su caso.
- SB1, Subvención por unidad técnica de cultivo C2 sobre tierras de la clase 1 o por volumen de producción, en su caso.
- PB1, precio de venta de la unidad de producto B (Kg) en el subperíodo 1.
- PB2, precio de venta de la unidad de producto B (Kg) en el subperíodo 2.

Existen por otra parte en la empresa dos clase de ganado de renta, GR1 y GR2, que se incorporan a la matriz mediante las variables  $X_3$  y  $X_4$ , iguales a la unidad. Se supone que GR1 da lugar sólo a productos Tipo II mientras que GR2 genera productos tipo II y productos tipo III (crías destetadas, vendibles o transferibles a fase de engorde dentro de la empresa). La submatriz II, relativa al ganado de renta, está constituida por dos restricciones de gestión del destino de las crías destetadas de GR2, donde los coeficientes técnicos CD21 y CD22 son el número de crías destetadas en el subperíodo 1 y en el subperíodo 2, respectivamente.

La gestión del ganado de engorde (ceba y crecimiento) viene recogida en la submatriz III, en lógica conexión con la II. Como puede verse, tanto en el caso del lote de animales de ceba que se configura tomando como base las crías destetadas en el subperíodo 1, como en el caso del lote que se configura alrededor de las crías destetadas en el subperíodo 2, se admite la posibilidad de adicionar nuevos efectivos mediante compra de los mismos en el exterior. Se diferencian uno y otro lote, en que en el número 1 todos los animales se venden al final de la fase

de ceba, en tanto que con respecto a los animales integrantes del número 2 se contempla el doble destino de la venta y de la transferencia a fase de crecimiento. Se da paso así a la configuración de un lote de animales en crecimiento, en el que se admite también la entrada de animales procedentes del exterior mediante las compras oportunas. El mantenimiento de animales en fase de crecimiento dentro de la empresa no se concibe como una actividad especulativa. Es decir, no se llevan animales al final de esa fase con la idea de venderlos a terceros haciendo negocio con ello, sino con la idea de disponer en el momento oportuno de un número de animales jóvenes bien conformados, llamados a sustituir a los animales de su clase desechados o desaparecidos a lo largo del período de planificación. El tamaño del lote suele por ello acotarse por arriba y por abajo, de manera que al final de la fase nos encontremos con un número de animales no excesivo pero si que permita una cierta selección, vendiéndose los animales sobrantes. En el ejemplo, el tamaño del lote se obliga a que sea igual al número de animales a reponer en el ejercicio más un 20%, número representado por el coeficiente técnico RGR2 para la clase de ganado de renta 2 y por el coeficiente técnico RGR1 para la clase 1, ambos en la submatriz IV. Como puede verse, los animales de renuevo en el ganado de renta de la clase 1 son comprados en el mercado, cosa lógica al ser la venta de las crías destetadas de este rebaño el único destino para las mismas.

En ganado de ceba se supone que no existe solapamiento temporal de los lotes en la explotación. Consecuentemente, las restricciones relativas al alojamiento de estos animales sólo se establecen para el caso de no competencia entre lotes, quedando éstas recogidas en la submatriz V, donde el coeficiente técnico *DUEC2* cuantifica la demanda de espacio por cabeza de ganado de la clase 2 en fase de ceba y *DEC2*, en el segundo miembro, las disponibilidades totales de espacio para alojamiento de animales de esa clase.

Con respecto al ganado de ceba se supone también que, en los dos lotes, el proceso comienza y finaliza dentro del ejercicio, razón por la que no se contempla la existencia de animales en fase de ceba al final del ejercicio. No ocurre así para los animales en fase de crecimiento, que se considera finaliza en el ejercicio siguiente al de su inicio, lo cual justifica la presencia de esta clase de animales en el balance de situación final, que queda recogido mediante la submatriz X, en la que el coeficiente técnico *PMCC2* es el precio medio de mercado de la cabeza de ganado de la clase 2 en fase de crecimiento al cierre del ejercicio.

La submatriz VII está constituida por el conjunto de relaciones estructurales relativas a la alimentación del ganado de renta y de renovación, mediante las que se contrabalancean las necesidades alimenticias de los animales, en términos de Unidades Alimenticias (U.A.), Proteína Digestible (P.D.) y Materia Seca (M.S.), con los aportes de estos principios nutritivos por los diferentes productos potencialmente integrantes de las raciones. Dentro de cada clase de ganado de renta se distinguen dos estados productivos de los animales<sup>132</sup>, con necesidades distintas por cabeza en cada uno de ellos, planteándose la búsqueda del equilibrio óptimo entre necesidades y aportes para los animales existentes en cada estado productivo en cada subperíodo, tarea que requiere la distribución previa de los efectivos totales por estados productivos dentro de cada uno de períodos parciales considerados. En ganado en fase de crecimiento resulta la mayoría de las veces pertinente la distinción de etapas sucesivas a los largo de la fase, con requerimientos alimenticios por cabeza crecientes en el tiempo, pero por razones de economía en las dimensiones de la matriz, en el ejemplo se trabaja sólo con

---

132. En ganado ovino, por ejemplo, se acostumbra a distinguir, en general, cuatro estados productivos estándar:

- Ovejas fuera de lactación, vacías o en la primera etapa de la gestación.
- Ovejas fuera de lactación, en segunda etapa de la gestación.
- Ovejas en lactación, vacías o en primera etapa de la gestación.
- Ovejas en lactación, en segunda etapa de la gestación.

En el ejemplo sólo se suponen dos estados productivos al objeto de que la introducción de este aspecto de la planificación repercuta lo menos posible en las dimensiones de la matriz.

necesidades medias por cabeza en la fase, las cuales se suponen iguales a las del ganado adulto en estado 1. Los coeficientes técnicos de las actividades  $X_3$  y  $X_4$  miden las necesidades totales en U.A., P.D. y M.S. de los animales adultos pertenecientes a cada estado en cada subperíodo, mientras que los coeficientes técnicos de  $X_{16}$  cuantifican las necesidades medias por cabeza de los animales en fase de crecimiento. Unas y otras necesidades serán cubiertas por los productos B, M y N, de procedencia interna el primero y externa los dos restantes, en la cuantía que determine el modelo, que vendrá dada por los valores que tomen en la solución óptima las variables  $X_{20}$  a  $X_{23}$ ,  $X_{25}$  a  $X_{28}$  y  $X_{30}$  a  $X_{45}$ , cuyos coeficientes técnicos en la submatriz VII miden los aportes de principios nutritivos por unidad de producto.

La alimentación del ganado de ceba se plantea sólo bajo la modalidad de raciones de composición preestablecida, siendo la compra la única procedencia admitida para los componentes de dichas raciones (es el caso, por ejemplo, de la alimentación mediante piensos compuestos comerciales, enfoque bastante frecuente en la práctica). La alimentación de estos animales entra, por tanto, en el modelo sólo en su dimensión económica o de coste, siendo la dimensión técnica un dato para el mismo. En la submatriz VIII (*Costo de alimentos comprados para el ganado*) se determina el coste de estas raciones de composición preestablecida (Filas 45 y 46), el coste de los alimentos suministrados a las crías de ganado de renta antes del destete (Filas 43 y 44) y el coste de los productos comprados en alimentación del ganado de renta y de renovación (Fila 43 y 44 nuevamente), con el siguiente significado para los coeficientes técnicos distintos a uno o menos uno:

- CUA12 y CUA22 miden el coste de la alimentación por cabeza de ganado en fase de ceba, a lo largo de la misma (lote 1 y lote 2).

- VACG1 y VACG2 miden el coste total de los alimentos suministrados a lo largo del ejercicio a las crías de ganado de renta (GR1 Y GR2) antes del destete.
- PM1(2) y PN1(2) son los precios de compra, en cada uno de los dos subperíodos, de los productos M y N.

La submatriz IX permite la determinación del montante correspondiente a la partida *Otros costos variables de la ganadería*, siendo el significado de los coeficientes técnicos distintos a uno o menos uno, el siguiente:

- OCVG1 y OCVG2, otros costos variables totales en el ejercicio, para el ganado de renta de la clase 1 y 2, respectivamente.
- OCVUR, otros costos variables por cabeza de ganado de la clase 2, en fase de crecimiento.
- PCC21 y PCC22, precio de compra de las crías de ganado de la clase 2 en los subperíodos 1 y 2, respectivamente, para su ceba en la empresa.
- OCC21 y OCC22, otros costos variables, por cabeza de ganado de la clase 2 en fase de ceba (lotes 1 y 2, respectivamente).

La submatriz XII mide los ingresos por venta de productos animales, siendo:

- VPG1 y VPG2, valor de los productos tipo II, generado durante el ejercicio por la ganadería de renta de la clase 1 y 2, respectivamente.
- VUC21 y VUC22, precios por cabeza de ganado de la clase 2 al final de la fase de ceba, para los lotes 1 y 2, respectivamente.

- VUR21, precio por cabeza de ganado de la clase 2 al final de la fase de crecimiento (lote 1 y único)

La submatriz XIII, mide las subvenciones a la producción con los siguientes significados para cada uno de sus coeficientes técnicos no iguales a uno o menos uno:

- SPG1 y SPG2, importes de las subvenciones concedidas durante el ejercicio a GR1 y GR2, resultantes de multiplicar la subvención por unidad técnica por el número de unidades técnicas y/o la subvención por unidad del producto tipo II por el volumen de producción previsto.
- SUC21 y SUC22, subvención por cabeza de ganado de la clase 2 en fase de ceba (lotes 1 y 2, respectivamente).

## **Capítulo VIII**

**El empleo de la mano de obra y  
de la maquinaria  
autopropulsada. Medición de  
costes fijo y de ingresos  
extraordinarios. Otros  
condicionantes de la decisión**



## VIII.1. EL EMPLEO DE LA MANO DE OBRA Y DE LA MAQUINARIA AUTOPROPULSADA

### Problemas relacionados con la modelización del empleo de mano de obra y maquinaria en la labores agrícolas

Como dicen Cordonnier, Carles y Marsal<sup>133</sup>, la expresión del encadenamiento de las operaciones laborales constituye una de las tareas más complejas y delicadas de la modelización en el dominio de la empresa agraria. Esta afirmación hace referencia, ante todo, a las operaciones parciales que configuran los procesos de producción vegetal, debido al carácter no repetitivo de los mismos, a su rigidez temporal y a estar sometidos en su desarrollo a los avatares climatológicos. A ello hay que añadir que estas operaciones movilizan, normalmente, no sólo la mano de obra, sino también algunos de los elementos del equipo fijo de producción (tracción, maquinaria autopropulsada, etc.).

De cualquier forma, la idea directriz que debe regir la modelización en este campo es la de asegurar que el consumo de recursos, provocado por el desarrollo de los procesos de producción, sea en todo momento inferior o, a lo sumo, igual, a los recursos disponibles, pues ello es condición *sine qua non*, para que cualquier solución factible que se proponga sea realmente ejecutable. Así, por ejemplo, si el desarrollo del cultivo  $j$  implica la realización de una determinada operación en el período parcial  $t$  y ello supone el consumo de  $a_{ij}$  unidades de un determinado factor  $B_i$ , del que sólo hay disponible en el período una determinada cantidad  $b_i$ , es claro que cualquier solución que se proponga debería cumplir la siguiente desigualdad:  $a_{ij} X_j \leq b_i$ . Si durante ese período parcial  $t$  otros procesos demandarán también el factor fijo  $B_i$ , la inecuación anterior adoptaría la siguiente disposición:

$$\sum_j a_{ij} X_j \leq b_i \quad ; \quad j = 1, 2, \dots$$

---

133. P. Cordonnier y otros, op. cit., p. 347.

Si pensamos en la multitud de operaciones parciales asociadas al desarrollo de cualquier conjunto de actividades por reducido que éste sea, con realizaciones localizadas en distintos espacios de tiempo y consumos de factores de variada naturaleza y calidad, es clara la dificultad de modelización de esta parcela de la realidad y la complejidad y gran dimensión del modelo resultante si se persiguiera con excesivo ahínco el siempre necesario acercamiento del modelo a la realidad. Por ello, y porque un rigor extremado en la formulación podría ser inútil además de contraproducente, resulta recomendable una cierta simplificación, siempre y cuando, claro está, no se desvirtúe con ello la naturaleza del problema.

### **Simplificaciones en la determinación del número, duración y localización temporal de los períodos parciales**

A efectos de planificación de las operaciones laborales, la fijación del número de períodos parciales dentro del período total de planificación, así como la duración y ubicación de los mismos, debería ser una labor a realizar una vez establecido el conjunto de actividades potencialmente desarrollables en la empresa. Cabe, sin embargo, un enfoque alternativo, seguido con bastante frecuencia en la práctica por ser su aplicación más mecánica y más fácilmente generalizable. El mismo consiste en la fijación *a priori* del número de períodos parciales y de sus duraciones, asignando las distintas operaciones parciales configuradoras de las actividades potenciales a uno o a varios de los períodos previamente definidos. A tales efectos, nos inclinamos por la subdivisión del ejercicio económico en doce subperíodos de igual duración coincidentes con los meses del calendario, debiendo quedar referidas a ellos las distintas operaciones, los consiguientes consumos de recursos y las disponibilidades de éstos. Los problemas que se pueden presentar al operar de esta forma (períodos preestablecidos y referencia a ellos de las operaciones) estarán provocados por la falta de concordancia entre el período hábil de realización de la tarea y los períodos parciales predefinidos, pudiendo darse al respecto las siguientes situaciones:

- 1º. El tiempo disponible para la realización de una determinada tarea es prácticamente igual a la duración de los subperíodos en que queda dividido el período total de planificación, pero no guarda relación unívoca con ninguno de ellos, siendo posible la ubicación de dicha tarea en un determinado subperíodo, en el siguiente a éste o en ambos, iniciándola en el primero y terminándola en el segundo, en este último caso.
- 2º. El tiempo consumido en la realización de una determinada tarea es prácticamente igual a la duración de los subperíodos en que queda dividido el período total de planificación, situándose de forma natural sobre dos períodos parciales consecutivos.
- 3º. El tiempo de realización de una determinada tarea tiene una duración superior a la del período parcial estándar predefinido, por lo que su realización necesariamente deberá afectar a más de uno de ellos.

La correcta expresión y aprehensión en el modelo de las tres anteriores situaciones puede alcanzarse: a) mediante el desdoblamiento lineal de cada actividad de producción en dos actividades con entidad propia, una de ellas con la tarea asignada a uno de los subperíodos y la otra con la tarea asignada al subperíodo alternativo y coincidentes en todo lo demás; b) trabajando con una única actividad, pero repartiendo la demanda de factores asociada a la tarea de referencia entre los dos subperíodos en los que la misma se puede realizar.

Los problemas derivados de la existencia de tareas con períodos hábiles de realización inferiores a la de los períodos parciales predefinidos, lo consideramos poco relevante por dos razones: 1ª) el criterio de subdivisión del período total de planificación, a efectos de modelización de las operaciones laborales, puede establecerse de forma tal que la diferencia entre el período hábil más pequeño y el subperíodo estándar, sea la menor posible; 2ª) el cúmulo de restricciones y objetivos contemplados en el mo-

delo asegura un cierto grado de diversificación en la solución, con actividades que demandan los mismos recursos en los mismos períodos parciales, pudiendo así transferir el problema de la ubicación concreta de cada tarea dentro del subperíodo, al ámbito de la organización operativa, posterior en el tiempo a la planificación de las actividades.

### **Simplificaciones en relación con la calificación de la mano de obra demandada por las operaciones**

Una de las características más acusadas de la mano de obra agrícola es su polivalencia, motivada por la variedad y alternancia de las operaciones a realizar y por el hecho de que muy pocas operaciones agrarias, por no decir ninguna, son de una complejidad tal que su realización no pueda ser asimilada con rapidez mediante unas pocas lecciones<sup>134</sup>. Ello nos lleva a darle a la mano de obra un tratamiento uniforme y homogéneo, excluyendo del análisis distinciones que tengan por base éste o aquel tipo de trabajo. Existen, sin embargo, dos formas netamente diferentes de actuación de la mano de obra que sí deben ser consideradas y tratadas como tales en la modelización, pues su tratamiento no diferenciado supondría un alejamiento de la realidad difícilmente justificable. Nos referimos al trabajo manual, ayudado o no con pequeños útiles y herramientas, frente al trabajo humano que implica el manejo de máquinas autopropulsadas (tractores u otras) que requieren la posesión de conocimientos y permisos específicos.

La anterior distinción obliga a diferenciar por el lado de la oferta, entre mano de obra apta para la realización de todo tipo de trabajos (trabajadores con carnet de conducir) y mano de obra apta sólo para la realización de trabajos de tipo manual, que no implican conducción de máquinas autopropulsadas. Por el lado

---

134. Esta polivalencia no implica que en el campo no existan obreros más o menos especializados en la realización de determinadas operaciones, pero al ser éstas de temporada, el especialista no tiene oportunidad de ejercer su especialidad de forma continuada a lo largo de todo el año, razón por la que tiene también que participar en la realización de otros trabajos ajenos a la misma.

de la demanda habrá, paralelamente, que distinguir entre demanda de mano de obra en general y demanda de mano de obra en cuanto factor apto para el manejo de las máquinas autopropulsadas de necesario empleo en la producción. Esta última demanda está, por consiguiente, indisolublemente unida a la de tracción o a la de otras máquinas autopropulsadas, debiendo, en consecuencia, expresarse el equilibrio *demanda-disponibilidades* en mano de obra y máquinas autopropulsadas en forma conjunta y no en forma separada, como se hace con frecuencia en la modelización. Una forma de abordar el tema es asignando a la mano de obra el papel de factor-patrón y a la maquinaria autopropulsada el de factor-satélite, ligado al primero a través de una relación cuantitativa fija y conocida, viniendo las disponibilidades expresadas en relación al factor satélite por ser éste el auténtico elemento diferenciador. En este sentido, cuando dentro de una determinada clase de máquinas puedan distinguirse distintas categorías por sus características funcionales, la condición de equilibrio habrá que referirla a cada una de las categorías y no a la clase, pues esto último obligaría al manejo de coeficientes técnicos medios, con la consiguiente pérdida de rigor en el planteamiento. Paralelamente, habrá que proceder al desdoblamiento lineal de todas aquellas actividades de producción que impliquen el desarrollo de tareas realizables en forma alternativa por una u otra de las categorías de máquinas resultantes o a la creación de actividades de transferencia de disponibilidades entre categorías dentro de la clase, al objeto de evitar la adopción de planes de actuación que impliquen el agotamiento de las disponibilidades de un determinado recurso y la consiguiente contratación adicional del mismo, junto al excedente de otro que guarde con el primero una relación de sustituibilidad.

### **Restricciones de equilibrio *demanda-disponibilidades***

Las hipótesis de trabajo manejadas nos llevan al siguiente juego de restricciones, expresivas del equilibrio global *demanda-*

*disponibilidades* en mano de obra, tracción y otras máquinas autopropulsadas.

### 1°. Equilibrio *demanda-disponibilidades* en mano de obra total

Se deberá asegurar que la demanda global de mano de obra no exceda de las disponibilidades totales, resultado de la agregación de las horas ofertadas por el personal fijo al servicio de la empresa más las horas contratadas en concepto de mano de obra eventual, montante éste último a determinar desde dentro del modelo, a tenor de los requerimientos del plan de producción óptimo. En cada uno de los períodos parciales en que quede dividido el período total de planificación, deberá cumplirse la siguiente condición:

Demanda total de mano de obra, ligada o no al empleo de máquinas autopropulsadas  $\leq$  [Disponibilidades de mano de obra en posesión del permiso de conducir o mano de obra cualificada + Disponibilidades de mano de obra sin permiso de conducir o mano de obra no cualificada] + Contratación de mano de obra eventual no cualificada + Alquiler de tractores con conductor + Alquiler de otras máquinas autopropulsadas con conductor + Contratación de mano de obra eventual cualificada.

En términos matemáticos, tenemos:

$$\sum_g a_{gt}^{MO} X_g + \sum_{l(g)} a_{l(g)t}^{MO} X_{l(g)} + \sum_i \sum_k a_{ikt}^{MO} X_{ik} \leq D_t^{MO} X_E + X_t^{MON} + \sum_h X_{ht}^{AM} + X_t^{MOC} ; \forall t$$

en donde:

- $a_{gt}^{MO}$  : demanda total de mano de obra por la actividad ganadera g en el subperíodo t.
- $X_g$  : actividad ganadera g de carácter permanente ( $X_g = 1$ )
- $a_{l(g)t}^{MO}$  : demanda total de mano de obra en el subperíodo t, por cabeza de ganado integrante del lote l(g) en fase de ceba
- $X_{l(g)}$  : número de animales del lote de animales l(g) en fase de ceba
- $a_{ikt}^{MO}$  : demanda total de mano de obra en el subperíodo t por unidad técnica (Ha) de cultivo k sobre tierras de la clase i

- $X_{ik}$  : número de Has de cultivo k sobre tierras de la clase i  
 $D_t^{MO}$  : disponibilidades totales de mano de obra en el subperíodo t (horas)  
 $X_E$  : variable de estado ( $X_E = 1$ )  
 $X_t^{MON}$  : contratación en el subperíodo t de mano de obra eventual no cualificada  
 $X_{ht}^{AM}$  : alquiler de máquina autopropulsada h con conductor en el subperíodo t (horas)  
 $X_t^{MOC}$  : contratación en el subperíodo t de mano de obra cualificada de carácter eventual (horas).

## 2º Equilibrio *demanda-disponibilidades* de mano de obra cualificada, en cuanto factor ligado en su uso al de las distintas máquinas autopropulsadas necesarias para el desarrollo de los procesos productivos

En relación con cada una de las máquinas autopropulsadas, deberá cumplirse en cada período parcial, la siguiente condición:

*Demanda de mano de obra cualificada, ligada al empleo de la máquina autopropulsada h en el subperíodo t ≤ Disponibilidades de máquina h en el subperíodo t + Alquiler de máquina h con conductor en el subperíodo t.*

En términos matemáticos, tenemos:

$$\sum_g a_{gth}^{MOC} X_g + \sum_{l(g)} a_{l(g)th}^{MOC} X_{l(g)} + \sum_i \sum_k a_{ikth}^{MOC} X_{ik} \leq D_{th}^M X_E + X_{th}^{AM} ; \quad \forall h \wedge \forall t$$

en donde:

- $a_{gth}^{MOC}$  : demanda por la actividad ganadera g en el subperíodo t, de mano de obra cualificada ligada en su empleo al de la máquina autopropulsada h (horas)  
 $a_{l(g)th}^{MOC}$  : demanda por cabeza de ganado integrante del lote l (g) en el subperíodo t, de mano de obra cualificada ligada en su empleo al de la máquina autopropulsada h (horas)

- $a_{ikth}^{MOC}$  : demanda por unidad técnica (Ha) de cultivo k sobre tierras de la clase i, en el subperíodo t, de mano de obra cualificada ligada en su empleo al de la máquina autopropulsada h (horas)
- $D_{th}^M$  : disponibilidades en el subperíodo t de máquina autopropulsada h (horas)
- $X_{th}^{AM}$  : Alquiler de máquina autopropulsada h con conductor en el subperíodo t (horas).

Manteniendo el resto de las variables su anterior significado.

### 3° Equilibrio global *demanda-disponibilidades* en mano de obra cualificada en cuanto factor ligado al uso de máquinas autopropulsadas:

En cada período parcial deberá cumplirse la siguiente condición:

*Demanda total de mano de obra cualificada, ligada en su empleo al de máquinas autopropulsadas ≤ Disponibilidades de mano de obra cualificada + Alquiler de máquinas autopropulsadas con conductor + Contratación de mano de obra cualificada.*

En términos matemáticos, tenemos:

$$\sum_g a_{gt}^{MOC} X_g + \sum_{l(g)} a_{l(g)t}^{MOC} X_{l(g)} + \sum_i \sum_k a_{ikt}^{MOC} X_{ik} \leq D_t^{MOC} X_E + \sum_h X_{th}^{AM} + X_t^{MOC} ; \forall t$$

en donde:

- $a_{gt}^{MOC}$  : demanda por la actividad ganadera g en el subperíodo t, de mano de obra cualificada (horas)
- $a_{l(g)t}^{MOC}$  : demanda por cabeza de ganado integrante del lote l (g) en el subperíodo t, de mano de obra cualificada (horas)
- $a_{ikt}^{MOC}$  : demanda por unidad técnica (Ha) de cultivo k sobre tierras i, en el subperíodo t, de mano de obra cualificada (horas)
- $D_t^{MOC}$  : disponibilidades en el subperíodo t de mano de obra cualificada (horas)

$X_{th}^{AM}$  : Alquiler de máquina autopropulsada h con conductor en el subperíodo t (horas).

$X_t^{MOC}$  : contratación en el subperíodo t de mano de obra eventual cualificada (horas)

Manteniendo el resto de las variables su anterior significado.

## Determinación del costo anual de la mano de obra eventual

Para ello basta con una única ecuación (identidad), mediante la que se recoge y totaliza, a través de la correspondiente variable, el coste habido en el ejercicio por contratación de mano de obra adicional a la que presta sus servicios en forma fija en jornada laboral normal. El coste total será la resultante de la agregación de las horas contratadas en cada período parcial multiplicadas por los precios (coste horarios) que en cada caso corresponda, los cuales entran en el modelo en calidad de coeficientes técnicos de la variables que miden las horas adicionales de necesaria contratación para llevar a cabo el plan de producción, En términos matemáticos:

$$\sum_t C_t^{MON} \cdot X_t^{MON} + \sum_t C_t^{MOC} \cdot X_t^{MOC} = X^{CMOE}$$

en donde:

$C_t^{MON}$  : costo por hora de la mano de obra no cualificada, en el subperíodo t

$X_t^{MON}$  : contratación de mano de obra eventual no cualificada, en el subperíodo t (horas)

$C_t^{MOC}$  : costo por hora de la mano de obra cualificada, en el subperíodo t

$X_t^{MOC}$  : contratación de mano de obra eventual cualificada, en el subperíodo t (horas).

$X_t^{CMOE}$  : Costo total de la mano de obra eventual contratada en el período de planificación.

Como tendremos ocasión de ver en el ejemplo de aplicación (Apéndice VIII.A), esta partida puede estar también desagregada por subperíodos, lo que facilita la configuración de la submatriz relativa al flujo de tesorería.

### **Determinación del costo anual de alquiler de tracción y otras máquinas autopropulsadas, con conductor**

Estamos también ahora ante una única ecuación formalmente idéntica a la del bloque anterior. La diferencia está en el concepto de coste que se mide, que ahora es el originado por la contratación adicional, en concepto de alquiler, de horas de tracción y de otras máquinas automotrices. Como antes, el costo total estará formado por la agregación de los costos en que se incurre en cada período parcial. En términos matemáticos:

$$\sum_h \sum_t C_{th}^{AM} X_{th}^{AM} = X^{CTAM}$$

en donde:

$C_{th}^{AM}$  : costo por hora de alquiler de máquina autopropulsada h, en el subperíodo t

$X_{th}^{AM}$  : alquiler de máquina autopropulsada h con conductor, en el subperíodo t

$X^{CTAM}$  : costo total correspondiente al alquiler de máquinas autopropulsadas en el período de planificación.

También en este caso es posible la desagregación por subperíodos del coste total, como veremos en el ejemplo del apéndice VIII.A.

## VIII.2. RESTRICCIONES QUE RECOGEN LA PRESENCIA DE CIERTOS CONDICIONANTES QUE ACOTAN EL NIVEL DE DESARROLLO DE LOS PROCESOS

Este bloque está constituido por un conjunto de restricciones de *mayor, menor o igual*, que tiene por objeto la acotación del conjunto de soluciones posibles, introduciendo aspectos de la realidad no recogidos, por su contingencia, en otras partes de la matriz. En este sentido, cabe decir que lo que distingue a este conjunto de restricciones es la heterogeneidad de las causas que las provocan. Habrá así restricciones de base psicológica, de base legal, de mercado, técnicas e incluso estructurales, como son, por ejemplo, las que asignan valor unitario a la variable de estado  $X_E$  o a la variable compleja  $X_C$ . En planificación del período venidero inmediato, esta submatriz incluirá las limitaciones a la actuación impuestas por el plan de actuación óptimo en régimen permanente.

Las restricciones de base legal o de mercado introducen en el modelo los efectos que sobre la planificación tienen ciertos aspectos del entorno que afectan de una u otra forma a la empresa, condicionando su actuación. Nos referimos a cosas como la necesidad de contar con ciertas autorizaciones o contratos para poder desarrollar determinadas actividades de producción dentro de ciertos límites máximos o mínimos; a la existencia de límites en las líneas de crédito disponibles; a la existencia de restricciones de mercado para la venta de determinados productos o la contratación coyuntural de determinados factores, etc. La consecuencia general de todo ello es que, como ya hemos adelantado, algunas de las variables del modelo verán acotado su nivel de desarrollo y ello debe tenerse en cuenta en la modelización mediante la introducción del número pertinente de restricciones del tipo que corresponda (*menor que... mayor que... o igual que....*):

Las restricciones subjetivas reflejan ciertas limitaciones o requisitos a la actuación impuestos por el propio decisor, que traducen de alguna manera los deseos, actitudes, aptitudes y preferencias de éste. Las mismas podrán ser de *máximo*, de *mínimo* o de *igualdad* y responden a la misma estructura matemática que las institucionales, legales o de mercado, difiriendo en la causa de la restricción, que en el primer caso proviene siempre del entorno mientras que en éste encuentran su justificación en la mente del decisor, fundamentalmente en su aptitud frente al riesgo y la incertidumbre que toda decisión conlleva.

Por último, las restricciones técnicas y estructurales vendrán impuestas por ciertas características del modelo o del sistema productivo empresarial.

Cuando una misma variable o actividad vea afectado su campo de variabilidad por más de uno de los anteriores aspectos deberá considerarse sólo la influencia que resulte más restrictiva al objeto de no sobrecargar al modelo con la introducción de condiciones irrelevantes.

Las restricciones concretas podrán afectar a una única actividad lineal o a varias de ellas de manera conjunta y simultánea, siendo de esperar el predominio de las restricciones de menor o igual, lo cual no excluye las de igualdad estricta o las de mayor o igual. La forma genérica de la restricción cuando afecta a una única variable, será:

$$X_j \begin{matrix} \geq \\ \leq \end{matrix} b_i$$

y cuando la misma afecta a más de una variable:

$$\sum_j X_j \begin{matrix} \geq \\ \leq \end{matrix} b_i$$

en donde:

- j : identifica la actividad
- $X_j$  : unidades de actividad j
- $b_i$  : límite al nivel alcanzado por las actividades

### VIII.3. MEDICIÓN DE COSTES FIJOS Y DE INGRESOS EXTRAORDINARIOS

Junto a los costes e ingresos cuya cuantía total es función de la naturaleza y dimensión de las actividades desarrolladas, nos encontramos normalmente en la empresa con partidas de costes o ingresos (de explotación, atípicas o extraordinarios) cuya cuantía no depende de los valores tomados por las actividades potenciales en la solución óptima, siendo, por el contrario, de cuantía fija y conocida en el marco de la planificación del ejercicio. Su inclusión en el modelo, necesaria para la generación intramodelo de la cuenta de pérdidas y ganancias del ejercicio y la fiel modelización de los flujos de tesorería, se consigue mediante la introducción en la matriz de programación del número oportuno de restricciones de igualdad, del tipo  $X_{it} = b_i$ , siendo  $b_i$  el importe predeterminado correspondiente al concepto  $i$  (costo o ingreso) y  $X_{it}$  la variable de que nos valemos para la introducción de dicho importe en la matriz de programación, haciendo así posible que el mismo forme parte de otras restricciones que exigen su presencia para la correcta formulación, tal como ocurre, por ejemplo, con la ecuación del beneficio, a la que más adelante nos referiremos, o con el bloque de restricciones que simulan los flujos de tesorería.

Una solución alternativa para la introducción de estos costes e ingresos en el modelo consiste en tratarlos como coeficientes técnicos de la variable compleja  $X_c$ . Las dimensiones de la matriz quedan de esta forma reducidas al desaparecer las anteriores restricciones y variables, razón por la que nos inclinamos por este último procedimiento.

La cuantificación para el período total de planificación de una y otra partida, empleando para ello la variable compleja  $X_c$ , queda como sigue:

### a) Cuantificación de costes fijos totales

$$a_{ft}^{CF} X_C = X_{ft}^{CF} ; \sum_f \sum_t X_{ft}^{CF} = X^{CFT}$$

en donde:

$a_{ft}^{CF}$  : costo fijo correspondiente al concepto f, en el subperíodo t

$X_C$  : variable compleja, de valor unitario

$X_{ft}^{CF}$  : variable que mide el costo fijo por el concepto f en el subperíodo t.

$X^{CFT}$  : costo fijo total en el período de planificación

### b) Ingresos extraordinarios

$$a_{ft}^{IE} X_C = X_{ft}^{IE} ; \sum_f \sum_t X_{ft}^{IE} = X^{IET}$$

en donde:

$a_{ft}^{IE}$  : ingreso extraordinario correspondiente al concepto e, en el subperíodo t

$X_C$  : variable compleja, ya definida

$X_{ft}^{IE}$  : variable que mide el ingreso extraordinario por el concepto f en el subperíodo t.

$X^{IET}$  : Ingresos extraordinarios totales en el período de planificación.

Cuadro VIII.A.1

Matriz de Programación relativa al equilibrio *demanda-disponibilidades* en mano de obra y máquinas autopropulsadas: *un ejemplo*

RESTRICCIONES		ACTIVIDADES				Actividades producción animal		Actividades de producción Vegetal (Cultivos)				Disponibilidades de factores (Xi)	Contratación de mano de obra eventual no cualificada				Alquiler de tractores tipo I, con conductor				Alquiler de tractores tipo II, con conductor				Alquiler de Cosechadoras tipo I, con conductor				Contratación de mano de obra eventual cualificada				Costo de mano de obra eventual				Costo alquiler máquinas autopropulsadas				Segundo Miembro											
		Ganado de renta		Tierra Clase 1 (T1)		Tierra Clase 2 (T2)		Subperíodo					Subperíodo				Subperíodo				Subperíodo				Subperíodo				Subperíodo				Subperíodo				Total		Total		Signo	Valor										
		GR1	GR2					1	2	3	4		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4												
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10		X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30	X31	X32	X33	X34	X35	X36	X37	X38	X39											
F1	I	Ganado de renta	Condiciones Lógicas		GR1	1																																	=	1												
F2					GR2	1																																	=	1												
F3	II	Ocupación del suelo			TC1	1 1 1																																	≤	DT1 (Has)												
F4					TC2	1 1 1																																	≤	DT2 (Has)												
F5	III	EM- PLEO DE	MANO DE OBRA TOTAL	Subp. 1	a5,1	a5,2	a5,3	a5,4	a5,5	a5,6	a5,7	a5,8	DMO1	-1																																≤	0 (Horas)					
F6				Subp. 2	a6,1	a6,2	a6,3	a6,4	a6,5	a6,6	a6,7	a6,8	DMO2	-1																																≤	0 (Horas)					
F7				Subp. 3	a7,1	a7,2	a7,3	a7,4	a7,5	a7,6	a7,7	a7,8	DMO3	-1																															≤	0 (Horas)						
F8				Subp. 4	a8,1	a8,2	a8,3	a8,4	a8,5	a8,6	a8,7	a8,8	DMO4	-1																															≤	0 (Horas)						
F9	IV	EM- PLEO DE	MANO DE OBRA CONDUCIENDO TRACTORES TIPO I	Subp. 1	a9,3	a9,4	a9,5	a9,6	a9,7	a9,8	DT11	-1																															≤	0 (Horas)								
F10				Subp. 2	a10,3	a10,4	a10,5	a10,6	a10,7	a10,8	DT12	-1																														≤	0 (Horas)									
F11				Subp. 3	a11,3	a11,4	a11,5	a11,6	a11,7	a11,8	DT13	-1																													≤	0 (Horas)										
F12				Subp. 4	a12,3	a12,4	a12,5	a12,6	a12,7	a12,8	DT14	-1																													≤	0 (Horas)										
F13	V	EM- PLEO DE	MANO DE OBRA CONDUCIENDO TRACTORES TIPO II	Subp. 1	a13,3	a13,4	a13,5	a13,6	a13,7	a13,8	DT21	-1																														≤	0 (Horas)									
F14				Subp. 2	a14,3	a14,4	a14,5	a14,6	a14,7	a14,8	DT22	-1																												≤	0 (Horas)											
F15				Subp. 3	a15,3	a15,4	a15,5	a15,6	a15,7	a15,8	DT23	-1																												≤	0 (Horas)											
F16				Subp. 4	a16,3	a16,4	a16,5	a16,6	a16,7	a16,8	DT24	-1																												≤	0 (Horas)											
F17	VI	MANO DE OBRA Y	MANO DE OBRA CONDUCIENDO COSECHADORAS TIPO I	Subp. 1	a17,3	a17,4	a17,5	a17,6	a17,7	a17,8	DM11	-1																															≤	0 (Horas)								
F18				Subp. 2	a18,3	a18,4	a18,5	a18,6	a18,7	a18,8	DM12	-1																														≤	0 (Horas)									
F19				Subp. 3	a19,3	a19,4	a19,5	a19,6	a19,7	a19,8	DM13	-1																													≤	0 (Horas)										
F20				Subp. 4	a20,3	a20,4	a20,5	a20,6	a20,7	a20,8	DM14	-1																													≤	0 (Horas)										
F21	VII	MÁQUINAS	MANO DE OBRA CUALIFICADA TOTAL (CONDUCTORES)	Subp. 1	a21,3	a21,4	a21,5	a21,6	a21,7	a21,8	DMC1	-1																															≤	0 (Horas)								
F22				Subp. 2	a22,3	a22,4	a22,5	a22,6	a22,7	a22,8	DMC2	-1																														≤	0 (Horas)									
F23				Subp. 3	a23,3	a23,4	a23,5	a23,6	a23,7	a23,8	DMC3	-1																													≤	0 (Horas)										
F24				Subp. 4	a24,3	a24,4	a24,5	a24,6	a24,7	a24,8	DMC4	-1																													≤	0 (Horas)										
F25	VIII	AUTO- PRO- PULSADAS	COSTO MANO DE OBRA EVENTUAL	Subp. 1							CMON1																																=	0 (u.m)								
F26				Subp. 2							CMON2																																=	0 (u.m)								
F27				Subp. 3							CMON3																																=	0 (u.m)								
F28				Subp. 4							CMON4																																=	0 (u.m)								
F29			Total												CMOC1	-1																															=	0 (u.m)				
F30	IX	COSTO ALQUILER MÁQUINAS AUTOPROPULSADAS		Subp. 1											CTT11																																=	0 (u.m)				
F31				Subp. 2											CTT12																															=	0 (u.m)					
F32				Subp. 3											CTT13																														=	0 (u.m)						
F33				Subp. 4											CTT14																													=	0 (u.m)							
F34			Total																CAM11	-1																															=	0 (u.m)
F35	X	Condición lógica (Xi = Xi)																																		1 1 1 1 -1		=	1													

## Apéndice VIII.A



## **Apéndice VIII.A**

### **EL EMPLEO DE LA MANO DE OBRA Y DE LA MAQUINARIA AUTOPROPULSADA EN LAS OPERACIONES LABORALES: UN EJEMPLO**

---

---

El cuadro VIII.A.1 recoge la matriz de programación relativa al empleo de la mano de obra y la maquinaria autopropulsada en el desarrollo de los procesos productivos de nuestro ejemplo de aplicación.

En concordancia con lo anteriormente dicho, se consideran en el ejemplo los siguientes factores de producción específicos:

#### **1. Factores independientes o no ligados:**

a) Mano de obra sin permiso de conducir o no cualificada.

#### **2. Factores ligados por relaciones cuantitativas fijas y conocidas:**

a) Factor patrón:

- Mano de obra cualificada (con permiso de conducir).

b) Factores satélite:

- Tractor Tipo I.

- Tractor Tipo II.

- Cosechadora Tipo I.

La demanda de dichos factores viene motivada por el desarrollo de las siguientes actividades productivas:

### **a) Actividades de producción animal**

Ganado de Renta 1 (GR1) y Ganado de Renta 2 (GR2), ambos con dimensión fija y conocida y liberadoras de productos tipo II, exclusivamente.

### **b) Actividades de producción vegetal**

Se consideran dos clases de tierra y la posibilidad de desarrollar tres cultivos potenciales sobre cada una de ellas ( $X_3$  a  $X_8$ ).

El período de planificación se subdivide en cuatro períodos parciales, quedando referidos a ellos la demanda de factores por las actividades de producción y la oferta de los mismos, constituida por las disponibilidades de la empresa más las contrataciones adicionales, en su caso. Las disponibilidades de partida entran en el modelo en calidad de coeficientes técnicos de la variable de estado  $X_E$ , ( $X_9$  en la matriz).

Los coeficientes  $a_{ij}$  en las submatrices III a VII, miden las demandas de factores (mano de obra y maquinaria) por unidad de actividad.

Los coeficientes técnicos CMON1 a CMON4 y CMOC1 a CMOC4 de la submatriz VIII, así como CTT11 a CTT14, CTT21 a CTT24 y CAM11 a CAM14 de la submatriz IX, miden el coste unitario de los factores contratables en los distintos períodos parciales considerados en la planificación.



## Capítulo IX

**Mantenimiento del equilibrio financiero de la empresa a corto plazo. El beneficio del período y otras magnitudes contables**



## **IX.1. MANTENIMIENTO DEL EQUILIBRIO FINANCIERO A CORTO PLAZO: ADMINISTRACIÓN DE LA TESORERÍA**

Como hemos dicho páginas atrás, las operaciones realizadas por la empresa acaban traduciéndose, con mayor o menor celeridad, a un flujo monetario, dando así lugar bien a una entrada de dinero en la empresa (cobro) o a una salida (pago). Si esos cobros y esos pagos estuvieran perfectamente sincronizados y los primeros fueran en todo caso iguales o superiores a los segundos, no habría necesidad de mantener en la empresa activos monetarios ociosos a la espera de su utilización. El equilibrio financiero vendría dado de forma natural y en estas condiciones ideales el saldo de efectivo podría ser permanentemente igual a cero. Pero la realidad es que las entradas y salidas de efectivo no están sincronizadas ni los cobros son previos y superiores a los pagos de forma sistemática. Lo normal es, por el contrario, que entre entradas y salidas se presenten ciertos desfases que dan lugar a déficit de tesorería en unos períodos y a superávit en otros. Ello obliga al mantenimiento de ciertos niveles de efectivo a lo largo del tiempo, suficientes para cubrir los posibles déficits, máxime si tenemos además en cuenta el factor de incertidumbre que acompaña siempre a las operaciones de la empresa en su conjunto y que de alguna forma obliga a ésta a acrecentar el nivel de los saldos monetarios ociosos si realmente quiere estar en condiciones de poder hacer frente a pagos no previstos o que se adelantan en el tiempo en relación a las expectativas iniciales.

Bajo las anteriores circunstancias, si además se consideran como un dato las condiciones de cobro de las ventas y de pago de las compras, la gestión de los activos líquidos plantea dos tipos fundamentales de problemas: 1º) determinación de los saldos de caja mínimos a mantener en la empresa al objeto de llevar el riesgo de insolvencia técnica a corto y muy corto plazo a un nivel aceptable para el decisor y 2º) fijación de los criterios e

instrumentos concretos de cobertura de los déficit de caja en el marco del período que se planifica<sup>135</sup>. La resolución de estos problemas entendemos pasa por la introducción en el modelo de tres bloques específicos de restricciones, a saber: a) restricciones de ajuste del saldo de caja, mediante aportes complementarios de medios financieros exógenos; b) restricciones que aseguren el mantenimiento de los saldos de caja a ciertos niveles considerados aceptables; y c) restricciones que acoten por arriba o por abajo las entradas de medios financieros exógenos complementarios. Aquí sólo no ocupamos de la implementación de las restricciones relacionadas con el ajuste del saldo de caja y del cálculo del coste de la financiación ajena adicional necesaria para el mantenimiento del equilibrio financiero. La razón de ello está en que el mantenimiento, dentro de ciertos límites de los saldos de caja y de las entradas de financiación ajena, entendemos que pertenece más al conjunto de objetivos o deseos de los responsables de la decisión que al conjunto de condiciones ambientales o restricciones propiamente dichas. En consecuencia su análisis se aplaza hasta el momento en que nos ocupemos del estudio de las restricciones-meta<sup>136</sup>.

## **Restricciones de ajuste del saldo de caja y cálculo del costo de la financiación adicional necesaria**

Con las restricciones indicadas se consigue la modelización del circuito financiero de la empresa en el marco del período de planificación. Las mismas nos llevan al conocimiento de los saldos efectivos de caja al final de cada uno de los subperíodos considerados y al conocimiento de los medios financieros autó-

---

135. Las decisiones de *colocación* de los superávit coyunturales de caja no son contempladas en nuestro análisis por entender que es un tema marginal y poco relevante en problemas de planificación global en el dominio de la empresa agrícola.

136. Es verdad que las limitaciones a la entrada de medios financieros autónomos impuestas por el mercado financiero, sí son auténticas restricciones, pero las mismas están incluidas en 8.3. *Otros condicionantes a la planificación*, pues su presencia no es una constante en el dominio de la planificación financiera.

nomos necesarios para llevar los saldos de caja a los niveles deseados.

Habrá tantas restricciones como subperíodos, todas ellas de igualdad y ajustadas al siguiente formato:

Saldo de caja al inicio del período t (final del período t-1) + Entradas de efectivo en el período t, excluidas las originadas por operaciones financieras complementarias + Entradas de efectivo en el período t por operaciones financieras complementarias - Salidas de efectivo en el período t, excluidas las originadas por operaciones financieras complementarias - Salida de efectivo en el período t, asociadas a operaciones financieras complementarias = Saldo de caja al final del período t (inicio del período t + 1).

#### **a) Los saldos de caja**

En el marco de la planificación del ejercicio inmediato, el saldo de caja correspondiente al momento cero es un dato que entra en el modelo como coeficiente técnico de la variable de estado  $X_E$ . Los restantes saldos son valores a determinar.

En régimen permanente o situación estacionaria, los saldos correspondientes al inicio y al final de período de planificación deberán ser iguales y ambos, juntamente con los saldos intermedios, determinados internamente por el modelo.

#### **b) Entradas de efectivo en el período parcial t, excluidas las originadas por operaciones financieras complementarias**

Estas entradas pueden estar originadas por operaciones de la explotación o por operaciones ajenas a la explotación y extraordinarias.

Los cobros por operaciones de la explotación pueden deberse a ventas efectuadas en el propio subperíodo t, a ventas efectuadas en períodos anteriores y cobradas en t o al cobro de subvenciones a la explotación. En general, los cobros entran en la restricción correspondiente en valor unitario (por hectárea, por kilogramo, por cabeza, etc.) como coeficientes técnicos de las

variables de producción, cuando tienen su origen en subvenciones o venta de productos tipo II y III, o entran como coeficientes técnicos de las variables de venta cuando están asociados a operaciones con productos tipo IV y VI. En particular, las ventas de productos tipo II, III, IV y VI, generados por actividades de producción bloqueadas, así como las subvenciones a la producción, si las hubiera, entran en el modelo por su importe total en calidad de coeficientes técnicos de la variable compleja  $X_c$  o de las variables específicas creadas para cada actividad bloqueada. En el marco de la planificación del ejercicio venidero inmediato, pueden aparecer cobros por ventas efectuadas en ejercicios anteriores; si ello es así, éstos entrarán como coeficientes de la variable  $X_c$ .

Los cobros por operaciones ajenas a la explotación y extraordinarios tienen el carácter de dato y, si los hubiere, entrarán en calidad de coeficiente técnico de la variable creada para la inclusión del ingreso correspondiente en la matriz (véase Capítulo 8 apartado 8.3).

#### **c) Entradas de efectivo en el período parcial t por operaciones financieras complementarias**

Estas entradas tienen carácter autónomo y el doble objetivo de cubrir el déficit y llevar el saldo de caja final al nivel satisfactorio para el decisor.

Como el desequilibrio financiero a corto plazo puede estar en parte motivado por el reintegro de fondos ajenos de medio y largo plazo o, incluso, tener sus raíces en la existencia de un fondo de maniobra insuficiente, se debe contemplar la posibilidad de que estas entradas provengan tanto de fuentes de corto como de largo plazo. La elección última será función del coste de los distintos medios y de la configuración que quiera dársele a la estructura financiera de la empresa, aspecto éste del que nos ocuparemos más adelante en el momento de modelizar los objetivos a los que se supone aspira el decisor.

Por el propio carácter del modelo (orientado a la planificación global) creemos que no resulta oportuno introducir la posibilidad de elección entre fuentes alternativas de financiación dentro del corto y del largo plazo. Pensamos que es suficiente con que en el mismo quepa la posibilidad de elección entre medios de corto y de largo plazo, que sí es una cuestión relevante en la configuración de la estructura financiera empresarial.

**d) Salidas de efectivo en el período parcial t, excluidas las asociadas a operaciones financieras efectuadas en el ejercicio que se planifica**

A efectos de análisis, podríamos distinguir también ahora entre pagos corrientes, de capital, por operaciones ajenas a la explotación y extraordinarios, pero creemos que es más operativa y práctica la clasificación en *pagos asociados a variables de decisión del modelo*, y explicados por éstas, y *pagos predeterminados*, no asociados a variable de decisión alguna. Dentro de este último grupo estarían: 1º) los pagos por operaciones ajenas a la explotación y extraordinarias, 2º) los motivados por operaciones financieras efectuadas en ejercicios anteriores, 3º) los derivados del cumplimiento de compromisos ya contraídos al inicio del período a planificar, 4º) los asociados al desarrollo de actividades de producción bloqueadas y 5º, los asociados a costos fijos o predeterminados. Todos son datos para la planificación y entran en la matriz en calidad de coeficientes técnicos de las variables específicamente creadas para introducir los costos e ingresos predeterminados o en forma de coeficientes técnicos de la variable  $X_c$ .

Los pagos asociados a las variables de decisión del modelo tienen su origen en los distintos conceptos que configuran el coste variable total de explotación del período. Entran en el modelo en forma unitaria como coeficientes técnicos de las variables de producción, de compra y de contratación o alquiler

de factores, dependiendo la distribución temporal de los mismos de la fecha de la transacción o cesión de los factores a la empresa y de las condiciones de pago estipuladas.

**e) Salidas de efectivo en el período parcial t, asociadas a operaciones financieras complementarias**

Nos referimos sólo a operaciones de devolución del principal y pago de intereses de préstamos obtenidos en subperíodos anteriores a t, pero dentro del ejercicio que se planifica.

Por su mayor comodidad para la modelización y escasa o nula incidencia en el resultado, suponemos que los medios financieros adicionales necesarios en un determinado subperíodo, se devuelven, junto con los intereses, en el período parcial siguiente, volviendo a tomar un nuevo préstamo inmediatamente después de efectuar dicho reintegro.

La posibilidad de tomar a préstamo fondos de largo plazo se debe introducir sólo en el último de los subperíodos en que queda dividido el período total de planificación, pues el papel asignado a esos fondos es el de ajustar la estructura financiera de la empresa a los objetivos y no el de cubrir las necesidades coyunturales de fondos líquidos que puedan presentarse.

**f) Configuración genérica de las restricciones que modelizan la circulación financiera**

En términos matemáticos, las restricciones relativas a la tesorería adoptan la siguiente configuración:

$$X_{t-1}^{SCA} \pm \sum_d a_{dt}^{CN} X_d + \sum_f X_{ft}^{FB} - \sum_f [1 + r_{ft}] X_{f(t-1)}^{FB} - X_t^{SCA} = 0 \quad ; \forall t$$

en donde:

$X_{t-1}^{SCA}$  : Saldo de caja al final del subperíodo t-1 (comienzo del subpe-

- período t)
- $a_{dt}^{CN}$  : cobros netos (cobros brutos menos pagos) generados por unidad de actividad d, en el subperíodo t
- $X_d$  : representa a las variables de decisión del modelo de carácter no financiero (actividades reales), generadoras de cobros y/o pagos a lo largo del período de planificación
- $X_{ft}^{FB}$  : Importe de la financiación bancaria (préstamo) de la clase f, en el subperíodo t.
- $X_{f(t-1)}^{FB}$  : Importe de la financiación bancaria (préstamo) de la clase f, en el subperíodo (t-1).
- $r_{ft}$  : costo de la financiación bancaria de la clase f en el subperíodo t, por unidad monetaria y unidad de tiempo.
- $X_t^{SCA}$  : Saldo de caja al final del subperíodo t (comienzo del subperíodo t + 1).

En planificación bajo hipótesis de régimen permanente el saldo de caja al final del último subperíodo deberá ser igual al saldo de caja al comienzo del primer subperíodo, dado el carácter cíclico de la planificación.

En planificación del período venidero inmediato, el saldo de caja al inicio de subperíodo primero es un dato que entra en el modelo como coeficiente técnico de la variable de estado  $X_E$  y cuyo valor vendrá dado por el saldo de caja del balance de situación al inicio del período de planificación.

#### g) El costo de la financiación adicional necesaria

Se recoge y cuantifica mediante una única restricción de igualdad, en la que sólo intervienen las variables que miden en cada período parcial las necesidades adicionales de fondos, multiplicadas por un coeficiente técnico representativo del costo del dinero por unidad monetaria y unidad de tiempo. Así:

$$\sum_f \sum_t r_{ft} X_{ft}^{FB} = X^{CTFB}$$

en donde:

$r_{ft}$  : costo por unidad monetaria y unidad de tiempo del préstamo de la clase  $f$ , en el subperíodo  $t$

$X_{ft}^{FB}$  : Importe del préstamo de la clase  $f$  en el subperíodo  $t$

$X^{CTFB}$  : Costo total en el ejercicio de la financiación bancaria.

## IX.2. EL BENEFICIO DEL PERÍODO Y SU DISTRIBUCIÓN

### Cálculo del beneficio asociado al plan de actuación

Esta ecuación es sin duda, la de mayor contenido informativo de todo el modelo. Mediante la misma se cifra y cuantifica el beneficio del período de referencia, que es uno de los principales indicadores de la bondad del plan de actuación propuesto. En planificación del período venidero inmediato, el beneficio del ejercicio será igual a la diferencia de ingreso menos coste, más (menos) la diferencia de inventario. Es decir:

$$\text{Beneficios antes de impuestos} = \text{Ingresos por venta más otros ingresos del período} - \text{Costes del período} \pm \text{Variaciones de inventario de materias primas, productos en curso y productos terminados.}$$

En régimen permanente, los valores de las existencias correspondientes al inicio y al final del ejercicio son iguales, por hipótesis. El posible beneficio (o la posible pérdida) vendrá, por consiguiente, dado por la diferencia entre los ingresos y los costes del período, exclusivamente.

**a) Expresión matemática en planificación del período venidero inmediato**

$$\begin{aligned}
 & \left[ X^{IVV} + X^{ISV} + X^{IVG} + X^{ISG} + X^{IET} \right] \\
 & - \left[ X^{CFNA} + X^{CFA} + X^{VAGC} + X^{OCVG} + X^{CMOE} + X^{CTAM} + X^{CFT} + X^{CTFB} \right] \\
 & \pm \left[ X^{EFVC} + X^{EFVT} + X^{SFCB} + X^{SFCR} - a^{EIVP} X_E \right] \\
 & \pm \left[ a^{EFMP} X_E - a^{EIMP} X_E \right] \\
 & = X^{BAI}
 \end{aligned}$$

en donde:

- $X^{IVV}$  : Ingresos totales por venta de productos vegetales
- $X^{ISV}$  : Ingresos totales por subvenciones a la producción vegetal
- $X^{IVG}$  : Ingresos totales por venta de productos ganaderos
- $X^{ISG}$  : Ingresos totales por subvenciones a la producción ganadera
- $X^{IET}$  : Ingresos totales de carácter extraordinario
- $X^{CFNA}$  : Valor de los factores no almacenables consumidos por los cultivos
- $X^{CFA}$  : Valor de los factores almacenables (comprados) consumidos por los cultivos
- $X^{VAGC}$  : Costo total de los alimentos para el ganado comprados y consumidos
- $X^{OCVG}$  : Otros costos variables directos de la ganadería
- $X^{CMOE}$  : Costo total de la mano de obra eventual contratada
- $X^{CTAM}$  : Costo total de alquiler de máquinas autopropulsadas con conductor
- $X^{CFT}$  : Costes fijos totales de carácter no financiero
- $X^{CTFB}$  : Coste total de la financiación bancaria (costos financieros)
- $X^{EFVC}$  : Existencias finales en valor de cultivos en curso
- $X^{EFVT}$  : Existencias finales en valor de productos vegetales terminados
- $X^{SFCB}$  : Stock final en valor de animales en fase de ceba
- $X^{SFCR}$  : Stock final en valor de animales en fase de crecimiento
- $a^{EIVP}$  : Existencias iniciales en valor de productos agrícolas y ganaderos, en curso o terminados

- $a^{EIMP}$  : Existencias iniciales en valor de materias primas y otros aprovisionamientos  
 $a^{EFMP}$  : Existencias finales en valor de materias primas y otros aprovisionamientos.  
 $X_E$  : variable de estado ( $X_E = 1$ )  
 $X^{BAI}$  : Beneficio de la empresa antes de impuestos

En planificación bajo hipótesis de régimen permanente los stock iniciales y finales coinciden, por lo que pueden ser ignorados en el cálculo del beneficio del período.

## Distribución del beneficio generado

La aplicación de los resultados positivos del período supone la determinación de las partes del mismo destinadas a impuestos, dividendos y reservas. La parte destinada a impuestos depende de la cuantía de la tasa impositiva sobre beneficios, función a su vez de la forma jurídica bajo la que la empresa esté desarrollando su actividad, en tanto que la distribución del beneficio después de impuestos entre dividendos y reservas es una cuestión a resolver por el sujeto decisor, en cuanto parte de su sistema de aspiraciones y deseos.

La modelización de la distribución del beneficio antes de impuestos en los referidos tres componentes (impuestos, dividendos y reservas) se hace posible mediante la inclusión en la matriz de las siguientes tres identidades:

$$\begin{aligned}
 1^a) \quad X^{ISB} &= a_T X^{BAI} \\
 2^a) \quad X^{BDI} &= X^{BAI} - X^{ISB} \\
 3^a) \quad X^{BDI} &= X^{DIB} + X^{RES}
 \end{aligned}$$

en donde:

- $X^{ISB}$  : Impuestos sobre el beneficio en valor absoluto  
 $a_T$  : Tasa impositiva sobre el beneficio en tanto por uno  
 $X^{BDI}$  : Beneficio después de impuestos

$X^{DIV}$  : Parte del beneficio después de impuestos destinada a dividendos

$X^{RES}$  : Parte del beneficio después de impuestos destinada a Reservas

### IX.3. RELACIONES QUE DETERMINAN VALORES DE OTRAS PARTIDAS DEL BALANCE DE SITUACIÓN FINAL

El conjunto de restricciones expresivos del circuito financiero de la empresa a corto plazo aporta, entre otra información, el saldo de caja correspondiente al final del ejercicio económico. Otras ecuaciones ya vistas, llevan al conocimientos de otros saldos integrantes, junto con el de caja, del balance de situación final (existencias de productos terminados y en curso, por ejemplo). Pero quedan aún otras muchas partidas de necesaria cuantificación cuando se pretende la generación intramodelo de ese balance de situación final, punto de partida para un nuevo proceso de planificación. El objeto de este conjunto de restricciones, es precisamente ese: la generación de los saldos finales correspondientes a esas otras partidas integrantes del balance de situación final. La totalidad de estas restricciones generan y cuantifican el respectivo saldo final mediante la identidad general siguiente:

*Saldo al final del período = Saldo al inicio del período + entradas del período - Salida del período.*

Para los conceptos de activo serán *entradas* todos los cargos del período y *salidas* los abonos, ocurriendo al contrario para los conceptos de pasivo.

En la planificación del ejercicio venidero inmediato, los saldos iniciales tendrán siempre el carácter de dato fijo y conocido, entrando en el modelo como coeficientes técnicos de la variable de estado  $X_E$ . Los flujos de entrada y de salida podrán estar ligados a variables de decisión o tener carácter predeterminado.

En el primer caso entran en el modelo a nivel unitario como coeficientes técnicos de las variables pertinentes. En el otro caso son tratados como parámetros de valor fijo y conocido, incorporándose a la matriz como coeficientes técnicos de la variable compleja  $X_c$ .

En concordancia con la propuesta de balance en su momento efectuada, serán establecidas ahora ecuaciones de generación de saldos finales para todas aquellas partidas no contempladas hasta el momento en nuestras reflexiones y que son:

### **1. Deudas a favor de la empresa por operaciones de tráfico y otros valores realizables**

En esta ecuación las *entradas* representan deudas a favor de la empresa por operaciones de tráfico, coincidiendo la cuantía de las mismas con el importe de las ventas realizadas en el ejercicio y no cobradas al final del mismo.

Las *salidas*, que en este caso significan cobros, hacen referencia exclusiva al cobro de las deudas a favor de la empresa recogidas en el saldo inicial.

### **2. Existencias de materias primas y otros aprovisionamientos**

Lo único que justifica la presencia de esta ecuación es su papel de *vehículo* para la introducción del saldo inicial de materias primas y similares en la estructura del modelo a efectos de configuración del activo circulante empresarial de fin de ejercicio, pues se juega con la hipótesis de coincidencia entre los saldos correspondientes al inicio y al final del ejercicio objeto de planificación.

### 3. Inmovilizado bruto

No se considera la posibilidad de que se produzcan alteraciones en el saldo inicial por tratarse de un modelo de planificación a corto plazo, marco en el que la estructura sólida de la empresa es tratada como un dato. Como en el caso de las materias primas, lo único que justifica esta ecuación es la necesidad de introducir el valor del saldo inicial en el sistema de relaciones del modelo.

### 4. Acreedores por operaciones de tráfico

En esta ecuación, las **entradas** representan deudas de la empresa por compras a crédito, siendo su importe igual al montante de los pagos aplazados al final del ejercicio, función a su vez del volumen de la contratación y de las condiciones de pago bajo las que la misma se efectúe.

Las **salidas** hacen referencia a pagos de la deuda inicial, de donde su carácter autónomo o predeterminado.

### 5. Préstamos recibidos y otros débitos a empresas fuera del grupo

Este grupo contable recoge las transacciones relativas a operaciones financieras de corto plazo realizadas por la empresa.

En nuestro caso las **entradas** representan la cuantía de los préstamos tomados durante el ejercicio. Las salidas **hacen** referencia a reembolsos de préstamos tomados en el pasado y ya vencidos.

### 6. Hacienda Pública, Organismos de la Seguridad Social y otros acreedores de corto plazo

Se consideran **entradas** a los compromisos o expectativas de pago existentes al final del ejercicio económico a favor de la Hacienda Pública (se incluye el importe del impuesto sobre

beneficios), de los Organismos de la Seguridad Social, y de los propietarios por el montante de los dividendos aprobados y no repartidos.

Las **salidas** hacen referencia a posibles pagos de deudas a favor de los organismos y personas mencionadas, recogidas en el saldo inicial.

### **7. Recursos propios**

No se consideran más alteraciones en la cifra inicial que las que puedan provocar las retenciones de beneficios del período (entradas), que pasarían a engrosar el montante de los recursos propios incrementando el saldo inicial.

### **8. Préstamos recibidos y otros débitos a medio y largo plazo**

El capítulo de **entradas** coincide en este caso con los importes íntegros de los préstamos de largo plazo tomados durante el ejercicio.

Las **salidas** están relacionadas con posibles devoluciones de préstamos recogidos en el saldo inicial.

### **9. Amortización acumulada**

El abono de la cuota de amortización anual, que tiene el carácter de **entrada**, es el único movimiento previsto y, por consiguiente, la única causa posible de alteración del saldo inicial.

Digamos por último que, frente al desglose anterior, cabe la agregación de los conceptos de pasivo en tres masas financieras únicas: pasivo exigible a corto plazo, pasivo exigible a medio y largo plazo y recursos propios. Ello redundaría en una menor dimensión del modelo y en un menor contenido informativo del mismo, que se nos presentan como la cara y la cruz de la decisión.

En términos matemáticos, las anteriores relaciones contables se ajustan al siguiente formato general:

$$a_b^{SI} X_E + \sum_t \sum_j a_{btj}^E X_j - \sum_t \sum_j a_{btj}^S X_j = X_b^{SF} \quad ; \forall b$$

en donde:

- b : identifica las distintas partidas (cuentas) del balance
- j : identifica las variables del modelo capaces de originar aumentos (entradas) o disminuciones (salidas) en los saldos iniciales de las cuentas del balance.
- $X_j$  : variable de decisión j
- $a_{btj}^E$  : **entradas** en la cuenta b en el subperíodo t, por unidad de actividad j
- $a_{btj}^S$  : **salidas** de la cuenta b en el subperíodo t, por unidad de actividad j
- $a_b^{SI}$  : saldo al inicio del ejercicio de la cuenta b
- $X_b^{SF}$  : saldo al final del ejercicio de la cuenta b.







## Apéndice IX.A

LOS FLUJOS DE TESORERÍA Y LA CUANTIFICACIÓN DEL  
BENEFICIO Y OTRAS RÚBRICAS DEL BALANCE FINAL:

una aplicación



## Apéndice IX.A

### LOS FLUJOS DE TESORERÍA Y LA CUANTIFICACIÓN DEL BENEFICIO Y OTRAS RÚBRICAS DEL BALANCE FINAL: UNA APLICACIÓN

---

---

En este apéndice se ejemplifica la modelización de las decisiones en el subsistema financiero, cuya estrecha conexión con el resto de los subsistemas empresariales lo pone de manifiesto el hecho de que el plan financiero no sea otra cosa que la expresión financiera del plan de la empresa. Por ello, creemos oportuno incluir en la matriz de programación del ejemplo aspectos de la realidad empresarial ya modelizados, pues entendemos que para la comprensión del tema que ahora nos ocupa, tan necesario es ver la estructura específica de relaciones y variables dentro de los límites del subsistema financiero como la conexión de estas variables con variables y relaciones estructurales pertenecientes a otros subsistemas empresariales (producción, ventas, etc.). Piénsese, por ejemplo, que las corrientes de cobros y pagos, constitutivas de los flujos de tesorería, tiene su origen en dos corrientes previas de ingresos y costes, expresión a su vez del valor en unidades monetarias de los bienes liberados y de los factores consumidos en procesos productivos cuyo desarrollo constituye la razón de ser de la empresa.

La matriz de programación del ejemplo (cuadro IXA. 1) consta de 81 variables y 68 restricciones, reagrupadas en 17 subconjuntos homogéneos o submatrices, mediante las que se plasma el funcionamiento del subsistema financiero en conexión con el resto de los subsistemas empresariales. Se trabaja bajo la hipótesis de planificación del período venidero inmediato debido a su mayor poder ilustrativo del tema central del ejemplo, pero evi-

tando las repeticiones innecesarias o la prolijidad, con el consiguiente aumento (innecesario) de la complejidad y dimensiones de la matriz resultante. Procedemos a continuación a la presentación y análisis de las distintas submatrices:

1°. Las submatrices 1 a 5 recogen los entramados productivos de la empresa en los ámbitos agrícola y ganadero, ya estudiados en detalle con anterioridad. Al objeto de que las dimensiones de la matriz no vayan más allá de lo estrictamente necesario, se incluye en el razonamiento una única clase de tierra sobre la que se pueden dar sólo tres cultivos potenciales (Submatriz 1) que dan lugar a otros tantos productos no almacenables, vendibles y reempleables en alimentación del ganado (Productos Tipo III), cuya gestión queda recogida en la Submatriz 4. Por las mismas razones que para los cultivos, sólo se considera en el modelo una única clase de ganado de renta ( $X_3$ ), cuyas bajas por muerte o desvieje se cubren mediante la compra en el cuarto subperíodo de los animales necesarios y cuyas crías se venden en el momento del destete, salvo las generadas en el segundo subperíodo, para las que existe la alternativa de venta o retención en la empresa para su ceba y venta posterior (Submatriz 2). La configuración y gestión del lote de animales en fase de ceba se recoge en la Submatriz 3, admitiéndose en la configuración del lote la procedencia de animales del exterior por compra de los mismos, no habiendo para los animales al final de la fase otro destino que la venta, con la consiguiente salida de la explotación. En la Submatriz 5 se modeliza la alimentación del ganado de renta, para el que se considera a tales efectos un único estado productivo, pudiendo ser cubiertas sus necesidades por los productos A, B y C, obtenidos en la empresa o en el exterior. La alimentación del ganado de ceba se hace mediante el suministro de raciones de composición preestablecida, facilitadas a la empresa por terceros, por lo que sólo aparece en la submatriz que modeliza y cuantifica el coste de la alimentación (Submatriz 6).

2º. La submatriz 6 (filas 23 a 28) modeliza el coste de la alimentación del ganado de renta y de ceba. Los coeficientes técnicos de la variable  $X_3$  en las filas 22 a 25 miden el coste total de los alimentos comprados para el ganado de renta en cada subperíodo, incluido el costo de los alimentos suministrados a las crías antes del destete. En dichas cuatro filas, los coeficientes de las variables de compra  $X_{19}$  a  $X_{30}$  son los precios de mercado en cada subperíodo para los productos A, B y C, ingredientes potenciales de las raciones alimenticias del ganado de renta. Los coeficientes  $CUAC2$  y  $CUAC3$  de la variable  $X_8$  en las filas 26 y 27 representan el coste por cabeza de los alimentos suministrados al ganado de ceba en el segundo y tercer subperíodo, respectivamente.

3º. En la Submatriz 7 se miden las cuantías en términos monetarios de las distintas partidas integrantes del concepto *Otros costes variables directos de la ganadería*. Los coeficientes de la variable  $X_3$  en las filas 29 a 32 son los importes totales para el ganado de renta en cada subperíodo; el coeficiente  $PUR4$  de la variable  $X_6$  en la fila 32, el precio de compra del animal adulto para reposición; el coeficiente  $PUC2$  de la variable  $X_7$  en la fila 33, el precio de compra en el segundo subperíodo de las crías destetadas para su ceba en la empresa; y los coeficientes  $OCC2$  y  $OCC3$  de la variable  $X_8$  en las filas 33 y 34, otros costes variables directos por cabeza de ganado de ceba, en los subperíodos segundo y tercero, respectivamente.

4º. La Submatriz 8 recoge el consumo en valor de factores variables directos por los cultivos, particularizado para cada uno de los subperíodos en que se subdivide el ejercicio económico ( $X_{45}$ ,  $X_{46}$ ,  $X_{47}$  y  $X_{48}$ ) y para éste en su totalidad ( $X_{49}$ ). Los coeficientes técnicos  $CVA1$  a  $CVC4$  de las variables  $X_{10}$ ,  $X_{11}$  y  $X_{12}$  en las filas 36 a 39 son los consumos en valor por Ha para cada cultivo en cada subperíodo.

5º. La submatriz 9 introduce en el modelo los costes fijos empresariales, de necesaria presencia en el juego de relaciones estruc-

turales de la matriz, a efectos de: a) la determinación del beneficio b) la actualización del montante de la partida *Amortización acumulada*, c) la fiel, generación de los flujos de cobros y pagos en los subperíodos considerados, y d) la más exacta generación del saldo de Caja al final de los mismos. Dichos costes, que pueden desagregarse por conceptos tanto como se quiera, entran en la matriz como coeficientes técnicos de la variable compleja  $X_c$  ( $X_2$  en la matriz), que tiene valor unitario, como sabemos. En el ejemplo se distinguen sólo dos partidas dentro del coste fijo total: la Cuota de Amortización (*AMORT*) y Otros Costes Fijos no Financieros (*OCF*). El valor correspondiente a cada partida y el total se trasladan, mediante las pertinentes relaciones de identidad, a variables específicas ( $X_{50}$ ,  $X_{51}$  y  $X_{52}$  en el ejemplo) participando en el juego de relaciones estructurales de la matriz a través de las mismas.

6°. En la Submatriz 10 se recogen los ingresos generados por las actividades de producción vegetal, distinguiendo entre *Ingresos por ventas* e *Ingresos por subvenciones* dentro del ingreso total anual. Los coeficientes *PA3*, *PB4* y *PC3* en la fila 44 son precios de venta del producto A en el subperíodo 3, de B en el subperíodo 4, y de C en el subperíodo 3, subperíodos en que se supone que cada uno de los productos se genera y se vende, pues, como se recordará, se trata de productos no almacenables. Los coeficientes de la fila 45 (*SCA*, *SCB* y *SCC*) son las subvenciones previstas por unidad técnica (Ha.) o por volumen de producción (Kgs/Ha.).

7°. La submatriz 11 recoge los ingresos generados por las actividades ganaderas, diferenciándose también ahora entre *ventas* (fila 47) y *subvenciones* (fila 48). El coeficiente *VPGR* en la fila 47 cuantifica los ingresos totales por venta de la ganadería de renta, en los que están incluidos los ingresos por ventas de crías, efectuadas en los subperíodos primero, tercero y cuarto y los ingresos por venta de animales de desvieje, amén de los ingresos por venta de otros productos no especificados, pertenecientes al Tipo II. El coeficiente *VUCD2*, también en la fila 47,

mide los ingresos unitarios por venta de crías destetadas en el segundo subperíodo y el coeficiente *VUC3* de  $X_9$  en la misma fila, los ingresos unitarios por venta de animales cebados en el tercer subperíodo. En la fila 48, el coeficiente *SPGR* representa las subvenciones totales al ganado de renta en el ejercicio y *SUC3* (variable  $X_9$ ) el importe de la subvención por cabeza de ganado en fase de ceba.

8°. La Submatriz 12 está constituida por una única fila (fila 50), mediante la que se da entrada en la matriz a los Ingresos extraordinarios previstos para el ejercicio. Al igual que ocurre con los costes fijos, entran en la matriz como coeficientes técnicos de la variable  $X_c$ , trasladándose su valor a variables específicas ( $X_{59}$ , en nuestro caso), a través de las que participan en el entramado de relaciones estructurales del modelo.

9°. En la Submatriz 13 (filas 51 a 54) se modeliza la generación del beneficio del período (Ingresos totales menos Costes totales) así como su distribución, siendo para ello necesario la creación de cinco variables específicas ( $X_{60}$ ,  $X_{61}$ ,  $X_{62}$ ,  $X_{63}$  y  $X_{64}$ ) para la cuantificación de otros tantos conceptos, que son: Beneficio antes de impuestos, Impuestos sobre el beneficios, Beneficios después de impuesto, Dividendo activo a pagar y Reservas. Los coeficientes técnicos de esta submatriz son todos 1 ó -1 excepto  $a_{77}$  (fila 52, columna 60) que es el tipo impositivo sobre el beneficio en tanto por uno.

10°. La Submatriz 14 (Filas 55 a 61) modeliza la evolución en el ejercicio de las distintas rúbricas del balance de situación consideradas en el ejemplo. Se parte, para ello, de los saldos al inicio del ejercicio, que entran en la matriz en calidad de coeficientes técnicos de la variable de estado  $X_E$ , y se desemboca en los saldos finales (variables  $X_{75}$  a  $X_{81}$ ), como resultado de la aplicación a cada una de las partidas de la operación algebraica genérica *Saldo inicial + Entradas - Salidas = Saldo final*, en la forma que se indica:

**a) Clientes y Deudores varios (fila 55).** En el ejemplo, los incrementos del saldo inicial (SICD) son originados por el supuesto aplazamiento del cobro de las subvenciones de explotación a fecha posterior a la de cierre de ejercicio (coeficientes *SPGR*, *SUC3*, *SCA*, *SCB* y *SCC* de la fila 55). El coeficiente *-PSCD* de la variable compleja  $X_c$ , en la fila antes referida, es la parte del saldo inicial a cobrar durante el ejercicio a tenor de las condiciones de cobro supuestamente establecidas (en el límite  $PSCD = SICD$ )

**b) Amortización Acumulada (Fila 56).** El saldo final es igual al inicial más la Cuota de Amortización (*AMORT*) del ejercicio, a la que ya antes nos hemos referido al hablar de los costes fijos del período.

**c) Inmovilizado bruto (Fila 57).** El saldo final es igual al inicial, pues se supone que la estructura sólida de la empresa es un dato a corto plazo.

**d) Proveedores y Acreedores varios (Fila 58).** En el ejemplo se considera que todos los factores, consumidos durante el ejercicio en el desarrollo de los distintos procesos productivos, son comprados y pagados durante el mismo, excepto una parte de lo consumido por el ganado de renta, cuyo valor está representado por el coeficiente técnico *PAGR1* de la variable compleja  $X_c$ , excepto el importe de los factores consumidos por los cultivos a lo largo del cuarto subperíodo (coeficientes *CVA4*, *CVB4* y *CVC4*), y excepto una parte de los costes fijos, *CCF5*, expresada en tanto por uno del total anual. El coeficiente técnico negativo *PSPA* de la variable  $X_c$  es la parte del saldo inicial a pagar por la empresa durante el ejercicio a tenor de las condiciones de pago estipuladas en los contratos (en el límite  $PSPA = SIPA$ ).

**e) Administraciones Públicas (Fila 59).** La relación de las Administraciones Públicas con la empresa puede ser deudora o acreedora, si bien normalmente predomina este último carácter. Por

ello, aquí sólo consideramos la relación de las Administraciones Públicas con la empresa en su condición de entidades acreedoras de ésta, por conceptos fiscales en el caso de la Hacienda Pública y por deudas producidas como consecuencia de las prestaciones que realizan los Organismos de la Seguridad Social. Es por tanto *Administraciones Públicas* una cuenta de pasivo, representando su saldo inicial (*SIAP*, en el ejemplo) las deudas de la empresa a favor de las mismas al inicio del ejercicio. Los incrementos de dicho saldo (entradas) se suponen provocados en el ejemplo por: a) los impuestos retenidos a los trabajadores de la empresa durante el ejercicio y no ingresados al final del mismo y por las cuotas a la Seguridad Social, que corresponden a la empresa más las retenciones de cuotas prácticas al personal, no ingresadas tampoco en los organismos correspondientes al final del ejercicio. Importes hipotéticos que se suponen equivalentes al *CCF6* por uno del coste fijo total; b) el importe correspondiente al Impuesto sobre beneficios, lógicamente no pagados al cierre del ejercicio, que se introducen a través del coeficiente -1 de la Fila 59 y columna 61. El coeficiente técnico negativo *PSAP* de la variable  $X_c$ , es la parte del saldo inicial que supuestamente hay que pagar durante el ejercicio a la Hacienda Pública y a los Organismos de Seguridad Social (en el límite  $PSAP = SIAP$ ).

**f) Dividendo activo a pagar (Fila 60).** El saldo inicial de esta cuenta de pasivo viene representado por el coeficiente técnico *SIDV*, de la variable de estado  $X_E$  en la fila, siendo igual al dividendo activo del ejercicio anterior, devengado y no pagado al cierre del mismo. Dicho pago se supone será efectuado antes del final del ejercicio que se planifica, lo cual queda recogido en la matriz por el coeficiente técnico negativo *PSDV* de la variable compleja  $X_c$  ( $PSDV = SIDV$ ). La cuenta quedará en ese momento con saldo cero hasta que al final del ejercicio se le abone el nuevo dividendo activo, cuyo importe constituirá el saldo final (valor de la variable  $X_{63}$ ).

**g) Recursos propios (Fila 61).** El saldo al final del ejercicio será igual al saldo inicial (coeficiente técnico *SIRP* de la variable  $X_E$ ), más la parte del beneficio del ejercicio destinada a Reservas, representada por la variable  $X_{64}$ , no preveyéndose en el modelo reducciones en esta partida contable.

11°. La Submatriz 15 (Filas 62 a 65) expresa la circulación financiera de la empresa en el marco del ejercicio económico, subdividido a tales efectos en cuatro subperíodos trimestrales. La estructura interna de las restricciones de la submatriz y su juego interrelacionado genera el saldo de caja al final de los distintos períodos parciales (variables  $X_{71}$ ,  $X_{72}$ ,  $X_{73}$  y  $X_{74}$ ) y determina la financiación adicional necesaria ( $X_{65}$ ,  $X_{66}$ ,  $X_{67}$ ,  $X_{68}$  y  $X_{69}$ ) para llevar tales saldos a los niveles deseados y para alcanzar otros objetivos de orden financiero. Veamos que variables del modelo contribuyen a la generación de los flujos de cobros y pagos y el papel jugado por cada una de ellas:

- a) El saldo de caja al inicio del ejercicio es un dato que se incorpora a la matriz de programación en calidad de coeficiente técnico (*SICA*) de la variable de estado  $X_E$  ( $X_1$ , en el ejemplo). La variable compleja  $X_c$  ( $X_2$ , en el ejemplo) vierte cobros y pagos al circuito financiero, que tienen su origen en el cobro por la empresa de las deudas de clientes y deudores varios y en el pago por parte de la empresa de sus deudas a favor de terceros o de los propietarios, recogidas en las cuentas de pasivo *Proveedores y Acreedores varios, Administraciones Públicas y Dividendo activo a pagar*. Todo ello viene recogido en los coeficientes  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  y  $C_4$ , que potencialmente pueden representar un cobro o un pago neto, de ahí la presencia del signo  $\pm$  en la notación.
- b) La variable  $X_3$ , que simboliza la explotación del ganado de renta  $GR_1$ , vierte al circuito financiero cobros y pagos, de ahí la adscripción también ahora del signo  $\pm$  a los coefi-

cientes técnicos *GR11* a *GR14* en las filas 62 a 65, para indicar el doble significado potencial de cada uno de ellos en función del valor concreto que corresponda a la diferencia *cobros-pagos*. Los cobros provendrán de la traducción a tales de los ingresos por venta de los productos generados en el ejercicio por la ganadería (coeficiente *VPGR* en la fila 47) y los pagos de la traducción a tales de los costes generados por el consumo de factores de producción en el desarrollo del proceso productivo (coeficientes *CAG11* a *CAG14* de las filas 22 a 25 y coeficientes *OCG11* a *OCG14* de las filas 29 a 32).

- c) La venta de las crías destetadas en el subperíodo segundo, como alternativa a su transferencia interna a la fase de ceba (variable  $X_4$ ), se supone se hace bajo la modalidad de pago al contado. De ahí que el coeficiente técnico *VUCD2* de la fila 47, que mide ingresos unitarios por cabeza, volvamos a repetirlo en la fila 63 para cuantificar los cobros unitarios por cabeza, asociado a la variable  $X_4$  en el segundo subperíodo.
- d) Algo similar ocurre con la compra de animales de renuevo (variable  $X_6$ ) y con la compra de crías destetadas para su ceba en la empresa (variable  $X_7$ ): ambos actos de compra se supone que implican pagos al contado, por ello el coeficiente *PUR4* de la variable  $X_6$  (fila 32), representativo del coste de compra del animal adulto para renuevo, se lleva con signo negativo a la fila 65 y el coeficiente *PUC2* de la variable  $X_7$  (fila 33), representativo del coste de compra del animal para ceba, se lleva, también con signo negativo a la fila 63, pasando de esta manera a formar parte del circuito financiero.
- e) La ceba de corderos (variable  $X_8$ ) da lugar en los subperíodos segundo y tercero a costes por consumo de alimentos y a otros costes variables directos, cuyas cuantías por cabeza determinan el valor de los coeficientes técnicos

$CUAC2$  y  $CUAC3$  (filas 26 y 27) para la alimentación y el valor de los coeficientes  $OCC2$  y  $OCC3$  (filas 33 y 34) para otros costes variables directos. A fin de simplificar, se supone que los factores consumidos en el proceso de ceba, que dan lugar a los anteriores costes, son factores no almacenables adquiridos bajo la modalidad de pago al contado, razón por la que las corrientes reales de costos coinciden en el tiempo con las corrientes financieras (pagos). En este sentido, los coeficientes técnicos negativos  $AYOC2$  y  $AYOC3$  de las filas 63 y 64 hay que entenderlos iguales a  $CUAC2 + OCC2$  y a  $CUAC3 + OCC3$ , respectivamente.

- f) La venta de animales cebados (variable  $X_9$ ) se considera hecha bajo la modalidad de venta al contado. De ahí la coincidencia entre el coeficiente técnico representativo de los ingresos por cabeza ( $VUC3$  en la fila 47) con el que indica cobros por cabeza en la fila 64 integrante de la submatriz financiera.
- g) Los factores consumidos por los cultivos ( $X_{10}$ ,  $X_{11}$  y  $X_{12}$ ), cuyas cuantías unitarias en valor dan contenido a la Submatriz 8 ya referida, se supone son todos no almacenables y adquiridos bajo una modalidad de pago que obliga a que los factores comprados y consumidos en un subperíodo sean pagados en su integridad en el siguiente. Ello justifica la repetición en la fila 58 de los coeficientes técnicos  $CVA4$ ,  $CVB4$  y  $CVC4$  de la submatriz 8 (fila 39) y la repetición de los coeficientes  $CVA1$  a  $CVC3$  de esta última submatriz, en la Submatriz 15 (filas 63, 64 y 65), así como la ubicación de éstos dentro de ella y el signo negativo de que van afectados.
- h) La venta de los productos generados por los cultivos (variables  $X_{13}$ ,  $X_{15}$  y  $X_{17}$ ) se considera hecha bajo la modalidad de *venta al contado*. De ahí que los coeficientes  $PA3$ ,  $PB4$  y  $PC3$  de la fila 44 en la Submatriz 10, indicativos

de los precios de venta de los productos, se repitan en la Submatriz 15 (filas 64 y 65) con signo positivo.

- i) La compra de los productos A, B y C en los distintos subperíodos (variables  $X_{19}$  a  $X_{30}$ ), se considera es efectuada bajo la modalidad de pago al contado y acoplada al ritmo de consumo de tal forma que permite la atención de la demanda sin almacenamiento significativo de los mismos. Por ello, los coeficientes técnicos de las variables en la Submatriz 6, que significan precios de compra, se reproducen en la submatriz 15, pero ahora con signo negativo por su condición de *pagos*.
- j) Como ya dijimos al ocuparnos del análisis de la Submatriz 14, los coeficientes técnicos  $CCF1$ ,  $CCF2$ ,  $CCF3$  y  $CCF4$  de la variable  $X_{51}$  (*Otros costos fijos*) expresan en tanto por uno, la parte del total anual a pagar en cada uno de los subperíodo en que se divide el período total de planificación. De ahí la inclusión de dichos coeficientes en el circuito financiero (filas 62, 63, 64 y 65) con el correspondiente signo negativo.
- k) Los coeficientes técnicos de la variable  $X_{59}$  (*Ingresos extraordinarios*)  $CIEX1$ ,  $CIEX2$ ,  $CIEX3$  y  $CIEX4$ , expresan en tanto por uno la parte a cobrar de dichos ingresos en cada uno de los subperíodo en que se divide el ejercicio. De ahí la ubicación dada a estos coeficientes en el entramado de la Submatriz 15 y la justificación de su signo positivo en la misma.
- l) Las variables  $X_{65}$  a  $X_{69}$  modelizan las entradas y salidas de efectivos en cada subperíodo por operaciones financieras complementarias. En cada uno de los subperíodos en que queda subdividido el ejercicio se admite la entrada potencial de medios financieros mediante operaciones de corto plazo, medios que deben ser devueltos en su totalidad junto con sus intereses en el subperíodo siguiente. En el últi-

mo subperíodo pueden también tomarse a préstamo medios de largo plazo al objeto de llevar el valor del fondo de maniobra al nivel deseado. En el ejemplo, se considera un costo anual del 8% para los medios financieros de corto plazo, equivalente al 2% trimestral, y un costo del 10% anual para los medios de largo plazo, de ahí el valor de los coeficientes de estas variables en la fila 86 (submatriz 16), mediante la que se cuantifica el costo de la financiación ajena demandada durante el ejercicio (valor tomado en la solución por la variable  $X_{70}$ ).

12°. La submatriz 17 incorpora las condiciones lógicas ya conocidas para las variables  $X_E$  y  $X_C$  ( $X_E = 1$  y  $X_C = 1$ ).

## Capítulo X

### Las restricciones-meta y la función objetivo en programación por metas



## X.1. CONFIGURACIÓN DE LAS RESTRICCIONES-META: OBJETIVOS A SATISFACER Y NIVELES DE ASPIRACIÓN

Abordamos ahora la incorporación a la matriz del conjunto de objetivos que entendemos deben orientar la actuación en planificación de la empresa agraria, distinguiendo como ya sabemos, entre objetivos económico-financieros y objetivos económico-sociales.

### Objetivos económico-financieros

#### *Optimización del beneficio antes de impuestos*

En el marco del corto plazo, la maximización del beneficio equivale a la maximización de la rentabilidad de los recursos propios dado que, por hipótesis, estos no sufren alteración alguna a lo largo del período de planificación. Esta rentabilidad es la medida por excelencia de la bondad de la gestión en la empresa privada, pues la misma pone de manifiesto la eficacia con la que la empresa emplea y remunera los capitales puestos a su disposición.

El decisor deberá fijar, en cada caso concreto, la meta de beneficio o nivel de aspiración, asumiéndose en el modelo como objetivo la minimización de la desviación negativa sobre el nivel fijado de manera exógena al mismo, pues, parece claro que las posibles desviaciones positivas no deben ser acotadas.

En términos matemáticos, esta restricción queda como sigue:

$$X^{\text{BAI}} = M_b - y_b^- + y_b^+$$

en donde:

$X^{\text{BAI}}$  = beneficio antes de impuestos

- $M_b$  = meta de beneficios fijada o nivel de aspiración  
 $y_b^-$  = desviación negativa sobre  $M_b$ , a minimizar  
 $y_b^+$  = desviación positiva sobre  $M_b$ .

### ***Minimización del riesgo económico***

Ya ha sido justificada nuestra preferencia por la varianza frente a otros métodos o criterios de medición y valoración del riesgo derivado de la variabilidad de la renta. Pero junto a su superioridad teórica aflora también la debilidad operativa del método en su aplicación a problemas reales, debido a su incidencia negativa sobre las dimensiones de la matriz de programación resultante y, sobre todo, debido a que su utilización implica el empleo de restricciones no lineales. Ello avala nuestra preferencia por la desviación media absoluta de la renta, como instrumento de medida del riesgo económico asociado al plan de actuación, ya que, de esta manera, se mitiga el problema de la dimensión y se elude el de la no linealidad, sin pérdida apreciables de rigor científico en el planteamiento.

El **criterio de la desviación media absoluta** tiene la ventaja, además de las ya mencionadas, de su fácil incorporación a la estructura de los modelos de programación por metas, pues, para ello basta con incluir las restricciones específicas del criterio entre las restricciones-meta del modelo y añadir las desviaciones negativas y positivas a la función de logro, afectadas de los pesos o ponderaciones que se deriven de la actitud del decisor ante el riesgo.

Bajo el enfoque de la desviación media absoluta, la submatriz de restricciones-meta a construir en orden a la minimización del riesgo, adopta la siguiente configuración general:

$$\sum_j (G_{hj} - \bar{G}_j) X_j = M_{rh} + y_{rh}^+ - y_{rh}^- ; \forall h$$

en donde:

- $j$  = identifica a las actividades (cultivos y ganados) generadoras de ingresos.
- $h$  = identifica a los períodos muestrales de duración anual
- $r$  = índice para denotar el riesgo económico
- $G_{hj}$  = ingreso bruto de la actividad  $j$  en el período  $h$
- $X_j$  = actividad  $j$  (variable de decisión)
- $\bar{G}_j$  = ingreso bruto medio muestral de la actividad  $j$
- $M_{rh}$  = meta de desviación total para el período muestral  $h$  (generalmente igual a cero)
- $y_{rh}^{\pm}$  = desviación positiva o negativa sobre la meta fijada.

P.B.R. Hazell, creador del enfoque de las desviación media absoluta (modelo MOTAD), refiere su análisis pionero al caso específico de la empresa agraria e identifica el riesgo económico con la variabilidad del margen bruto asociado al plan de producción. Nosotros preferimos identificar esta clase de riesgo con la variabilidad del ingreso bruto, por ser éste la fuente principal de variabilidad de la renta en el dominio de la actividad agraria. Ello no significa que no puedan ser incorporadas otras componentes del riesgo total si así se considerara oportuno en algún caso particular, pues así lo permite la configuración de la matriz de programación propuesta.

En sus desarrollos, Hazell no contempla el caso de los productos intermedios ni distingue a nivel de modelización entre actividades de producción (generadoras del producto) y actividades de venta (de colocación de la producción). Sólo hace, por el contrario, referencia a actividades generadoras de bienes finales (vendibles), con inclusión en la definición de la actividad del proceso en su integridad, es decir, desde su inicio (siembra, destete, etc.) hasta la venta del producto final resultante. La inserción en nuestro modelo del enfoque de la desviación media absoluta obliga, por tanto, a la realización de ciertas modificaciones, adaptaciones y ampliaciones del planteamiento original, al objeto de adecuar el mismo a la realidad tal y como aquí se describe, que implica la distinción entre variables generadores del produc-

to y variables de colocación de la producción (venta y/o reemplazo). Como hilo conductor de la reflexión nos va a servir la clasificación por nosotros hecha de los productos liberados por los procesos de producción agrícolas y ganaderos, pues ello es lo que origina la necesidad de la adaptación del método de Hazell:

**A. PRODUCTOS VENDIBLES, NO ALMACENABLES Y NO REEMPLAZABLES (TIPO II)**

Cuando el proceso productivo genera productos de esta clase no tienen sentido la distinción en la modelización entre el proceso que lleva a la disponibilidad del producto y la venta de éste, dado que la misma provocaría automáticamente un incremento en el número de variables del modelo sin ventaja alguna que lo justifique. Así se ha entendido en las páginas precedentes, y por ello en los procesos liberadores de este tipo de productos, las mismas variables que llevan asociados en forma de coeficientes técnicos los consumos unitarios de factores, llevan asociado un coeficiente técnico más, expresivo del ingreso bruto unitario generado por la venta de la producción.

Definidas las actividades de esta forma, resulta de todo punto pertinente la asignación a las mismas del riesgo económico que acompaña a los procesos de producción-venta. Riesgo que, siguiendo a Hazell, estaría relacionado con el valor de las desviaciones de los ingresos unitarios muestrales respecto del ingreso medio muestral. Estas desviaciones entran a formar parte de la submatriz de riesgo en calidad de coeficientes técnicos de la actividad de producción-venta que corresponda.

La modelización del riesgo se ajusta así en todo a las propuestas originales de Hazell, por lo que nada hay que modificar, adaptar o ampliar en este caso.

## B. PRODUCTOS ALMACENABLES, VENDIBLES Y NO REEMPLABLES (TIPO IV)

Al igual que en el caso anterior, estos de ahora son productos destinados a la venta, pero con la diferencia de que la misma es posible en este caso en diferentes momentos del tiempo dentro del período de planificación. Cabe así la búsqueda del momento más adecuado para la transacción a la vista de los objetivos empresariales. Este importante aspecto de la gestión puede ser modelizado siguiendo uno u otro de los dos siguientes enfoques, que se nos presentan como alternativos: 1º definición de las actividades de producción incluyendo el criterio *momento de venta* entre las causas de diferenciación (por ejemplo, producción de trigo en tierra clase i, para venta de la producción en el período parcial t), y 2º definición de las actividades de producción sin inclusión del momento de venta entre las causas de diferenciación (producción de trigo en tierra clase i), pero creando simultáneamente las actividades de ventas pertinentes, a tenor de la subdivisión temporal practicada (venta de trigo en el subperíodo t).

La primera de las formas de modelización permite el tratamiento del riesgo por procedimientos idénticos al propuesto por Hazell en su trabajo pionero, Pero, contra lo que a primera vista pudiera parecer, su empleo en la modelización lleva a un número mucho más alto de variables que el que originaría el empleo del segundo de los procedimientos enunciados, con el consiguiente efecto negativo sobre la dimensión total de la matriz de programación. Pensemos, por ejemplo, en el proceso global de producción y venta de garbanzos en una empresa agraria con cuatro clases de tierra, aptas todas ellas para el cultivo de esta leguminosa, y que ha definido como posibles cuatro subperíodos distintos dentro del ejercicio económico para la venta de la producción. Si en la modelización se siguiera la primera de las alternativas, habría que crear dieciséis actividades, a saber 1) Producción de garbanzos en tierra clase A y venta de la producción en el subperíodo uno, 2) Producción de garbanzos en tierra clase A y venta de la producción en el subperíodo dos, ..., 15) Producción de garban-

zos en tierra clase D, con venta de la producción en el subperíodo tres, y 16) Producción de garbanzos en tierra clase D, con venta de la producción en el subperíodo cuatro. La segunda alternativa lleva, por el contrario, al manejo de tan sólo ocho variables para la correcta modelización del fenómeno (cuatro de producción y cuatro de venta), si bien hay que añadir una fila más a la matriz, que exprese la identidad entre la cantidad total de producto generada y las cantidades vendidas.

Este ahorro de variables en número nada despreciable es la principal razón que hace que nos inclinemos por el segundo de los procedimientos mencionados. Pero su empleo en situaciones bajo riesgo origina la aparición de ciertos problemas a la hora de construir la submatriz específica cuando, como ocurre ahora, la minimización del riesgo económico se asimila a minimización de la desviación media absoluta de los ingresos brutos (o del margen bruto, que para el caso es lo mismo). El problema surge por la desagregación del proceso unitario de producción-venta en procesos sucesivos de producción, entendida en sentido estricto, y de venta. Pueden distinguirse al respecto dos situaciones:

***a) El producto se genera mediante una única técnica de producción, existiendo la posibilidad de venta del producto en dos o más períodos parciales***

En este caso nos enfrentamos a un único conjunto muestral de rendimientos físicos unitarios y varios conjuntos muestrales de precios (tantos como períodos parciales de venta se hayan definido).

La modelización del riesgo no presenta ninguna dificultad: basta con determinar los conjuntos muestrales de ingresos (uno para cada conjunto de precios), calcular para cada conjunto de ingresos las desviaciones absolutas respecto del ingreso medio y asignarle a cada variable de venta el conjunto de desviaciones que le corresponda.

***b) El producto se genera mediante dos o más técnicas de producción, existiendo la posibilidad de venta del producto en dos o más períodos parciales***

Si, como hacíamos en el caso anterior, queremos también ahora asignar las desviaciones de los ingresos muestrales a las variables de venta, nos encontraremos con el inconveniente de que cada una de éstas se nos presenta relacionada con tantos conjuntos de desviaciones como técnicas de producción alternativas (variables de producción) se hayan definido. Y si queremos asignar los conjuntos de desviaciones a las variables de producción, topamos con un inconveniente similar, pues, cada una de ellas está relacionada con tantos conjuntos de desviaciones como períodos de venta se hayan definido, por corresponderle a cada uno de ellos un conjunto muestral de precios diferente. Ello obliga a una cierta simplificación de la realidad, que puede consistir bien en jugar con un conjunto promedio de producciones físicas muestrales (media de los conjuntos correspondientes a cada técnica), con lo cual desembocaremos en tantos conjuntos de desviaciones de ingresos como períodos de venta se hayan definido, o bien jugar con un conjunto promedio de precios (media de los conjuntos de precios muestrales correspondientes a cada período de venta), con lo cual desembocaremos en tantos conjuntos de desviaciones de ingresos como técnicas de producción se hayan definido. En el primer caso los conjuntos de desviaciones se asignarían a las variables de venta y en el segundo a las de producción. La preferencia por uno u otro enfoque en cada caso concreto vendrá determinada por la dispersión de los datos en el conjunto promedio de producciones físicas y en el de precios de venta, debiendo optarse por el de menor variación, como resulta fácil comprender.

**C. PRODUCTOS NO ALMACENABLES, VENDIBLES Y REEMPLAZABLES (TIPO III)**

También en la definición de las actividades de producción que generan este tipo de productos cabe una doble alternativa: definición con inclusión del criterio *destino de la producción* o

definición sin inclusión, debiendo procederse en este último caso a la creación simultánea de las variables de venta y de reemplazo pertenecientes. Por las razones ya dadas en el caso anterior, somos partidarios del empleo del segundo enfoque. Supuesto ello, la asignación del riesgo técnico (provocado por la variabilidad de la producción física) a las variables de producción y del riesgo de mercado (provocado por la variabilidad de los precios) a las variables de venta, dejando *sin riesgo* a las variables que miden el reemplazo, es algo que no repugna dentro del razonamiento lógico. Pero el camino a seguir para la descomposición del riesgo total, medido por la variabilidad de los ingresos, en las dos mencionadas componentes no está establecido ni, por supuesto, es evidente, debido a la falta de adecuación de la desviación media absoluta para tratamiento matemático. El paso por alto de los signos de las desviaciones quita, en efecto, a esta métrica carácter algebraico, hasta el punto de que no es posible establecer por procedimientos estadístico-matemáticos una relación de igualdad entre las desviaciones medias absolutas del producto de las dos variables generadoras del ingreso (producción y precios) y las desviaciones medias absolutas de cada una de ellas, cosa que si sería posible si la dispersión de los ingresos se midiera a través de la varianza.

Ante esa imposibilidad de descomposición de la desviación media absoluta de los ingresos por procedimientos matemáticos y ante la conveniencia de desagregar los procesos unitarios de *producción-venta* o *producción-reemplazo* en la forma ya vista, proponemos el siguiente método de descomposición de las desviaciones del conjunto muestral de ingresos en dos conjuntos parciales, uno de los cuales irá asociado a las variables de producción y el otro a las de venta:

Supongamos que estamos enfrentados a la modelización de la producción, bajo una determinada tecnología, del producto  $p$  perteneciente al tipo II. Se dispone del siguiente historial de producciones por hectárea y de precios de venta deflacionados para los últimos siete años:

Año	Producción por Ha. (Kgs.)	Precios de venta deflacionados
-7	2.465	9,760000
-6	1.836	9,750000
-5	2.512	9,070000
-4	2.245	9,570000
-3	1.696	9,500000
-2	1.817	10,290000
-1	3.158	9,380000
Medias	2.247	9,617143

El producto de las cantidades por los precios, nos da el siguiente historial de ingresos y las siguientes desviaciones sobre el ingreso medio muestral:

Año	Ingresos (Ptas.)	Desviación
-7	24.058	2.535
-6	17.901	-3.622
-5	22.784	1.261
-4	21.485	-38
-3	16.112	-5.411
-2	18.697	-2.824
-1	29.622	8.099
Medias	21.523	---

Si en la modelización se aplica el criterio de definir las actividades de producción sin incluir el *destino de la producción* entre las causas de diferenciación, habrá que crear tres variables: una de producción, entendida en sentido estricto ( $X_1$ ); una de venta ( $X_2$ ); y una de reemplazo ( $X_3$ ). La unidad de medida de  $X_1$  será la hectárea y la de  $X_2$  y  $X_3$  el kilogramo. Estas tres variables esta-

rán ligadas por una relación de igualdad mediante la que se expresa la necesidad de que la cantidad de producto vendido y/o reemplado sea igual a la cantidad producida. Para una producción media por hectárea de 2.247 Kgs. Deberá, por consiguiente, cumplirse la siguiente identidad:  $2.247 X_1 = X_2 + X_3$ .

Si identificamos el riesgo comercial con la variabilidad de los precios, a la variable de venta habrá que asociarle en la submatriz de riesgo el siguiente conjunto de coeficientes técnicos: 0,142857; 0,132857; -0,547143; -0,047143; -0,117143; 0,672857; -0,237143, que miden la desviación del precio anual correspondiente sobre el precio medio muestral. El producto de estos coeficientes por  $X_2$  nos dará el valor de la desviación total en cada fila de la submatriz de riesgo para cada valor concreto de  $X_2$ . Pensemos, por ejemplo, que se cultiva una sola hectárea, que se producen 2.247 Kgs y que se vende la totalidad de la producción. Las mencionadas desviaciones totales, representativas del riesgo de mercado, serían:

$$\begin{array}{rcl}
 0,142857 \times 2247 & = & 321,0 \\
 0,132857 \times 2247 & = & 298,5 \\
 -0,547143 \times 2247 & = & -1.229,4 \\
 -0,047143 \times 2247 & = & -105,9 \\
 -0,117143 \times 2247 & = & -263,2 \\
 0,672857 \times 2247 & = & 1.511,9 \\
 -0,237143 \times 2247 & = & -532,9
 \end{array}$$

Pero para poder vender es necesario producir, de manera que, además de en el riesgo comercial, se incurre en el riesgo técnico provocado por la variabilidad de los rendimientos físicos, riesgo que, en buena lógica, debe asignarse a la variable de producción. Pero inmediatamente surge la duda sobre el conjunto de coeficientes técnicos a asignar a esta variable, al objeto de que, junto con el ya asignado a la variable de venta, permita la valoración correcta del riesgo asociado al proceso en su globalidad, proponiéndose al respecto la siguiente solución:

Si la actividad de producción se hubiera definido incluyendo el criterio *destino de la producción* entre las causas de diferenciación, hubiéramos tenido que crear dos variables: *producción de  $p$  para reemplazo*  $X_1'$  y *producción de  $p$  para venta*  $X_2'$ . Bajo este enfoque, en la variable  $X_2'$  está comprendido el proceso de producción-venta en su conjunto. Por consiguiente, y en buena lógica, a esta variable habrá que asignarle en la submatriz de riesgo las desviaciones de los ingresos anuales muestrales sobre el ingreso medio muestral. Admitido lo anterior, la equivalencia entre las dos formas alternativas de modelización analizadas se consigue asignando a la variable  $X_1$  en la submatriz de riesgo, un vector de coeficientes cuyos elementos se obtienen por diferencia entre los asignados antes a  $X_2'$  y a  $X_2$ . De esta manera, si se produce y la producción se vende, las desviaciones representativas del riesgo vendrán dadas por la suma de las correspondientes a  $X_1$  y  $X_2$  (sumas en todo caso iguales a los valores correspondientes de  $X_2'$ ) y si se produce y se reemplaza ( $X_2=0$ ), las desviaciones representativas del riesgo vendrán dadas por las imputadas a la variable  $X_1$ , que sólo miden el riesgo técnico de la producción.

#### ***D. Productos vendibles, reemplazables y almacenables (Tipo VI)***

A efectos de modelización de riesgo, estos productos presentan una problemática similar a la de los productos tipo III, pero con la particularidad de que al ser ahora posible la venta y el reemplazo en distintos momentos del tiempo dentro del período de planificación anual, habrá que simplificar la realidad en la forma expuesta para los productos tipo IV, lo cual lleva al manejo de un mismo y único conjunto muestral de precios para los distintos períodos parciales en los que es posible la venta. Conjunto que será, lógicamente, el de los precios medios deflacionados de los años constitutivos del período muestral.

### ***E. Productos tipo I y tipo V***

Estamos por último, ante los casos más característicos de generación de productos intermedios, pues ahora la venta no cabe ni siquiera como alternativa al reemplazo, que es el destino asignado con carácter exclusivo a estos productos. La diferencia entre los pertenecientes a uno y otro tipo está, como sabemos, en que para los del primero no cabe la posibilidad de almacenamiento, mientras que para los del segundo sí.

En lo que atañe a los productos tipo I, la modelización es, como ya hemos visto, muy sencilla, pues sólo tenemos que crear tantas actividades de producción por producto concreto como técnicas distintas se consideren posibles en su obtención. En el caso de los productos tipo V, caben dos enfoques alternativos: definición de las actividades de producción incluyendo entre los criterios de diferenciación el momento del reemplazo (producción del producto  $p$ , según la técnica  $m$ , para reemplazo en el período parcial  $t$ ), o definición de actividades de producción en sentido estricto (producción del producto  $p$  según la técnica  $m$ ) acompañadas de las actividades de reemplazo pertinentes (como máximo, tantas como períodos parciales se hayan definido).

Para los dos tipos de productos, el riesgo a considerar será sólo el técnico, por no contemplarse la venta de los productos generados, y será asignado a las actividades de producción en exclusiva, ignorándose al respecto a las actividades de reemplazo. Para la medición de dicho riesgo consideramos pertinente el método aplicado en el caso de los productos tipo III y VI, que estima los coeficientes representativos del riesgo técnico por diferencia entre los coeficientes representativos del riesgo total y los representativos del riesgo de mercado.

Las actividades de engorde de ganado reciben el mismo tratamiento que las actividades vegetales generadoras de productos Tipo II a efectos de medición del riesgo que su desarrollo conlleva. El riesgo asociado a la explotación del ganado de renta no se

incluye en la reflexión por tener estas actividades el carácter de *bloqueadas* o de nivel predeterminado.

Como complemento y aclaración de lo hasta aquí dicho, se aportan los resultados de un caso de aplicación recogido en detalle en el apéndice 10A, en el que pueden verse las listas de variables y de restricciones así como las matrices de programación correspondientes a una hipotética situación decisional que se ha modelizado de las dos formas alternativas a que hemos venido haciendo referencia. A saber: 1º) modelización con inclusión del criterio destino de la producción en la definición de las actividades de producción (Modelo MR1), y 2º) modelización con definición de las actividades de producción en términos estrictos, acompañadas de las variables de venta y/o reemplazo pertinentes (modelo MR2). Para ambos planteamientos se ha buscado la solución óptima para el objetivo de minimización del riesgo sobre la renta, llegándose en ambos casos a la misma solución, como veremos a continuación:

### 1. Modelo MR1: Solución óptima

#### a) Variables de actividad y de desviación no negativas

$X_{12} =$	75	$y_1^- =$	8.547.354
$X_{16} =$	25	$y_2^- =$	56.465
$X_{24} =$	1	$y_3^+ =$	72.117
$X_{25} =$	1	$y_4^- =$	162.307
$X_{26} =$	300	$y_6^+ =$	506.293
$X_{32} =$	65.484	$y_7^+ =$	577.857
$X_{37} =$	84.615	$y_8^- =$	905.222

#### b) Valor de la función objetivo (nivel de riesgo):

2.242 unidades (en miles de unidades monetarias).

## 2. Modelo MR2: Solución óptima

### a) Variables de actividad y de desviación no negativas

$X_3 =$	75	$y_1^- =$	8.547.354
$X_4 =$	25	$y_2^- =$	56.465
$X_{19} =$	1	$y_3^+ =$	72.117
$X_{20} =$	1	$y_4^- =$	162.307
$X_{21} =$	300	$y_6^+ =$	506.293
$X_{27} =$	65.484	$y_7^+ =$	577.857
$X_{32} =$	84.615	$y_8^- =$	905.222

### b) Valor de la función objetivo (nivel de riesgo): 2.242 unidades (en miles de unidades monetarias).

A la vista del significado de las variables en uno y otro modelo, es claro que estamos ante soluciones idénticas: un mismo plan de actuación, un mismo margen bruto y un mismo nivel de riesgo. En detalle, esta solución única queda configurada así:

- Asignación de las 100 Has. de tierra disponible (75 Has. de tierra de buena calidad y 25 Has. de tierra de mediana calidad) al cultivo de yeros para venta de la producción.
- Explotación del ganado de renta 1 y 2 al nivel inicialmente establecido, al ser actividades *bloqueadas*.
- Venta de 300 crías destetadas, generadas por el ganado de renta 2.
- Compra de 65.470 Kgs. de habas para alimentación del ganado de renta 1.
- Compra de 84.615 Kgs. de habas para alimentación del ganado de renta 2.

- f) **Margen bruto generado:** 1.452.646 unidades monetarias (10.000.000-8.547.354).
- g) **Nivel de riesgo** medido por el valor de la función de logro: 2.242 unidades (desviación media absoluta).

**Mantenimiento dentro de límites admisibles para el decisor, del riesgo asociado a la variabilidad de las demandas unitarias y a las disponibilidades totales de recursos fijos**

Este riesgo viene provocado por las oscilaciones naturales a que se encuentran sometidos los valores de ciertos coeficientes técnicos y las disponibilidades de ciertos recursos. Las citadas oscilaciones, fuente de riesgo e incertidumbre en la planificación, suelen presentarse además en forma coligada, es decir, que coeficientes técnicos ( $a_{ij}$ ) inciertos, suelen corresponderse con disponibilidades de recursos ( $b_i$ ) también inciertas, siendo las situaciones en las que uno de los componentes es cierto y el otro incierto, bastante menos frecuentes. En el ámbito de la actividad agraria los principales casos donde se da esta clase de incertidumbre son:

- a) Consumos unitarios de mano de obra en operaciones al aire libre y disponibilidades de mano de obra para operaciones al aire libre.
- b) Consumos unitarios de tracción y maquinaria en operaciones al aire libre y disponibilidades de tracción y maquinaria para operaciones al aire libre.
- c) Consumos unitarios de agua de riego por los cultivos y disponibilidades de agua de riego.
- d) Aportes nutritivos de los productos destinados como alimentos para el ganado y disponibilidades totales de pro-

ducto, cuando éstos son producidos por la propia empresa y transferidos al ganado.

Ya hemos visto los desarrollos formales existentes para el tratamiento de la incertidumbre que afecta a  $a_{ij}$  y a  $b_i$  en los problemas de programación matemática. Desde el punto de vista teórico es de destacar la enorme complejidad de los mismos que no guarda parangón con la escasa relevancia que suele tener para el decisor esta clase de problemas a la hora de establecer el plan de actuación. Además, los enfoques más relevantes suelen implicar planteamientos no lineales cuando hay elementos  $a_{ij}$  aleatorios, con todos los problemas de orden operativo que ello conlleva y los incrementos añadidos de la dimensión. Por añadidura, todos los planteamientos incrementan de forma significativa el cuerpo de información requerida en el tratamiento empírico del problema, información que, por su naturaleza, muy raramente se encuentra disponible en la empresa agraria, debido a la escasa implantación en la misma de técnicas avanzadas de recogida de información.

Por todo lo anterior, creemos que, al menos en la actualidad, el enfoque más operativo es el que consiste en la adopción de una actitud prudente en la fijación de los valores (tendencia a la sobrevaloración en los  $a_{ij}$  y a la infravaloración en los  $b_i$ ) unida a la creación de actividades que permitan la expansión de los recursos vía alquiler o compra. Evidentemente, este enfoque no puede ser considerado enteramente satisfactorio: su justificación hay que buscarla en su ya mencionada operatividad y en que la aplicación de su filosofía en la modelización asegura la viabilidad técnica del plan resultante al no ejercer las posibles restricciones aleatorias una auténtica limitación sobre el programa.

### **Mantenimiento del equilibrio financiero de la empresa a corto y muy corto plazo**

En el ejercicio de la dirección debe siempre aspirarse a mantener a la empresa en condiciones de atender sus compromisos finan-

cieros en el marco del ejercicio económico, pues de poco sirve obtener unos beneficios satisfactorios si la situación de tesorería impide a la empresa pagar a su vencimiento las deudas contraídas o hacer frente al reparto estipulado de dividendos.

Por su estructura estática, los indicadores de liquidez convencionales, tales como el ratio de tesorería ordinaria o el ratio de tesorería inmediato, sólo son capaces de reflejar la situación existentes en un determinado momento del tiempo. Por ello resultan insuficientes como instrumentos de análisis del equilibrio financiero a corto y muy corto plazo, sobre todo cuando se trabaja con balances anuales. Pensamos, en consecuencia, que la planificación de la liquidez en horizontes de corto plazo debe basarse en conceptos flujo más bien que en conceptos stock, lo que se traduce en la adecuada sincronización de las entradas y salidas de fondos, de manera que en cualquier intervalo que se considere, las disponibilidades iniciales de fondos más las entradas sean suficientes para atender las salidas de fondos con un margen de seguridad capaz de cubrir posibles reducciones imprevistas de las entradas o incrementos imprevistos en las salidas. Esta exigencia queda cubierta con la fijación de los dos siguientes objetivos parciales conectados con la planificación del flujo financiero de corto plazo:

1º) Mantenimiento del saldo de caja al inicio de cada uno de los períodos parciales considerados, a un nivel mínimo equivalente a un determinado porcentaje de los pagos a efectuar en el subperíodo siguiente. Estos saldos mínimos serán fijados por el decisor y tendrán la consideración de metas (niveles de aspiración), con faltas de logro representadas por los valores de las variables de desviación positivas y negativas. En términos matemáticos, la presente exigencia queda expresada como sigue:

$$X_t^{SCA} = M_{ct} - y_{ct}^- + y_{ct}^+ ; \forall t$$

en donde:

- $X_t^{SCA}$  = saldo de caja al final del subperíodo t  
 $M_{ct}$  = meta fijada para el saldo de caja al final del subperíodo t  
 $y_{ct}^-$  = desviación negativa sobre la meta, a minimizar  
 $y_{ct}^+$  = desviación positiva sobre la meta

2º) Minimización del empleo de medios financieros autónomos en la búsqueda y consecución del equilibrio financiero. Con ello se persigue la existencia permanente de capacidad de endeudamiento disponible, estando así la empresa en las mejores condiciones de poder cubrir posibles necesidades adicionales de tesorería, surgidas durante la ejecución del plan. En el proceso de elección se deberá dar, por tanto, preferencia a aquellos planes de actuación cuyos desarrollos requieran menor cantidad de medios financieros autónomos. Para ello, se fijará un nivel de aspiración igual a cero a la entrada de esta categoría de medios en los distintos períodos parciales en que quede dividido el período total de planificación, planteándose en la función objetivo la minimización de las desviaciones positivas sobre los niveles de aspiración fijados. En términos matemáticos:

$$\sum_f X_{ft}^{FB} = M_{ft} + y_{ft}^+ ; \forall t$$

en donde:

- $X_{ft}^{FB}$  = medios financieros autónomos de la clase f captados en el subperíodo t (variables de decisión)  
 $M_{ft}$  = meta de empleo de medios financieros autónomos en el subperíodo t  
 $y_{ft}^+$  = desviación positiva sobre la meta, a minimizar

**Mantenimiento a medio y largo plazo de la capacidad de la empresa para hacer frente a los pagos futuros que se derivan del ciclo de explotación** (optimización del fondo de maniobra)

El principio fundamental de todas las normas financieras, con independencia de cuál sea el sistema económico en el que la empresa se encuentre inmersa, es el del mantenimiento del equilibrio financiero (medios de pago iguales o superiores a las necesidades de pago) como condición necesaria de supervivencia a largo plazo. Ello implica la existencia de una cierta correspondencia entre el grado de liquidez de las inversiones y el de exigibilidad de los recursos financieros puestos a disposición de la empresa.

Partiendo de la consideración de que las inmovilizaciones tienen un escaso grado de liquidez al convertirse en disponibilidades a través de un proceso lento de amortización, podemos decir que, en general, será conveniente vincular a la financiación de estas inversiones aquellos capitales que tienen un elevado grado de permanencia en la empresa, es decir, los recursos propios y los ajenos exigibles a medio y largo plazo, configuradores unos y otros de los denominados *recursos permanentes*. De otro lado, las inversiones en circulante podrán financiarse con recursos financieros exigibles a corto plazo en virtud de su facilidad para generar medios líquidos en plazos relativamente breves.

Pero la total financiación de la inversión en circulante mediante recursos financieros de corto plazo puede no ser aconsejable ya que, si ello es así, cualquier irregularidad en el ciclo financiero corto puede originar dificultades financieras. Por esta razón, la mayoría de los tratadistas en temas financieros consideran necesario que exista un margen de garantía: que una parte de la inversión en circulante esté financiada mediante recursos permanentes o, lo que es equivalente, que el activo circulante sea superior a las deudas a corto plazo. A la diferencia entre estas dos masas financieras es a lo que se le denomina fondo de

maniobra, métrica fundamental en la apreciación de la solvencia técnica de la empresa.

Todos tenemos que estar de acuerdo en la necesidad que tiene la empresa de contar con un fondo de maniobra adecuado, pues éste condiciona a la vez el equilibrio financiero y la rentabilidad. Sin embargo, el examen del problema, aunque sea superficial, lleva a la conclusión de que en la determinación del valor más adecuado entran en juego tanto elementos objetivos (amplitud del período de maduración, composición del activo circulante, etc.) como subjetivos, destacando al respecto la particular posición ante el riesgo de insolvencia del sujeto decisor. Por ello sería inútil creer que el fondo de maniobra óptimo puede definirse por una o varias fórmulas matemáticas indiscutibles. Sí cabe hablar al respecto de dos posiciones o valores extremos, dentro de cuyo intervalo deberá, en general, aspirarse a estar si se quiere dotar a las decisiones de coherencia y racionalidad. Estas posiciones son:

- a) Posición de máxima solvencia (no admisible desde el punto de vista de la rentabilidad).
- b) Posición de máxima rentabilidad (no admisible desde el punto de vista de la solvencia).

La primera posición se da cuando los medios de pago disponibles son en todo momento iguales o superiores al pasivo exigible a corto plazo.

La segunda posición se da cuando el pasivo exigible a corto plazo es igual al activo circulante<sup>137</sup>.

---

137. No se nos oculta que puede haber empresas con circunstancias particulares (venta de mercaderías al contado y compra de las mismas a plazo, por ejemplo) que les permiten funcionar con fondos de maniobra negativos sin riesgo por ello para su solvencia técnica, incrementando así de manera sustancial su rentabilidad financiera.

Si incluimos, para simplificar, a las cuentas deudoras y a los stocks bajo la denominación de Realizable (R), representamos por D al disponible en caja y bancos y por PC al pasivo exigible a corto plazo, tendremos dentro del intervalo definitivo:

**a) Posición de máxima solvencia:**

$$PC = D$$

$$\text{por lo tanto: } FM = (D + R) - D = R$$

es decir, todo el realizable financiado por los recursos permanentes.

**b) Posición de máxima rentabilidad financiera:**

$$PC \geq D + R$$

$$\text{por lo tanto: } FM = (D + R) - PC \leq 0$$

es decir, fondo de maniobra igual a cero o negativo.

Ni una ni otra posición son admisibles: la primera por poner en peligro la rentabilidad de la empresa y la segunda por poner en peligro la solvencia técnica de la misma. La posición ideal, por tener en cuenta simultáneamente la solvencia y la rentabilidad, es aquella en la que  $PC > D$  y  $FM < R$ . Es decir, aquella en la que una parte del Realizable está financiada por los recursos permanentes ( $R \cdot h$ ) y el resto por pasivo a corto plazo ( $R - R \cdot h$ ) siendo  $h$  un parámetro con valor entre cero y uno. La desigualdad  $FM < R$  se convierte así en la igualdad  $FM = R \cdot h$ . El valor de  $h$  depende en cada caso de las características de la empresa y de las características psicológicas del sujeto decisor, debiendo, por ello, cada empresa buscar y determinar su valor óptimo, por lo que el mismo será siempre algo exógeno al modelo y, por ende, constitutivo del conjunto total de datos a suministrar.

Fijado el valor de  $h$ , el fondo de maniobra será función exclusiva de  $R$ , cuya cuantía es determinada en forma intrínseca por el modelo. Al producto  $R \cdot h$  se le asigna en el mismo el carácter de nivel de aspiración para el valor del fondo de maniobra, debiendo

plantearse y buscarse la minimización tanto de la desviación positiva como de la desviación negativa. Lo primero por razones de rentabilidad y lo segundo por razones de solvencia.

**Optimización del fondo de maniobra: expresión matemática.**

$$\begin{aligned} & \left[ X_t^{SCA} + X_t^{SDD} + X_t^{EFVT} + X_t^{SFCB} + X_t^{SFCR} + X_t^{EMPY} + X_t^{EFVC} \right] \\ & - \left[ X_t^{SACR} + X_t^{SPRC} + X_t^{SHPY} \right] \\ & = \left[ X_t^{SDD} + X_t^{EFVT} + X_t^{SFCB} + X_t^{SFCR} + X_t^{EMPY} + X_t^{EFVC} \right] \cdot h + \left[ y_{Ft}^+ - y_{Ft}^- \right]; \forall t \end{aligned}$$

en donde:

- $X_t^{SCA}$  : Saldo de caja al final del subperíodo t
- $X_t^{SDD}$  : Deudas a favor de la empresa por operaciones de tráfico y otros valores realizables, al final del subperíodo t.
- $X_t^{EFVT}$  : Existencias en valor de productos vegetales terminados al final del subperíodo t
- $X_t^{SFCB}$  : Existencias en valor de animales en fase de ceba al final del subperíodo t
- $X_t^{SFCR}$  : Existencias en valor de animales en fase de crecimiento al final de subperíodo t
- $X_t^{EMPY}$  : Existencias en valor de materias primas y otros aprovisionamientos al final del subperíodo t
- $X_t^{EFVC}$  : Existencias en valor de productos vegetales en curso al final de subperíodo t
- $X_t^{SACR}$  : Acreedores por operaciones de tráfico al final del subperíodo t
- $X_t^{SPRC}$  : Préstamos recibidos y otros débitos a empresas fuera del grupo al final del subperíodo t
- $X_t^{SHPY}$  : Saldo de la cuenta Hacienda Pública, Organismos de la Seguridad Social y otros acreedores de corto plazo, al final de subperíodo t
- h : Un parámetro ( $0 \leq h \leq 1$ )
- $y_{Ft}^{\pm}$  : desviación positiva (negativa) sobre el nivel de aspiración fijado para el fondo de maniobra al final del subperíodo t.

## Objetivos económico-sociales

Al contrario de lo que ocurre con los objetivos hasta aquí analizados, los de ahora no tienen por qué ser una constante en la planificación, pues, los mismos, aunque frecuentes en la mente del empresario agrícola, no siempre son relevantes en el proceso de decisión.

### Minimización del empleo de mano de obra eventual y del alquiler de maquinaria autopropulsada

Lo que está realmente detrás de la minimización del empleo de mano de obra eventual es el deseo de reducir la complejidad del sistema y correlativamente la importancia de las funciones de organización y control. La aspiración de minimizar el alquiler de máquinas autopropulsadas se justifica por el deseo de reducir la dependencia exterior, asegurando así la realización de las operaciones en el momento considerado como más adecuado para ello y la mayor calidad de las labores realizadas.

La introducción de estos objetivos en el planeamiento no conlleva mayor complejidad una vez que han sido definidas las variables de contratación adicional de factores, las cuales configurarán las dos restricciones-meta asociadas a los actuales objetivos: una para la mano de obra eventual y otra para el alquiler de máquinas. En ambos casos habrá que fijar los niveles de aspiración y plantear la minimización de las desviaciones positivas sobre los niveles fijados. Éstos podrían hacerse, en principio, iguales a cero, pero consideramos son más adecuados los valores expresivos de las necesidades de contratación de uno y otro factor, originadas por el desarrollo de las actividades bloqueadas. Tales necesidades son fáciles de conocer *a priori* por ser el nivel de desarrollo de esas actividades y sus consumos unitarios de factores un dato para la planificación. Representan de hecho la contratación mínima necesaria, de ahí la pertinencia de su elección como niveles de aspiración más representativos.

**Minimización del empleo de mano de obra eventual: expresión matemática**

$$\sum_t X_t^{MOE} = M_o + y_o^+ - y_o^-$$

en donde:

$X_t^{MOE}$  : contratación de mano de obra eventual en el subperíodo t  
(horas)

$M_o$  : nivel de aspiración en contratación de mano de obra eventual  
en el período de planificación

$y_o^\pm$  : desviación positiva o negativa sobre el nivel de aspiración

**Minimización del alquiler de máquinas autopropulsadas: expresión matemática**

$$\sum_t X_t^{MA} = M_a + y_a^+ - y_a^-$$

en donde:

$X_t^{MA}$  : alquiler de máquinas autopropulsadas en el subperíodo t  
(horas)

$M_a$  : nivel de aspiración para el alquiler de máquinas autopropulsadas  
en el período total de planificación

$y_a^\pm$  : desviación positiva o negativa sobre el nivel de aspiración  
fijado

**Maximización del ingreso total**

La maximización de la producción final agraria (producción vendible agrícola y ganadera) puede constituir parte del conjunto de objetivos socio-económicos del empresario, en cuanto factor favorecedor de su imagen en la comunidad agrícola local. Visto así, este objetivo, cuando exista, tendrá una importancia muy secundaria dentro del conjunto total.

Los propios interesados son los que deben fijar el nivel de aspiración, labor en la que deberían tener en cuenta los logros históricos conseguidos. En el modelo se planteará y buscará la minimización de la desviación negativa sobre el nivel fijado.

#### *Expresión matemática*

$$X^{ITA} + X^{ITG} = M_I - y_I^- + y_I^+$$

en donde:

$X^{ITA}$  : ingresos totales agrícolas

$X^{ITG}$  : ingresos totales ganaderos

$M_I$  : meta de ingresos fijada

$y_I^-$  : desviación negativa a minimizar

$y_I^+$  : desviación positiva

### **Minimización de la estacionalidad de la demanda de mano de obra**

La consecución de este objetivo implica la estabilidad en el tiempo de la oferta de trabajo por parte de la empresa y, por ende, una cierta continuidad y estabilidad de los trabajadores eventuales en el empleo, condición necesaria para una posible expansión futura de la plantilla de trabajadores de la empresa. La minimización de la estacionalidad es también indicativo de un mejor aprovechamiento de los recursos fijos y, por consiguiente, del aumento de su productividad, al contribuir a la desaparición de las situaciones de paro encubierto o, al menos, a la atenuación de su importancia o intensidad.

Los problemas de estacionalidad son provocados ante todo y sobre todo por las actividades de producción vegetal, por lo que será en ellas en las que se centrará el análisis y a las que referiremos en exclusiva el planteamiento, que persigue la minimización de la suma de las desviaciones en la utilización de mano de

obra por parte de cada cultivo en cada uno de los subperíodos, con respecto a la utilización media resultante para cada cultivo. El nivel de aspiración podrá ser igual a cero o cualquier otro valor considerado difícil de eludir a la vista de las características del sistema de cultivos reales y potenciales. Como es conocido, la minimización de la suma de las desviaciones antes mencionadas lleva a la minimización de la desviación media absoluta y, en consecuencia, a la minimización de la estacionalidad de la mano de obra<sup>138</sup>.

### **Expresión matemática**

$$\sum_i \sum_k a_{ikt}^{MO} X_{ik} = M_{ot} + y_{ot}^+ - y_{ot}^- ; \forall t$$

en donde:

MO : Índice para la mano de obra

$X_{ik}$  : Has. de cultivo k sobre tierra de la clase i

$a_{ik}^{MO}$  : diferencia entre el consumo unitario de mano de obra en el período parcial t por el cultivo k sobre tierra clase i y el consumo unitario promedio

$M_{ot}$  : meta de consumo de mano de obra en el subperíodo t.

$y_{ot}^{\pm}$  : desviaciones positiva y negativa sobre la meta, a minimizar.

### **Acceso a unos dividendos satisfactorios, en cuanto determinantes del nivel de vida del empresario-propietario y su familia**

Detraídos los impuestos, caben para el beneficio residual (beneficio después de impuestos) dos destinos alternativos: su salida de la empresa en forma de dividendos o su retención en forma de reservas. Con el dividendo se contribuye, como ya más de una vez hemos indicado, al mantenimiento y elevación del nivel de vida del empresario y de su familia. Con las reservas se asegura la supervivencia y la capacidad de crecimiento futuro de

---

138. F. Amador, A. Barco y C. Romero, (1987).

la empresa. La asignación del beneficio a uno u otro fin se inserta dentro de la política financiera de la empresa a largo plazo, por lo que en nuestro modelo no caben los planteamientos optimizadores al respecto, dado su carácter de corto plazo. Cabe sólo presuponer la existencia de tal política y recabar como dato exógeno el nivel de aspiración para los dividendos, nivel sobre el que se intentará minimizar tanto la desviación positiva como la negativa, con el fin de no ignorar en el planteamiento la necesidad de asignar a Reservas una parte de los beneficios obtenidos en el período, contribuyendo así a la mejora de la solvencia global de la empresa y, por ende, a asegurar su supervivencia e incrementar su capacidad de crecimiento futuro.

### ***Expresión matemática***

$$X^{\text{DIV}} = M_d + y_d^+ - y_d^-$$

en donde:

$X^{\text{DIV}}$  : dividendos del período

$M_d$  : meta de dividendos en unidades monetarias.

$y_d^\pm$  : desviaciones positiva y negativa sobre la meta, a minimizar

## **X.2. LA FUNCION OBJETIVO EN PROGRAMACIÓN POR METAS**

### **Configuración general de la función objetivo**

En programación por metas, las únicas componentes de la función objetivo son las variables de desviación sobre los niveles de aspiración fijados para los distintos objetivos definidos en el modelo, variables cuyos valores se intentará minimizar bien en forma sucesiva (programación por metas lexicográficas) o bien en forma simultánea (programación por metas ponderadas). Bien entendido que sea cual sea el enfoque, se deberá tener en cuenta el hecho de la distribución de los objetivos de la empresa

por niveles en función de su importancia (estructura piramidal de los objetivos).

El tratamiento de los objetivos por niveles es algo consustancial a la programación por metas lexicográficas, pues, bajo este enfoque, la minimización de las desviaciones implica por definición el establecimiento de niveles excluyentes de prioridad para las metas y la minimización sucesiva por niveles. Es decir, primero se minimizan las desviaciones pertenecientes a metas del primer nivel, a continuación se minimizan las desviaciones pertenecientes a metas del segundo nivel en forma compatible con los valores previamente obtenidos para el primer nivel, y así sucesivamente. Por supuesto que las variables de desviación pertenecientes a un determinado nivel pueden ir afectadas por coeficientes numéricos (pesos) representativos de la importancia relativa de las metas dentro del nivel. La función objetivo adopta en este caso la siguiente configuración general:

$$\text{Minimizar } Z = [Z_1, Z_2, \dots, Z_i \dots Z_n]$$

donde  $Z_i = f_i(y^-, y^+)$ , es una función lineal de las variables de desviación pertenecientes al nivel de prioridad  $i$ .

Estamos, por tanto, ante un caso de minimización en forma sucesiva de las componentes ( $Z_i$ ) de un vector, con tantas de éstas como niveles de prioridad se hayan definido.

En programación por metas ponderadas, todas las metas se engloban simultáneamente en una función objetivo que minimiza la suma de todas las desviaciones existentes entre las metas y sus niveles de aspiración<sup>139</sup>. La función objetivo adopta bajo este enfoque la disposición general ya vista en páginas anteriores, es decir:

---

139. C. Romero T. Rehman, (1984), p. 101.

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{h=1}^H (P_h^+ y_h^+ + P_h^- y_h^-)$$

siendo:

$y_h^+$ : desviación positiva o negativa sobre el nivel de aspiración

$P_h^\pm$ : cantidades (pesos) que ponderan la importancia relativa de las metas o de las desviaciones en uno u otro sentido sobre el nivel de aspiración

H: número de metas definidas en el problema

Bajo el enfoque de programación por metas ponderadas, la importancia relativa de cada meta no cabe expresarla de otra forma que no sea a través del valor asignado a los pesos respectivos al no existir el concepto de *nivel de prioridad*, propio y específico del enfoque lexicográfico. Pero está claro que llevará a la misma solución final que la lexicográfica si, establecida la distribución de los objetivos según importancia, se elige adecuadamente el conjunto de pesos o ponderaciones al objeto de que la optimización sea de hecho excluyente según niveles de importancia. Es sólo cuestión de que las diferencias entre los pesos correspondientes a objetivos situados en distinto nivel, sean lo suficientemente grandes.

A nuestro entender, la diferencia entre uno y otro enfoque está fundamentalmente en la configuración de la función objetivo (en el primer caso es un vector y en el segundo un escalar) y en el proceso de resolución seguido. La aplicación de uno u otro procedimiento de optimización será muchas veces función de las disponibilidades de software, si bien en aquellos casos en los que la elección sea posible debe darse preferencia al enfoque lexicográfico por razones formales (mayor concordancia entre metodología y realidad empresarial) y de tipo práctico, pues este enfoque da resuelto el problema de la búsqueda de las ponderaciones adecuadas para las metas ubicadas en distintos niveles de importancia (basta con proceder al reagrupamiento de las metas según niveles de prioridad), a la vez que facilita el tratamiento matemático en aquellos casos en los que los niveles de aspira-

ción vienen cifrados en unidades de muy distinta naturaleza (pesetas, horas, etc.) o cuando los valores absolutos de estos niveles pertenecen a muy distintas órdenes de dimensión, aunque sean de la misma naturaleza, pues, normalmente, la reagrupación por niveles de aspiración conlleva la formación de subconjuntos de metas mucho más homogéneos que el conjunto total, haciendo menos frecuente la necesidad de expresar en términos porcentuales las desviaciones sobre los niveles de aspiración<sup>140</sup>.

Donde sí habrá que aplicar el máximo rigor, por su indudable repercusión sobre el resultado final, es en la distribución de los objetivos (metas) por niveles de importancia, en el establecimiento de diferencias entre las ponderaciones de las desviaciones sobre niveles de aspiración pertenecientes a un determinado nivel de prioridad y en la misma fijación de los niveles de aspiración para los objetivos. El conocimiento del negocio y la experiencia acumulada del sujeto decisor deberán ser determinantes al respecto, si bien siempre cabe el recurso al análisis de sensibilidad, introduciendo variaciones en los coeficientes de ponderación, en los valores asignados a los diferentes niveles de aspiración y, si estamos en programación lexicográfica, introduciendo cambios en la ordenación de las prioridades<sup>141</sup>.

## **La función objetivo de la empresa agraria en el contexto de la programación por metas**

La escritura de la función objetivo requiere la previa clasificación (reagrupación), según importancia, del conjunto de objetivos prefijados. Se propone al respecto la siguiente clasificación, basada en el conocimiento de lo que se considera comportamiento modal del empresario agrícola:

---

140. C. Romero y T. Rehman, (1984), pp. 101-103.

141. C. Romero y T. Rehman, (1984), pp. 103-105.

### **Niveles de importancia y objetivos dentro de cada nivel**

#### **Nivel 1º:**

- Optimización del beneficio antes de impuestos.
- Acceso a unos dividendos satisfactorios.

#### **Nivel 2º:**

- Minimización del riesgo económico.

#### **Nivel 3º:**

- Consecución del equilibrio financiero de la empresa a corto y muy corto plazo.
- Optimización del fondo de maniobra.

#### **Nivel 4º:**

- Minimización del empleo de mano de obra eventual.
- Minimización del alquiler de maquinaria de autopropulsada
- Minimización de la estacionalidad de la demanda de mano de obra.

#### **Nivel 5º:**

- Maximización del ingreso total.

Bajo el enfoque lexicográfico, la función objetivo viene dada por:

Minimizar  $Z = [Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5]$

Siendo:

$$Z_1 = P_b^- y_b^- + (P_d^+ y_d^+ + P_d^- y_d^-)$$

$$Z_2 = \sum_{h=1}^{T_m} P_{rh}^+ y_{rh}^+ + P_{rh}^- y_{rh}^-$$

$$Z_3 = \sum_{t=1}^{T_c} (P_{ct}^- y_{ct}^-) + (P_{ft}^+ y_{ft}^+) + (P_{Ft}^+ y_{Ft}^+ + P_{Ft}^- y_{Ft}^-)$$

$$Z_4 = P_o^+ y_o^+ + P_a^+ y_a^+ + \sum_{t=1}^{T_o} (P_{ot}^+ y_{ot}^+ + P_{ot}^- y_{ot}^-)$$

$$Z_5 = P_l^- y_l^-$$

en donde:

$Z_1$  : Nivel de prioridad 1

$Z_2$  : Nivel de prioridad 2

$Z_3$  : Nivel de prioridad 3

$Z_4$  : Nivel de prioridad 4

$Z_5$  : Nivel de prioridad 5

$P_b^-$  : peso asociado a la variable de desviación negativa sobre el nivel de aspiración de beneficio

$P_d^+$  : peso asociado a la variable de desviación positiva sobre el nivel de aspiración del dividendo

$P_d^-$  : peso asociado a la variable de desviación negativa sobre el nivel de aspiración del dividendo

$P_{rh}^+$  : peso asociado a la variable de desviación positiva en la medición del riesgo económico correspondiente al período muestral h

$P_{rh}^-$  : peso asociado a la variable de desviación negativa en la medición del riesgo económico correspondiente al período muestral h

$P_{ct}^-$  : peso asociado a la variable de desviación negativa sobre el nivel de aspiración del saldo de caja al final del subperíodo t

$P_{ft}^+$  : peso asociado a la variable de desviación positiva sobre el nivel de aspiración relativo a la entrada de medios financieros autónomos en el subperíodo t

$P_{Ft}^+$  : peso asociado a la variable de desviación positiva sobre el nivel de aspiración del fondo de maniobra al final de subperíodo t

$P_{Ft}^-$  : peso asociado a la variable de desviación negativa sobre el nivel de aspiración del fondo de maniobra al final de subperíodo t

$P_o^+$  : peso asociado a la variable de desviación positiva sobre el nivel de aspiración relativo a la contratación de mano de obra eventual

- $P_a^+$  : peso asociado a la variable de desviación positiva sobre el nivel de aspiración relativo a la contratación de horas de maquinaria autopropulsada
- $P_{ot}^+$  : peso asociado a la variable de desviación positiva en la minimización de la estacionalidad del empleo en el subperíodo t
- $P_{ot}^-$  : peso asociado a la variable de desviación negativa en la minimización de la estacionalidad del empleo en el subperíodo t
- $P_I^-$  : peso asociado a la variable de desviación negativa sobre el nivel de aspiración del ingresos total
- $T_m$  : tamaño muestral (años) en valoración del riesgo económico
- $T_c$  : número de períodos parciales considerados en la gestión del circulante
- $T_o$  : número de períodos parciales considerados en la gestión de la estacionalidad en el empleo (puede coincidir o no con  $T_c$ )

Las variables y parámetros restantes mantienen el significado que se les asignó en el desarrollo del tema de las restricciones-meta.

Bajo el enfoque de programación por metas ponderadas la expresión anterior se simplifica, quedando como sigue:

$$\text{Minimizar } Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5$$

Siendo:

$$P_b^-, P_d^+, \gg P_{rh}^+ \gg P_{ct}^-, P_{ft}^+, P_{ft}^+ \gg P_o^+, P_a^+, P_{ot}^+ \gg P_I^-$$

## Apéndice X.A.1



## Apéndice XA.1

### MODELIZACIÓN CON INCLUSIÓN DEL CRITERIO DESTINO DE LA PRODUCCIÓN

#### Modelo MR1

#### Lista de variables, lista de restricciones y matriz de programación

##### 1. Lista de variables

VARIABLE	ACTIVIDAD Denominación	Unidades
X <sub>1</sub>	Producción de cebada en tierra clase 1 para reemplazo en alimentación ganado renta 1	Has.
X <sub>2</sub>	Producción de cebada en tierra clase 1 para reemplazo en alimentación ganado renta 2	Has.
X <sub>3</sub>	Producción de cebada en tierra clase 1 para reemplazo en alimentación ganado de engorde	Has.
X <sub>4</sub>	Producción de cebada en tierra clase 1 para venta	Has.
X <sub>5</sub>	Producción de cebada en tierra clase 2 para reemplazo en alimentación ganado renta 1	Has.
X <sub>6</sub>	Producción de cebada en tierra clase 2 para reemplazo en alimentación ganado renta 2	Has.
X <sub>7</sub>	Producción de cebada en tierra clase 2 para reemplazo en alimentación de ganado de engorde	Has.
X <sub>8</sub>	Producción de cebada en tierra clase 2 para venta	Has.
X <sub>9</sub>	Producción de yeros en tierra clase 1 para reemplazo en alimentación ganado renta 1	Has.
X <sub>10</sub>	Producción de yeros en tierra clase 1 para reemplazo en alimentación ganado renta 2	Has.
X <sub>11</sub>	Producción de yeros en tierra clase 1 para reemplazo en alimentación de ganado de engorde	Has.
X <sub>12</sub>	Producción de yeros en tierra clase 1 para venta	Has.
X <sub>13</sub>	Producción de yeros en tierra clase 2 para reemplazo en alimentación ganado renta 1	Has.
X <sub>14</sub>	Producción de yeros en tierra clase 2 para reemplazo en alimentación ganado renta 2	Has.
X <sub>15</sub>	Producción de yeros en tierra clase 2 para reemplazo en alimentación de ganado de engorde	Has.
X <sub>16</sub>	Producción de yeros en tierra clase 2 para venta	Has.
X <sub>17</sub>	Producción de trigo en tierra clase 1 para venta	Has.
X <sub>18</sub>	Producción de heno de veza-avena en tierra clase 1 para reemplazo en alimentación ganado renta 1	Has.

## CONTINUACIÓN

X <sub>19</sub>	Producción de heno de veza-avena en tierra clase 1 para reemplazo en alimentación ganado renta 2	Has.
X <sub>20</sub>	Producción de heno de veza-avena en tierra clase 1 para reemplazo en alimentación ganado de engorde	Has.
X <sub>21</sub>	Producción de heno de veza-avena en tierra clase 2 para reemplazo en alimentación ganado renta 1	Has.
X <sub>22</sub>	Producción de heno de veza-avena en tierra clase 2 para reemplazo en alimentación ganado renta 2	Has.
X <sub>23</sub>	Producción de heno de veza-avena en tierra clase 2 para reemplazo en alimentación ganado de engorde	Has.
X <sub>24</sub>	Explotación ganado de renta 1	Rebaño
X <sub>25</sub>	Explotación ganado de renta 2	Rebaño
X <sub>26</sub>	Venta de crías destetadas ganado de renta 2	Cabezas
X <sub>27</sub>	Reemplazo (engorde) de crías destetadas ganado de renta 2	Cabezas
X <sub>28</sub>	Compra de cebada para alimentación ganado renta 1	Kgs.
X <sub>29</sub>	Compra de yeros para alimentación ganado renta 1	Kgs.
X <sub>30</sub>	Compra de heno para alimentación ganado renta 1	Kgs.
X <sub>31</sub>	Compra de maíz para alimentación ganado renta 1	Kgs.
X <sub>32</sub>	Compra de habas para alimentación ganado renta 1	Kgs.
X <sub>33</sub>	Compra de cebada para alimentación ganado renta 2	Kgs.
X <sub>34</sub>	Compra de yeros para alimentación ganado renta 2	Kgs.
X <sub>35</sub>	Compra de heno para alimentación ganado renta 2	Kgs.
X <sub>36</sub>	Compra de maíz para alimentación ganado renta 2	Kgs.
X <sub>37</sub>	Compra de habas para alimentación ganado renta 2	Kgs.
X <sub>38</sub>	Compra de cebadas para alimentación ganado de engorde	Kgs.
X <sub>39</sub>	Compra de yeros para alimentación ganado de engorde	Kgs.
X <sub>40</sub>	Compra de heno para alimentación ganado de engorde	Kgs.
		<i>Unidades</i>
$y_1^-$	Desviación negativa sobre la meta de margen bruto	<i>monetarias (u.m)</i>
$y_2^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 1	u.m.
$y_2^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 1	u.m.
$y_3^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 2	u.m.
$y_3^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 2	u.m.
$y_4^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 3	u.m.
$y_4^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 3	u.m.
$y_5^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 4	u.m.
$y_5^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 4	u.m.
$y_6^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 5	u.m.

**CONTINUACIÓN**

$y_6^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 5	u.m.
$y_7^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 6	u.m.
$y_7^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 6	u.m.
$y_8^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 7	u.m.
$y_8^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 7	u.m.

**2. Lista de restricciones**

FILA	ACTIVIDAD	
	Denominación	Unidades
F1	Equilibrio demanda-disponibilidades en tierra clase 1	Has.
F2	Equilibrio demanda-disponibilidades en tierra clase 2	Has.
F3	Equilibrio demanda-disponibilidades en mano de obra	Horas
F4	Equilibrio demanda-disponibilidades en tracción	Horas
F5	Equilibrio demanda-disponibilidades en capital circulante	u.m.
F6	Equilibrio de unidades alimenticias en alimentación ganado renta 1	U.A.
F7	Equilibrio de proteína digestible en alimentación ganado renta 1	grs.
F8	Equilibrio de materia seca en alimentación ganado renta 1	Kgs.
F9	Equilibrio de unidades alimenticias en alimentación ganado renta 2	U.A.
F10	Equilibrio de proteína digestible en alimentación ganado renta 2	grs.
F11	Equilibrio de materia seca en alimentación ganado renta 2	Kgs.
F12	Gestión (venta-reemplazo) de crías destetadas de ganado renta 2	Cabezas
F13	Equilibrio aportes-necesidades cebada en alimentación ganado engorde	Kgs.
F14	Equilibrio aportes-necesidades de yeros en alimentación ganado engorde	Kgs.
F15	Equilibrio aportes-necesidades de heno en alimentación ganado engorde	Kgs.
F16	Restricción lógica ( $X_{24} = 1$ )	Rebaño
F17	Restricción lógica ( $X_{25} = 1$ )	Rebaño
F18	Restricción-meta para el margen bruto	u.m.
F19	Restricción-meta para el riesgo económico en período muestral 1	u.m.
F20	Restricción-meta para el riesgo económico en período muestral 2	u.m.
F21	Restricción-meta para el riesgo económico en período muestral 3	u.m.
F22	Restricción-meta para el riesgo económico en período muestral 4	u.m.
F23	Restricción-meta para el riesgo económico en período muestral 5	u.m.
F24	Restricción-meta para el riesgo económico en período muestral 6	u.m.
F25	Restricción-meta para el riesgo económico en período muestral 7	u.m.

MR1

MR1 contin.







## Apéndice X.A.2



## Apéndice XA.2

### MODELIZACIÓN SIN INCLUSIÓN DEL CRITERIO DESTINO DE LA PRODUCCIÓN

#### Modelo MR2

#### Lista de actividades, lista de restricciones y matriz de programación

##### 1. Lista de actividades

VARIABLE	ACTIVIDAD Denominación	Unidades
X <sub>1</sub>	Cultivo de cebada sobre tierra clase 1	Has.
X <sub>2</sub>	Cultivo de cebada sobre tierra clase 2	Has.
X <sub>3</sub>	Cultivo de yeros sobre tierra clase 1	Has.
X <sub>4</sub>	Cultivo de yeros sobre tierra clase 2	Has.
X <sub>5</sub>	Cultivo de trigo sobre tierra clase 1	Has.
X <sub>6</sub>	Cultivo de veza-avena para heno sobre tierra clase 1	Has.
X <sub>7</sub>	Cultivo de veza-avena para heno sobre tierra clase 2	Has.
X <sub>8</sub>	Reemplazo de cebada en alimentación ganado de renta clase 1	Kgs.
X <sub>9</sub>	Reemplazo de cebada en alimentación ganado de renta clase 2	Kgs.
X <sub>10</sub>	Reemplazo de cebada en alimentación ganado de engorde	Kgs.
X <sub>11</sub>	Venta de cebada	Kgs.
X <sub>12</sub>	Reemplazo de yeros en alimentación ganado de renta clase 1	Kgs.
X <sub>13</sub>	Reemplazo de yeros en alimentación ganado de renta clase 2	Kgs.
X <sub>14</sub>	Reemplazo de yeros en alimentación ganado de engorde	Kgs.
X <sub>15</sub>	Venta de yeros	Kgs.
X <sub>16</sub>	Reemplazo de heno en alimentación ganado de renta clase 1	Kgs.
X <sub>17</sub>	Reemplazo de heno en alimentación ganado de renta clase 2	Kgs.
X <sub>18</sub>	Reemplazo de heno en alimentación ganado de engorde	Kgs.
X <sub>19</sub>	Explotación ganado de renta de la clase 1	Rebaño
X <sub>20</sub>	Explotación ganado de renta de la clase 2	Rebaño
X <sub>21</sub>	Venta de crías destetadas de ganado de renta clase 2	Cabezas
X <sub>22</sub>	Reemplazo (engorde) de crías destetadas de ganado de renta de la clase 2	Cabezas
X <sub>23</sub>	Compra de cebada para alimentación ganado de renta clase 1	Kgs.
X <sub>24</sub>	Compra de yeros para alimentación ganado de renta clase 1	Kgs.
X <sub>25</sub>	Compra de heno para alimentación ganado de renta clase 1	Kgs.
X <sub>26</sub>	Compra de maíz para alimentación ganado de renta clase 1	Kgs.
X <sub>27</sub>	Compra de habas para alimentación ganado de renta clase 1	Kgs.
X <sub>28</sub>	Compra de cebada para alimentación ganado de renta clase 2	Kgs.
X <sub>29</sub>	Compra de yeros para alimentación ganado renta clase 2	Kgs.
X <sub>30</sub>	Compra de heno para alimentación ganado renta clase 2	Kgs.

## CONTINUACIÓN

X <sub>31</sub>	Compra de maíz para alimentación ganado renta clase 2	Kgs.
X <sub>32</sub>	Compra de habas para alimentación ganado renta clase 2	Kgs.
X <sub>33</sub>	Compra de cebada para alimentación ganado de engorde clase 2	Kgs.
X <sub>34</sub>	Compra de yeros para alimentación ganado de engorde clase 2	Kgs.
X <sub>35</sub>	Compra de heno para alimentación ganado de engorde clase 2	Kgs.
$y_1^-$	Desviación negativa sobre la meta de margen bruto	u.m.
$y_2^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 1	u.m.
$y_2^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 1	u.m.
$y_3^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 2	u.m.
$y_3^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 2	u.m.
$y_4^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 3	u.m.
$y_4^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 3	u.m.
$y_5^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 4	u.m.
$y_5^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 4	u.m.
$y_6^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 5	u.m.
$y_6^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 5	u.m.
$y_7^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 6	u.m.
$y_7^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 6	u.m.
$y_8^+$	Desviación positiva en riesgo económico en el período muestral 7	u.m.
$y_8^-$	Desviación negativa en riesgo económico en el período muestral 7	u.m.

## 2. Lista de restricciones

FILA	RESTRICCIÓN Significado	Unidades
F1	Equilibrio demanda-disponibilidades en tierra clase 1	Has.
F2	Equilibrio demanda-disponibilidades en tierra clase 2	Has.
F3	Equilibrio demanda-disponibilidades en mano de obra	Horas
F4	Equilibrio demanda-disponibilidades en tracción	Horas
F5	Equilibrio demanda-disponibilidades en capital circulante	u.m.
F6	Gestión (venta-reemplazo) de la producción de cebada	Kgs.
F7	Gestión (venta-reemplazo) de la producción de yeros	Kgs.
F8	Gestión (reemplazo) de la producción de heno	Kgs.
F9	Equilibrio de unidades alimenticias en alimentación ganado de renta clase 1	U.A.

## CONTINUACIÓN

F10	Equilibrio de proteína digestible en alimentación ganado renta clase 1	grs.
F11	Equilibrio de materia seca en alimentación ganado renta clase 1	Kgs.
F12	Equilibrio de unidades alimenticias en alimentación ganado renta 2	U.A.
F13	Equilibrio de proteína digestible en alimentación ganado renta 2	grs.
F14	Equilibrio materia seca en alimentación ganado de renta 2	Kgs.
F15	Gestión (venta-reemplazo) de crías destetadas de ganado de renta 2	Cabezas
F16	Equilibrio aportes-necesidades de cebada en alimentación ganado engorde 2	Kgs.
F17	Equilibrio aportes-necesidades de yeros en alimentación ganado engorde 2	Kgs.
F18	Equilibrio aportes-necesidades de heno en alimentación ganado engorde 2	Kgs.
F19	Restricción lógica ( $X_{19} = 1$ )	Rebaño
F20	Restricción lógica ( $X_{20} = 1$ )	Rebaño
F21	Restricción-meta de margen bruto	u.m.
F22	Restricción-meta de riesgo económico en período muestral 1	u.m.
F23	Restricción-meta de riesgo económico en período muestral 2	u.m.
F24	Restricción-meta para el riesgo económico en período muestral 3	u.m.
F25	Restricción-meta para el riesgo económico en período muestral 4	u.m.
F26	Restricción-meta para el riesgo económico en período muestral 5	u.m.
F27	Restricción-meta para el riesgo económico en período muestral 6	u.m.
F28	Restricción-meta para el riesgo económico en período muestral 7	u.m.

MR2

MR2 contin.

## Capítulo XI

### Aplicación de la metodología general a un caso concreto



## XI.1. IDENTIFICACION Y CARACTERIZACIÓN SUCINTA DEL CASO DE APLICACIÓN

La metodología general de planificación ha sido aplicada en el establecimiento del plan de actuación de una empresa agraria de Castilla-La Mancha. La misma está llevada en régimen de explotación directa por el empresario-propietario que, desde el punto de vista jurídico, actúa a título de empresario individual.

Por su dimensión y complejidad, consideramos que la empresa elegida como caso de estudio constituye un excelente ejemplo, pues prácticamente ninguno de los aspectos parciales considerados en el análisis del caso general le es ajeno. Se exponen a continuación los datos más relevantes de la misma, de necesario conocimiento para la planificación.

### Balance de situación inicial

<b>A C T I V O</b>						
C O N C E P T O	Unidades	Valor (u.m.)	Secuencia esperada de cobro por trimestre (%)			
			1	2	3	4
Dinero en Caja y Bancos c/c	--	1.294.000	--	--	--	--
Deudas a favor de la empresa por operaciones de tráfico y otros valores realizables	--	1.910.000	100	--	--	--
Productos terminados: cebada	821.200 Kgs.	16.259.760	--	--	--	--
Productos terminados: heno veza-avena	182.100 Kgs.	1.821.000	--	--	--	--
Cultivos en curso: maíz grano en tierra de regadío	40 Has.	2.385.243	--	--	--	--
Corderos en fase de ceba	242 Cab.	2.105.400	--	--	--	--
Corderos en fase de crecimiento (animales de renovación)	210 Cab.	2.160.000	--	--	--	--
Materias primas y otros aprovisionamientos	--	1.155.700	--	--	--	--
Ganado de renta: ovejas y moruecos de raza manchega	2.026 Cab.	24.660.000	--	--	--	--
Otro inmovilizado bruto	--	314.720.610	--	--	--	--
<b>ACTIVO BRUTO TOTAL</b>	--	<b>369.764.170</b>	--	--	--	--

*u.m. = unidades monetarias*

## P A S I V O

C O N C E P T O	Valor (u.m.)	Secuencia esperada de pago por trimestre (%)			
		1	2	3	4
Acreedores por operaciones de tráfico	7.910.000	100	--	--	--
Préstamos recibidos y otros débitos a empresas fuera del grupo	--	--	--	--	--
Hacienda Pública, Organismos de la Seguridad Social y otros acreedores a corto plazo	139.000	100	--	--	--
Préstamos recibidos y otros débitos a medio y largo plazo	59.810.000	10,46	1,7 4	3,4 9	12, 20
Fondo de Amortización del Inmovilizado	26.043.100	--	--	--	--
Recursos Propios	275.862.070	--	--	--	--
<b>PASIVO TOTAL</b>	<b>369.764.170</b>	--	--	--	--

## Elementos configuradores de la estructura productiva

1. **Superficie Agrícola Útil:** 1.196 Has. distribuidas cómo sigue:

1.1. No ocupada

- Tierra calma de secano de buena calidad (Secano I): 284 Has.
- Tierra calma de secano de mediana calidad (Secano II): 495 Has.
- Tierra calma de regadío (Regadío I): 166 Has.

1.2. Ocupada

- Erial a pastos: 210 Has.
- Viñedo en plena producción: 41 Has.

2. **Ganado de renta:** 2.026 cabezas de ganado ovino (1968 hembras y 58 moruecos) de raza manchega, orientado hacia la producción de leche y carne.

**3. Capital mecánico: elementos de tracción y maquinaria autopropulsada:**

- Tractores de 120-130 C.V. (Tractores Tipo 1): Dos unidades
- Tractores de 70 C.V. (Tractores Tipo II): Cuatro unidades
- Cosechadora autopropulsada de 4,8 mts.: Una unidad

**4. Construcciones para el alojamiento del ganado:** se dispone de las necesarias para el adecuado alojamiento del ganado de renta junto con sus crías, más 1.000 m<sup>2</sup> acondicionados para el alojamiento de corderos en fase de ceba, suficientes para 2.000 cabezas en estabulación simultánea.

**5. Construcciones para almacenamiento de productos vegetales terminados:**

Granos (cereales y leguminosas)	2.100 m <sup>3</sup>
Henos	2.500 m <sup>3</sup>
Ensilaje	580 m <sup>3</sup>

**6. Agua de riego:** las disponibilidades en los trimestres tercero y cuarto ascienden a un total de 1.664.000 m<sup>3</sup>, distribuidos como sigue: 994.000 m<sup>3</sup> en el tercero y 670 m<sup>3</sup> en el cuarto.

**7. Activo circulante: existencias en unidades físicas**

a) Existencias de cebada	821.000 Kgs.
b) Existencias de heno de veza-avena	182.100 Kgs.
c) Cultivos en curso	54 Has.
- Remolacha azucarera	14 Has.
- Maíz grano	40 Has.
d) Corderos en fase de ceba	242 Cab.
e) Corderos en fase de crecimiento	210 Cab.

**8. Mano de obra** para la realización de las operaciones de producción, transporte y almacenamiento:

- Mano de obra afecta a la sección agrícola: cinco tractoristas.
- Mano de obra afecta a la sección ganadera: un mayoral y dos ayudantes.
- Mano de obra mixta: tres peones.

El conocimiento de las condiciones de trabajo y del calendario laboral, permite el cálculo de las disponibilidades de mano de obra en horas en los distintos meses del año para la realización de las tareas agrícolas y ganaderas.

## **Sistema de manejo y explotación del ganado**

### **Mantenimiento de la capacidad productiva de la ganadería de renta**

El porcentaje anual de renovación de animales adultos está fijado en el 18% de los efectivos para reproductores hembras y en el 25% para reproductores machos.

Por política empresarial, la renovación se efectúa exclusivamente con animales de la propia empresa, quedando así excluida la compra de animales para este fin, salvo en casos esporádicos no representativos.

Para atender las necesidades de renovación se retienen cada año unas 400 cabezas al final de la fase de ceba. Esta cantidad se sitúa por encima de las necesidades al objeto de prevenir posibles bajas por muerte y para que sea posible una última selección al final de la fase de crecimiento, en cuyo momento son vendidos los animales de renuevo sobrantes. Dicha retención se efectúa en los trimestres agrícolas segundo y tercero, por iguales partes, procediéndose a la renovación en el trimestre cuarto con los animales retenidos en el segundo, y en el trimestre primero con los animales retenidos en el tercer trimestre del ejercicio anterior.

Las características del proceso de renovación antes descrito, unidas a la duración de la fase de crecimiento (alrededor de seis meses), dan lugar a las siguientes existencias medias de animales en fase de crecimiento en los distintos períodos parciales considerados en la modelización: 200 cabezas en el primer y tercer trimestre y 400 cabezas en el cuarto.

### Clasificación de los reproductores adultos en función del estado productivo con indicación de las existencias medias de cada clase en cada subperíodo

CLASE DE ANIMALES	Código de identificación	Existencias medias trimestrales (cabezas)			
		1°	2°	3°	4°
Ovejas secas (vacías o en primera etapa de la gestación)	OVEJAS 1	670	670	670	670
Ovejas secas (en segunda etapa de la gestación)	OVEJAS 2	225	225	225	225
Ovejas en lactación amamantando corderos (vacías o en primera etapa de la gestación)	OVEJAS 3	254	254	254	254
Ovejas en lactación no amamantando corderos (vacías o en primera etapa de la gestación)	OVEJAS 4	594	594	594	594
Ovejas en lactación (en segunda etapa de la gestación)	OVEJAS 5	225	225	225	225
Moruecos	MORUECOS	58	58	58	58

### Necesidades alimenticias de la ganadería de renta y flujos de productos generado

Las necesidades alimenticias son:

CLASE DE ANIMALES	NECESIDADES ALIMENTICIAS (cabeza/día)		
	Unidades Alimenticias	Proteína digestible (grs).	Materia seca (Kgs).
OVEJAS 1	0,75	95	1,70
OVEJAS 2	1,00	115	1,85
OVEJAS 3	1,35	145	1,95
OVEJAS 4	1,35	145	1,95
OVEJAS 5	1,60	160	2,05

Las necesidades alimenticias de un animal en fase de crecimien-

to con edad comprendida entre tres y seis meses (RENUEVO1) se consideran equivalentes al 60% de las correspondientes a una oveja en lactación amamantando corderos (OVEJAS 3), las de un animal en fase de crecimiento con edad superior a seis meses (RENUEVO2) se consideran equivalentes al 70% de las de una oveja en lactación amamantando corderos, y las de un morueco equivalentes al 125% de las de una oveja seca, vacía o en primera fase de la gestación (OVEJAS 1). Las necesidades alimenticias totales correspondientes a cada categoría de animales dentro de cada subperíodo se obtienen multiplicando las necesidades unitarias por los efectivos existentes. Los corderos en fase de ceba se alimentan mediante raciones de composición preestablecida adquiridas en el exterior.

El sistema de explotación (estabulación total o semiestabulación) varía en función de la clase: las clases OVEJAS2, OVEJAS5 y RENUEVO1 se llevan bajo el sistema de estabulación total, siguiéndose el régimen de semiestabulación con las clases restantes. Ello influye, evidentemente, en la configuración del conjunto de productos que pueden potencialmente formar parte de la alimentación de cada clase de ganado.

En el cuadro que sigue puede verse el flujo de productos que se espera genere el ganado de renta en los distintos subperíodos, así como el precio y condiciones de venta de los mismos.

## Poner horizontal

### GANADERÍA DE RENTA: PRODUCCIÓN ESPERADA

PERÍODO	PRODUCTOS PARA VENTA O REEMPLEO			PRODUCTOS PARA VENTA				Lana sin lavar )			
	Cabezas con 13 Kgs	Precio por cabeza (u.m.)	Condiciones Venta	Unidades (litros)	Precio unidad (u.m.)	Importe (u.m-)	Condiciones de venta	Unidades (Kgs.)	Precio por unidad (u.m.)	Importe (u.m.)	Condiciones de venta
Trimestre 1°	703	6.450	Contado	25.525	98,0	2.501.450	30 días	--	--	--	--
Trimestre 2°	990	5.240	Contado	49.972	95,0	4.747.340	30 días	--	--	--	--
Trimestre 3°	803	5.530	Contado	46.258	89,0	4.116.962	30 días	4.260	165	702.900	Contado
Trimestre 4°	749	6.970	Contado	16.997	96,0	1.631.748	30 días	--	--	--	--
<b>TOTAL EJERCICIO</b>	<b>3.245</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>138.752</b>	<b>93,7</b>	<b>12.997.500</b>	<b>--</b>	<b>4.260</b>	<b>165</b>	<b>702.900</b>	<b>--</b>

## Actividades ganaderas potenciales

Ceba hasta los 25 Kgs de peso vivo de corderos destetados, para venta o paso a la fase de crecimiento:

- Ceba de corderos de procedencia interna o comprados, con inicio de fase en el primer trimestre
- Ceba de corderos de procedencia interna o comprados, con inicio de fase en el segundo trimestre
- Ceba de corderos de procedencia interna o comprados, con inicio de fase en el tercer trimestre
- Ceba de corderos de procedencia interna o comprados, con inicio de fase en el cuarto trimestre

## Actividades potenciales en producción vegetal

### A. Actividades potenciales

DENOMINACIÓN	Productos liberados			
	Producto 1		Producto 2	
	Naturaleza	Tipo	Naturaleza	Tipo
- Cultivo de cebada en Secano I con siembra en noviembre y recolección en junio	Cebada	VI	Rastrojo	III
- Cultivo de cebada en Secano I con siembra en noviembre y recolección en julio	Cebada	VI	Rastrojo	III
- Cultivo de cebada en Secano I con siembra en diciembre y recolección en junio	Cebada	VI	Rastrojo	III
- Cultivo de cebada en Secano I con siembra en diciembre y recolección en julio	Cebada	VI	Rastrojo	III
- Cultivo de veza-avena en Secano I para obtención de heno	Heno veza-avena	V	--	--
- Cultivo de veza-avena en Secano I para obtención de ensilaje	Ensilaje veza-avena	V	--	--
- Cultivo de tranquillón en Secano I para aprovechamiento directo en verde	Forraje verde	I	--	--
- Cultivo de girasol en Secano I	Girasol	II	--	--
- Cultivo de lentejas en Secano I	Lentejas	II	Rastrojo	III
- Cultivo de trigo en Secano I	Trigo	IV	Rastrojo	III
- Cultivo de yeros en Secano I	Yeros	VI	Rastrojo	III
- Cultivo de cebada en Secano II con siembra en noviembre y recolección en junio	Cebada	VI	Rastrojo	III
- Cultivo de cebada en Secano II con siembra en noviembre y recolección en julio	Cebada	VI	Rastrojo	III
- Cultivo de cebada en Secano II con siembra en diciembre y recolección en junio	Cebada	VI	Rastrojo	III
- Cultivo de cebada en Secano II con siembra en diciembre y recolección en julio	Cebada	VI	Rastrojo	III
- Cultivo de yeros en Secano II	Yeros	VI	Rastrojo	III

-Cultivo de veza-avena en Secano II para obtención de heno	Heno veza-avena	V	--	--
-Cultivo de veza-avena en Secano II para obtención de ensilaje	Ensilaje veza-avena	V	--	--
-Cultivo de tranquillón en Secano II para aprovechamiento directo en verde	Forraje verde	I	--	--
-Cultivo de cebada en Regadío I con siembra en diciembre y recolección en junio	Cebada	VI	Rastrojo	III
-Cultivo de cebada en Regadío I con siembra en diciembre y recolección en julio	Cebada	VI	Rastrojo	III
-Cultivo de cebada en Regadío I con siembra en enero y recolección en junio	Cebada	VI	Rastrojo	III
-Cultivo de cebada en Regadío I con siembra en enero y recolección en julio	Cebada	VI	Rastrojo	III
-Cultivo de remolacha en Regadío I	Remolacha	II	--	--
-Cultivo de maíz grano en Regadío I	Maíz	II	--	--
-Cultivo de maíz forrajero en Regadío I para obtención de ensilaje	Ensilaje maíz	V	--	--
-Cultivo de habas en Regadío I	Habas	VI	Rastrojo	III
-Cultivo de trigo en Regadío I	Trigo	IV	Rastrojo	III
-Cultivo de girasol en Regadío I	Girasol	II	--	--
-Cultivo de veza-avena en Regadío I para obtención de heno	Heno veza-avena	V	--	--
-Cultivo de veza-avena en Regadío I para obtención de ensilaje	Ensilaje veza-avena	V	--	--
-Cultivo en Regadío I de habas más maíz forrajero para ensilaje en segunda cosecha	Habas	VI	Ensilaje maíz	V
-Cultivo en Regadío I de veza-avena para heno más maíz forrajero para ensilaje en segunda cosecha	Heno veza-avena	V	Ensilaje maíz	V
-Cultivo en Regadío I de veza-avena para ensilaje más maíz forrajero para ensilaje, en segunda cosecha	Ensilaje veza-avena	V	Ensilaje maíz	V
- Cultivo en Regadío I de cebada con siembra en diciembre y recolección en junio más girasol en segunda cosecha	Cebada	VI	Girasol	II
- Cultivo en Regadío I de cebada con siembra en enero y recolección en junio más girasol, en segunda cosecha	Cebada	VI	Girasol	II

## B. Límites al desarrollo de algunas actividades vegetales por razones agronómicas, psicológicas, legales o de mercado:

- a) Remolacha azucarera: la superficie destinada al cultivo deberá ser menor o igual a un quinto de la superficie total de referencia
- b) Girasol: la superficie destinada al cultivo deberá ser menor o igual a 80 Has.
- c) Leguminosas: la superficie destinada al cultivo de habas, yeros y lentejas en su conjunto, deberá ser menor o igual al cincuenta por ciento de la superficie total de referencia
- d) Lentejas: el cultivo de lentejas no deberá sobrepasar las 40 Has.

Cuadro 11-1 y 11-2 y 11-3

Cuadro 11-4 -11-5 y 11-6

A título de ejemplo se adjuntan las fichas de cultivos relativas a la producción de cebada sobre tierras de secano de buena calidad y la ficha de cultivo de maíz grano en regadío, que aportan información de necesario conocimiento para la planificación. Como puede verse el proceso de producción de la cebada discurre dentro del ejercicio económico, mientras que el de maíz comienza en un ejercicio y finaliza en el siguiente (consumos y costes fuera del ejercicio).

## Aprovisionamiento de factores

### Alimentos para el ganado: aportes nutritivos

CONCEPTO	UNIDAD	APORTES NUTRITIVOS POR UNIDAD		
		Unidades Alimenticias	Proteína Digestible (grs.)	Materia Seca (Kgs.)
Cebada	Kg.	1,000	69,0	0,89
Heno veza-avena	Kg.	0,366	45,0	0,84
Yeros	Kg.	1,030	155,0	0,89
Habas	Kg.	1,040	195,0	0,89
Maíz grano	Kg.	1,100	74,0	0,87
Heno alfalfa	Kg.	0,360	105,0	0,90
Torta girasol	Kg.	1,160	360,0	0,92
Rastrojo	Ha.	92,000	8.280,0	185,0

### Fertilizantes

La compra de fertilizantes que, al igual que las necesidades, se plantea en términos de Nitrógeno (N), Fosfórico ( $P_2O_5$ ) y Potasa ( $K_2O$ ), puede hacerse al inicio del ejercicio o hacia finales de su primera mitad, existiendo la posibilidad de beneficiarse del descuento en precio por cantidad en la forma expuesta con anterioridad.

No se incluye otra información relativa a costes fijos, precios de factores y productos, consumos de otros factores, etc. porque consideramos que tal información, si bien es necesaria para la

planificación, no aporta nada desde el punto de vista de la caracterización del sistema productivo de la empresa objeto de estudio.

## Objetivos, niveles de aspiración y niveles de prioridad

El empresario-propietario aspira a la consecución de las siguientes metas, ordenadas en niveles de prioridad en la forma que se indica:

NIVELES DE PRIORIDAD	M E T A S		
	O B J E T I V O S		NIVELES DE ASPIRACIÓN
	Identificación	Unidades	
1	Beneficio antes de impuestos	u.m.	Cuarenta millones
	Reparto de dividendos	u.m.	Cinco millones
2	Riesgo económico	u.m.	Cero
3	Saldo de Caja al final de cada subperíodo	u.m.	Importe pagos predeterminados subperíodo siguiente.
	Empleo de medios financieros autónomos en cada subperíodo	u.m.	Cero
	Fondo de Maniobra al final del ejercicio	u.m.	Valor existencias financieras de productos vegetales en curso, de materias primas y similares y de productos vegetales terminados tipos I y V.
4	Contratación mano de obra eventual	Horas	2.877
	Alquiler de tracción	Horas	Cero

Es de destacar la inclinación de nuestro empresario a definir algunas de sus metas como valores extremos (este es el caso del riesgo, empleo de medios financieros autónomos y alquiler de tracción). Este hecho si se generaliza con respecto a la mayoría de los niveles de prioridad, tiene unas implicaciones conceptuales interesantes que serán tratadas en el momento de analizar los resultados.

## XI.2. MATRICES DE PROGRAMACIÓN Y FUNCIÓN OBJETIVO O DE LOGRO

Como ya fue dicho en su momento, el establecimiento del plan de actuación óptimo para el ejercicio venidero inmediato requiere el conocimiento previo del plan de actuación en régimen permanente. Se han tenido, por consiguiente, que construir dos matrices de programación: una expresiva de las características y condicionantes de la decisión en régimen permanente y otra para la toma de decisiones en el marco del ejercicio que comienza.

Los tamaños y densidades de las matrices, incluyendo en el cómputo las variables de desviación de las restricciones-meta y no las holgura y artificiales, son:

### 1. Matriz de programación bajo hipótesis de régimen permanente

Está integrada por 213 filas (restricciones) y 486 columnas (variables), con una densidad del 4,22%.

El conjunto total de variables queda distribuido por clases en la forma que se indica a continuación:

<b>1. Variable exógenas o de decisión .....</b>	<b>388</b>
Variables de producción	38
Variables de compra o alquiler de factores	184
Variables de venta de productos	27
Variables de transferencia o cesión interna de bienes	122
Variables mixtas compra-producción o transferencia-producción	12
Variables financieras	5
<b>2. Variables endógenas o de resultados .....</b>	<b>22</b>
Variables de balance	13
Variables de la cuenta de pérdidas y ganancias	9
<b>3. Variable de estado, variable compleja, variables bivalentes   Y variables de desviación .....</b>	<b>37</b>
<b>4. Variables de escritura .....</b>	<b>39</b>

**Matriz de programación del ejercicio que comienza** (período venidero inmediato)

La forman 218 filas (restricciones) y 420 columnas (variables). Su densidad es del 4,02%.

La distribución de las variables por clases es la siguiente:

<b>1. Variable exógenas o de decisión</b> .....	<b>319</b>
Variables de producción	33
Variables de compra o alquiler de factores	184
Variables de venta de productos	18
Variables de transferencia o cesión interna de bienes	68
Variables mixtas compra-producción o transferencia-producción	11
Variables financieras	5
<b>2. Variables endógenas o de resultados</b> .....	<b>27</b>
Variables de balance	18
Variables de la cuenta de pérdidas y ganancias	9
<b>3. Variable de estado, variable compleja, variables bivalentes y variables de desviación</b> .....	<b>37</b>
<b>4. Variables de escritura</b> .....	<b>37</b>

La función objetivo es la misma en los dos casos, distinguiéndose en la misma cuatro niveles de prioridad, con las siguientes características:

a) El primer nivel de prioridad está formado por las metas de beneficio y de dividendos. La primera componente de la función de logro, a minimizar lexicográficamente, viene dada por  $(n_1 + n_2 + P)$ . En donde  $n_1$  representa la desviación negativa sobre el nivel de aspiración de beneficio,  $n_2$  la desviación negativa sobre el nivel de aspiración de dividendos, y  $P$  la desviación positiva sobre este nivel.

b) El segundo nivel de prioridad está formado por la meta de riesgo económico, modelizado mediante la aplicación de la metodología MOTAD. La segunda componente de la función de logro viene así dada por:

$$\sum_{j=3}^9 n_j + P_j$$

en donde  $n_j$  representa la desviación negativa sobre el nivel de aspiración fijado para el período muestral  $j$  y  $P_j$  la desviación positiva.

c) El tercer nivel de prioridad está formado por las metas relativas al saldo de Caja (una para cada subperíodo trimestral), por las metas de empleo de medios financieros autónomos (una para cada subperíodo trimestral) y por la meta de fondo de maniobra. La tercera componente de la función de logro viene, en consecuencia, dada por:

$$\sum_{j=10}^{13} n_j + \sum_{j=14}^{17} P_j + n_{18} + P_{18}$$

en donde,  $n_j$  representa la desviación negativa sobre el nivel de aspiración correspondiente al saldo de Caja al final del subperíodo  $j$ ,  $P_j$  representa la desviación positiva sobre el nivel de aspiración de empleo de medios financieros autónomos en el subperíodo  $j$ ,  $n_{18}$  representa la desviación negativa sobre el nivel de aspiración del fondo de maniobra al final del ejercicio y  $P_{18}$  la desviación positiva sobre este último nivel.

d) Por último, el nivel de prioridad cuarto está formado por la meta de contratación de mano de obra eventual y por la de alquiler de tracción. Esta componente de la función de logro viene dada por:  $P_{19} + P_{20}$ , siendo  $P_{19}$  la desviación positiva sobre el nivel de aspiración relativo a la contratación de mano de obra eventual en el ejercicio, y  $P_{20}$  la desviación positiva sobre el nivel de aspiración relativo al alquiler de tracción.

La función de logro, a minimizar lexicográficamente, adquiere entonces la siguiente configuración global:

$$\text{Min } F = \left[ (n_1 + n_2 + P); \left( \sum_{j=3}^9 n_j + P_j \right); \left( \sum_{j=10}^{13} n_j \sum_{j=14}^{17} P_j + n_{18} + P_{18} \right); (P_{19} + P_{20}) \right]$$

La minimización lexicográfica del vector F implica la minimización ordenada de sus componentes. Es decir, primero se busca el valor más pequeño de la primera componente, a continuación el valor más pequeño de la segunda componente sometido a la condición adicional de que no empeore el valor previamente obtenido para la primera componente y así sucesivamente.

### **XI.3. SOLUCIÓN ENCONTRADA EN PLANIFICACIÓN BAJO HIPÓTESIS DE RÉGIMEN PERMANENTE**

#### **Minimización de la función objetivo**

La minimización ordenada de los componentes de la función de logro, nos conduce a los siguientes resultados:

1°. Los valores tomados por las variables de desviación integrantes de la primera componente de la función ponen de manifiesto que la minimización de ésta no permite la completa satisfacción de las metas integrantes del primer nivel de prioridad. En efecto: la meta de dividendos se consigue plenamente (valor cero de las variables de desviación positiva y negativa sobre el nivel de aspiración) pero no ocurre lo mismo con la meta de beneficio, el cual se sitúa 3.805.691 u.m. por debajo del nivel de aspiración.

La minimización secuencial de las restantes componente de la función de logro no produce alteración significativa alguna en el conjunto inicial de variables y valores asociado a la minimización de la primera componente. No cabe, por ello, la posibilidad de encontrar soluciones alternativas dentro de

cada nivel de prioridad que no conlleven el empeoramiento de las metas situadas en un prioridad más alta.

2° Al minimizar la segunda componente comprensiva del riesgo económico, el valor conjunto de las desviaciones sobre los niveles de aspiración correspondientes a los distintos períodos muestrales, asciende a dos millones doscientas ochenta y una mil ciento setenta unidades de riesgo, expresadas en miles de unidades monetarias, frente a un nivel de aspiración global igual a cero no satisfaciéndose, por consiguiente, dicha meta, lo cual resulta comprensible dado el nivel de aspiración fijado para la misma.

3° En el tercer nivel de prioridad se satisfacen plenamente las metas relacionadas con la entrada de medios financieros autónomos de fuentes ajenas, pero no ocurre así con las metas relativas al saldo final de Caja en los cuatro subperíodos trimestrales considerados, los cuales se sitúan netamente por encima de los niveles de aspiración respectivos. Tampoco se satisface la meta de fondo de maniobra, respecto de cuyo nivel de aspiración aparece una desviación positiva de 60.705.300 unidades monetarias, que dan origen a un Índice de Liquidez de 5,03, indicativo de una muy buena situación desde el punto de vista de la solvencia técnica, que permitiría incrementar sensiblemente la cifra de dividendos sin detrimento significativo de la buena posición actual de la empresa desde el punto de vista de la liquidez.

4° En el cuarto nivel de prioridad no se satisface ninguna de las dos metas que lo configuran: en la meta de contratación de mano de obra se produce una desviación positiva de 5.223 horas y de 948 horas en la meta de alquiler de tracción.

La no satisfacción de los niveles de aspiración fijados para algunas de las metas no tiene en este caso connotaciones negativas para la empresa, pues o bien la no satisfacción es

en sí positiva (caso de los saldos de caja y del valor del fondo de maniobra) o bien se debe a la falta de objetividad en la determinación de valores de aspiración, como pensamos que ocurre con el riesgo económico y con la contratación de mano de obra y alquiler de tracción.

## Plan de actuación óptimo

### Sección agrícola

#### A. Ocupación de la tierra calma de secano de buena calidad

A c t i v i d a d	Dimensión (Has.)
Cultivo de cebada, con siembra en noviembre y recolección en junio	54,0
Cultivo de cebada, con siembra en diciembre y recolección en junio	88,0
Cultivo de lentejas	40,0
Cultivo de yeros	102,0

#### B. Ocupación de la tierra calma de secano de mediana calidad

A c t i v i d a d	Dimensión (Has.)
Cultivo de cebada, con siembra en noviembre y recolección en junio	84,10
Cultivo de yeros	247,50
Cultivo de veza-avena para ensilaje	68,10
Cultivo de tranquillón	95,30

#### C. Ocupación de la tierra calma de regadío

A c t i v i d a d	Dimensión (Has.)
Cultivo de remolacha azucarera	19,00
Cultivo de maíz grano	69,03
Cultivo de maíz forrajero para ensilaje	0,97
Cultivo de habas	30,00
Cultivo de girasol	47,00

#### D. Actividades permanentes (nivel predeterminado)

A c t i v i d a d	Dimensión (Has.)
- Cultivo de erial a pastos	210,00
- Viña para vinificación	41,00

#### E. Consumo por los cultivos de factores almacenables (fertilizantes) y plan de aprovisionamiento de los mismos

El plan de cultivos anteriormente expuestos implica los siguientes consumos periodificados de unidades fertilizantes.

Factor	Consumo en 1 <sup>er</sup> . semestre (U.F.)	Consumo en 2 <sup>o</sup> . semestre (U.F.)	Consumo total (U.F.)
Nitrógeno (N)	23.530	23.081	46.611
Ácido fosfórico (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	23.010	17.680	40.690
Potasa (K <sub>2</sub> O)	14.893	13.540	28.433

El aprovisionamiento deberá hacerse de una sola vez al principio del ejercicio económico, aprovechándose así de los descuentos por cantidad ofrecidos por los proveedores.

#### F. Plan de ventas de productos vegetales

Producto	Ventas en 1 <sup>er</sup> trimestre (Kgs.)	Ventas en 2 <sup>o</sup> Trimestre (Kgs.)	Ventas en 3 <sup>er</sup> trimestre (Kgs.)	Ventas en 4 <sup>o</sup> trimestre (Kgs.)	Ventas totales (Kgs.)
Cebada	--	461.412	--	--	461.412
Yeros	--	--	491.457	--	491.457
Habas	--	--	--	87.000	87.000
Lentejas	--	--	--	27.880	27.880
Remolacha	1.114.978	--	--	--	1.144.978
Maíz grano	663.654	--	--	--	663.654
Girasol	--	--	--	113.364	113.364
Uva	264.122	--	--	--	264.122

El plan de ventas implica el almacenamiento de la cebada y el de los yeros producidos. El resto de los productos se venden en el momento en que se obtienen.

## Sección ganadera

### A. Plan de ventas de productos ganaderos liberados por la ganadería de renta

Producto Denom.	Unid	1º trimestre		2º trimestre		3º trimestre		4º trimestre		Total ejercicio	
		PROD	VTA.	PROD.	VTA	PROD.	VTA	PROD	VTA	PROD	VTA
Cordero Lechal	Ca- bezas	703	703	990	--	803	--	749	--	3.245	703
Leche	Litros	25.525	25.525	49.972	49.972	46.258	46.258	16.997	16.997	138.752	138.752
Lana	Kgs.	--	--	--	--	4.260	4.260	--	--	4.260	4.260

La leche y lana producidas se venden en el momento de su obtención (Productos Tipo II).

Los corderos lechales obtenidos (destetados) en el primer trimestre son vendidos en dicho subperíodo, en tanto que los obtenidos en los restantes trimestres son transferidos en su totalidad a la fase de ceba.

### B. Plan de producción de corderos cebados y destino de los mismos

1. **Primer lote** (Inicio de fase en el 2º trimestre y finalización en el 3º):

a) Número de animales al inicio de la fase:

Transferencia interna	990	Cabezas
+ Compra	1.010	Cabezas
= Animales totales	2.000	Cabezas

b) Destino de los animales

Venta	1.766	Cabezas
Transferencia a fase de crecimiento	200	Cabezas
Bajas estimadas por muerte	34	Cabezas

**2. Segundo lote** (Inicio de fase en el 3º trimestre y finalización en el 4º):

a) Número de animales al inicio de la fase:

Transferencia interna	803	Cabezas
+ Compra	1.197	Cabezas
= Animales totales	2.000	Cabezas

b) Destino de los animales

Venta	1.764	Cabezas
Transferencia a fase de crecimiento	200	Cabezas
Bajas estimadas por muerte	36	Cabezas

**3. Tercer lote** (Inicio de fase en el 4º trimestre y finalización de fase en el 1º):

a) Número de animales al inicio de la fase:

Transferencia interna	749	Cabezas
+ Compra	1.251	Cabezas
= Animales totales	2.000	Cabezas

b) Destino de los animales

Venta	1.952	Cabezas
Transferencia a fase de crecimiento	0	Cabezas
Bajas estimadas por muerte	48	Cabezas

**C. Plan de producción de animales de renovación y asignación de los mismos**

**1. Primer lote** (Inicio de fase en el 3º trimestre y finalización en el 4º):

a) Número de animales al inicio de la fase:

Transferencia interna	200	Cabezas
+ Compra	0	Cabezas
= Animales totales	200	Cabezas

b) Destino de los animales

Venta	15	Cabezas
Transferencia a ganado de renta	185	Cabezas

2. **Segundo lote** (Inicio de fase en el 4º trimestre y finalización en el 1º):

a) Número de animales al inicio de la fase:

Transferencia interna	200	Cabezas
+ Compra	0	Cabezas
= Animales totales	185	Cabezas

b) Destino de los animales

Venta	15	Cabezas
Transferencia a ganado de renta	185	Cabezas

**D. Plan de alimentación del ganado de renta y de animales en fase de crecimiento**

**1. Primer Trimestre**

Producto		Aporte de alimentos					CONSUMOS TOTALES
<i>Naturaleza y origen</i>	<i>Uds</i>	OVEJA 1	OVEJA 2	OVEJA 3	OVEJA 4	OVEJA 5	
Ensilaje veza-avena producción propia	Kgs	101.414	--	--	204.769	--	306.183
Erial propio	Kgs	--	--	--	210	--	210
Cebada comprada	Kgs	33.477	16.390	25.950	50.128	28.238	154.183
Torta girasol comprada	Kgs	3.912	3.327	4.234	--	3.588	15.061

- OVEJAS 1: Ovejas secas (vacías o en primera etapa de la gestación)  
 OVEJAS 2: Ovejas secas (en segunda etapa de la gestación)  
 OVEJAS 3: Ovejas en lactación amamantando corderos (vacías o en primera etapa de la gestación)  
 OVEJAS 4: Ovejas en lactación sin corderos (vacías o en primera etapa de la gestación)  
 OVEJAS 5: Ovejas en lactación y en segunda etapa de la gestación)

## 2. Segundo Trimestre

Producto		Aporte de alimentos					CONSUMOS TOTALES
Naturaleza y origen	Uds	OVEJA 1	OVEJA 2	OVEJA 3	OVEJA 4	OVEJA 5	
Cebada producción propia	Kgs	101.414	--	--	204.769	--	306.183
Erial propio	Kgs	--	--	--	210	--	210
Cebada comprada	Kgs	33.477	16.390	25.950	50.128	28.238	154.183
Torta girasol comprada	Kgs	3.912	3.327	4.234	--	3.588	15.061

Producto		Aporte de alimentos					CONSUMOS TOTALES
Naturaleza y origen	Uds	OVEJA 1	OVEJA 2	OVEJA 3	OVEJA 4	OVEJA 5	
Cebada producción propia	Kgs	--	--	9.537	--	19.303	28.840
Ensilaje veza-avena producción propia	Kgs	110.250	155.557	76.137	--	103.292	445.236
Ensilaje de maíz producción propia	Kgs	--	8.796	67.707	--	3.897	80.400
Tranquillón producción propia	UCT	18	--	--	25	--	43
Erial propio	Kgs	--	--	--	210	--	210

U.C.T. = Unidades Convencionales de Tranquillón, equivalentes a una ración de sostenimiento

## 3. Tercer Trimestre

Producto		Aporte de alimentos					CONSUMOS TOTALES
Naturaleza y origen	Uds	OVEJA 1	OVEJA 2	OVEJA 3	OVEJA 4	OVEJA 5	
Tranquillón de producción propia	UCT	15	--	--	28	--	43
Erial propio	Has	120	--	--	89	--	210
Cebada comprada	Kgs	--	16.390	36.317	--	28.238	80.945
Torta girasol comprada	Kgs	--	3.327	6.709	--	3.588	13.624

#### 4. Cuarto Trimestre

Producto		Aporte de alimentos					CONSUMOS TOTALES
Naturaleza y origen	Uds	OVEJA 1	OVEJA 2	OVEJA 3	OVEJA 4	OVEJA 5	
Ensilaje veza-avena producción propia	Kgs	--	52.568	105.999	--	56.682	215.249
Rastrojo producción propia	Has	122	--	--	523	--	645
Torta girasol comprada	Kgs	7.192	--	--	10.117	--	17.309
Rastrojo comprado	Has	332	--	--	--	--	332
Cebada comprada	Kgs	--	13.942	31.380	25.552	25.598	96.472

### Contratación de factores

#### A. Plan de contratación de mano de obra eventual

Factor		Mes						
Denominación	Unidades	O	N	D	E	F	M	
Mano de obra no cualificada	Horas	2.898	--	--	--	818	--	
Mano de obra cualificada (conductores)	Horas	--	--	--	--	--	--	

Mes							
Denominación	A	M	J	J	A	S	Anual
Mano de obra no cualifi- cada	213	1.105	500	1.089	815	662	8.100
Mano de obra cualificada (conductores)	--	--	-	--	--	--	--

#### B. Plan de alquiler de tracción y maquinaria con conductor

Factor		Mes						
Denominación	Unidades	O	N	D	E	F	M	
Tractores Tipo I	Horas	549	44	--	--	--	--	
Tractores Tipo II	Horas	--	--	--	122	--	--	
Cosechadora de cereales	Horas	--	--	--	--	--	--	

Mes							
Denominación	A	M	J	J	A	S	Anual
Tractores Tipo I	--	--	--	--	224	9	826
Tractores Tipo II	--	--	--	--	--	--	122
Cosechadora de cereales	--	--	--	20	--	--	20

## Tesorería neta generada

En el cuadro siguiente pueden verse los flujos de cobros y pagos correspondientes al plan de actuación, así como el saldo neto de tesorería para cada trimestre.

### Tesorería generada (miles de u.m.)

Concepto	Período			
	1 <sup>er</sup> .Trim.	2 <sup>o</sup> Trim.	3 <sup>er</sup> . Trim.	4 <sup>o</sup> Trim.
<b>COBROS</b>				
· Por operaciones corrientes, ajenas y extraordinarias (excepto préstamos bancarios de corto plazo)	49.659,9	14.731,1	36.216,3	33.840,3
· Por préstamos bancarios de corto plazo	--	--	--	--
· Por operaciones de capital	--	--	--	--
· Total cobros	49.659,9	14.731,1	36.216,3	33.840,3
<b>PAGOS</b>				
· Por operaciones corrientes ajenas y extraordinarias (excepto préstamos bancarios de corto plazo)	42.136,0	13.775,8	22.547,7	23.526,3
· Por préstamos bancarios de corto plazo	--	--	--	--
· Por operaciones de capital	--	--	--	--
· Total pagos	42.136,0	13.775,8	22.547,7	23.526,3
SALDO NETO TRIMESTRAL	7.523,9	955,3	13.668,6	10.314,0
SALDO NETO ACUMULADO	7.523,9	8.479,2	22.147,8	32.461,8

## Cuenta Previsional de resultados (miles de unidades monetarias)

Ingresos por venta de productos vegetales más subvenciones a la producción	68.587,22
+ Ingresos por venta de productos animales más subvenciones a la producción	66.447,27
+ Ingresos de carácter extraordinario	3.051,60
= INGRESOS POR NATURALEZA	138.086,09
- Costes variables de los cultivos, excepto fertilizantes	21.499,66
- Coste de fertilizantes para los cultivos	7.872,29
- Costes variables de la ganadería, excepto alimentos simples comprados	24.496,38
- Coste alimentos simples comprados	20.406,78
- Coste mano de obra eventual	2.721,60
- Coste de servicios exteriores (alquiler tracción)	2.511,78
- Intereses financiación adicional de corto lazo	--
- Intereses préstamos a largo plazo	--
- Costes fijos del período	22.383,49
= BENEFICIO ANTES DE IMPUESTOS	36.194,11

## Plan de actuación óptimo y demanda de recursos disponibles en cantidades limitadas. Los precios duales

El desarrollo del plan de actuación óptimo implica las siguientes demandas de recursos fijos, con los siguientes precios duales para los recursos con demandas iguales a las disponibilidades (recursos escasos).

RECURSOS		Disponi- bilidades	Consumos	Exceden- tes	Precios duales (u.m.)
Naturaleza	Unids.				
Tierra de secano de buena calidad	Has.	284	284	--	15.130,0
Tierra de secano de mediana calidad	Has.	495	495	--	8.527,0
Tierra de regadío	Has.	166	166	--	43.585,0
Erial (1 <sup>er</sup> trimestre)	Has.	210	210	--	1.117,5
Erial (2 <sup>o</sup> trimestre)	Has.	210	210	--	2.048,6
Erial (3 <sup>er</sup> trimestre)	m <sup>3</sup>	210	210	--	171,7
Agua riego (3 <sup>er</sup> trimestre)	m <sup>3</sup>	994.000	329.500	664.500,0	--
Agua riego (4 <sup>o</sup> trimestre)	m <sup>3</sup>	670.000	670.000	--	8,0
Almacén para grano	m <sup>3</sup>	2.100	981,6	1.118,4	--
Almacén para heno	m <sup>3</sup>	2.500	--	2.500,0	--
Silo para forraje (1 <sup>er</sup> trimestre)	m <sup>3</sup>	580	315,4	264,6	--
Silo para forraje (3 <sup>er</sup> trimestre)	m <sup>3</sup>	580	580	--	160,0
Alojamiento ganado ceba (1 <sup>er</sup> trimestre)	m <sup>2</sup>	1.000	--	1.000,0	--
Alojamiento ganado ceba (2 <sup>o</sup> trimestre)	m <sup>2</sup>	1.000	1.000	--	872,0
Alojamiento ganado ceba (3 <sup>er</sup> trimestre)	m <sup>2</sup>	1.000	1.000	--	2.755,5
Alojamiento ganado ceba (4 <sup>o</sup> trimestre)	m <sup>2</sup>	1.000	1.000	--	193,7

## El plan de actuación óptima en régimen permanente como condicionante de la planificación del período venidero inmediato

El plan de actuación óptimo en régimen permanente antes expuesto es de imposible aplicación en el ejercicio venidero inmediato por presuponer la existencia inicial a disposición de la

empresa de ciertos productos de procedencia interna, requerimiento imposible de cumplir por ser productos cuya obtención requiere el consumo de un tiempo determinando, no acortable por la rigidez de los procesos de producción agraria con respecto la variable tiempo. Sí se puede, sin embargo, dejar a la empresa al final de dicho ejercicio en disposición de aplicar el referido plan, jugando el período venidero inmediato, desde este punto de vista, el papel de *ejercicio de transición*. Para ello, en la matriz de programación del período venidero inmediato habrá que introducir una serie de restricciones que aseguren la adecuada configuración del balance de situación final. En concreto la creación de las condiciones de posibilidad para la aplicación del plan de actuación de régimen permanente transcurrido un ejercicio económico, obliga al desarrollo en el ejercicio inmediato de las actividades que nos dejen al final del mismo con las siguientes disponibilidades de productos terminados y en curso:

**a) Productos vegetales terminados:**

Cebada de producción propia para venta y reemplazo en 2º trimestre	490.250 Kgs.
Yeros de producción propia para venta en 3º trimestre	491.457 Kgs.
Ensilaje de veza-avena para reemplazo en 1º trimestre	306.183 Kgs.
Ensilaje de veza-avena para reemplazo en 2º trimestre	445.236 Kgs.

**b) Cultivos en curso:**

Cultivo de maíz forrajero en regadío, para ensilaje y reemplazo del mismo en 2º trimestre	0,97 Has.
Cultivo de remolacha en regadío, para venta de la producción en 1º trimestre	19,00 Has.
Cultivo de maíz grano en regadío, para venta de la producción en 1º trimestre	69,03 Has.

c) **Ganado en curso:**

Corderos en fase de ceba para venta de los mismos al final de la fase	1.952 Cabezas
Corderos en fase de crecimiento para transferencia y venta de los mismos al final de la fase	200 Cabezas

## **XI.4. SOLUCIONES ENCONTRADAS EN PLANIFICACIÓN DEL PERÍODO VENIDERO INMEDIATO**

### **Minimización de la función de logro**

La minimización de la primera componente lleva a una solución que no permite la completa satisfacción de las metas definidas a ese nivel. La meta de dividendos se consigue plenamente, cosa que no ocurre con la de beneficio, pues el valor óptimo de éste implica una desviación negativa de cerca de once millones de unidades monetarias sobre el nivel de aspiración, fijado, como en el caso anterior, en cuarenta millones.

No se consigue tampoco la total satisfacción de la meta de riesgo económico, situada en solitario en el segundo nivel de prioridad, pues el valor agregado de las desviaciones correspondientes a cada uno de los siete períodos muestrales manejados asciende a dos millones siete mil ochocientos ochenta y dos unidades de riesgo, expresadas también ahora en miles de unidades monetarias.

Resultados similares se presentan en el tercer nivel de prioridad: aparecen desviaciones positivas respecto del empleo de medios financieros autónomos en los distintos subperíodos trimestrales y desviaciones negativas respecto de los niveles de aspiración del saldo de caja al final de cada uno de los trimestres en que queda subdividido el período total de planificación. Asimismo, la

solución óptima encontrada lleva aparejada una desviación positiva del fondo de maniobra al final del ejercicio económico, de algo más de doce millones de unidades monetaria respecto del nivel de aspiración fijado para éste.

En el cuarto nivel de prioridad aparecen desviaciones positivas en relación a los niveles de aspiración fijados, tanto en lo que concierne al empleo de mano de obra eventual (5.868 horas de desviación sobre 2.877 horas asignadas al nivel de aspiración), como en lo que concierne al alquiler de tracción (859 horas de desviación positiva sobre el valor cero acordado para el nivel de aspiración).

El hecho de que la mayoría de los niveles de aspiración fijados no se alcance ni en planificación bajo hipótesis de régimen permanente ni en planificación del período venidero inmediato, no debe sorprender. Ya se ha hecho mención con anterioridad al comportamiento especial del empresario que rige la empresa objeto de estudio, que le lleva a definir sus metas como valores extremos. De este comportamiento se derivan consecuencias interesantes:

- a) En primer lugar, y al definir el punto deseado como un punto muy extremo, las posibilidades de alcanzarlo son escasas, lo cual atenúa de manera artificial el carácter satisfactor de la programación por metas.
- b) En segundo lugar, y desde un punto de vista más conceptual, es de notar que al situar las metas en valores extremos, la programación por metas puede llegar a perder por completo su carácter satisfactor y transformarse de hecho en una técnica optimizante (maximización o minimización), pues en tales circunstancias, las soluciones de la programación por metas coinciden con puntos del conjunto eficiente de la programación multiobjetivo.

# Plan de actuación óptimo

## Sección agrícola

### A. Ocupación de la tierra calma de secano de buena calidad

A c t i v i d a d	Dimensión (Has.)
Cultivo de cebada, con siembra en noviembre y recolección en junio	71,10
Cultivo de cebada, con siembra en diciembre y recolección en junio	70,90
Cultivo de lentejas	40,00
Cultivo de yeros	102,00

### B. Ocupación de la tierra calma de secano de mediana calidad

A c t i v i d a d	Dimensión (Has.)
Cultivo de cebada, con siembra en noviembre y recolección en junio	70,07
Cultivo de yeros	247,50
Cultivo de veza-avena para ensilaje de la producción en verde	68,07
Cultivo de tranquillón, para aprovechamiento directo en verde	109,36

### C. Ocupación de la tierra calma de regadío

A c t i v i d a d	Dimensión (Has.)
Cultivo de cebada, con siembra en enero y recolección en junio	7,23
Cultivo de remolacha azucarera	19,00
Cultivo de maíz grano	69,03
Cultivo de maíz forrajero para ensilaje de la producción en verde	0,97
Cultivo de habas	22,78
Cultivo de girasol	47,00

### D. Actividades permanentes

A c t i v i d a d	Dimensión (Has.)
Erial a pastos	210,00
Viña para vinificación	41,00

### E. Actividades en curso

A c t i v i d a d	Dimensión (Has.)
Cultivo de remolacha en tierra calma de regadío	14,00
Cultivo de maíz grano en tierra calma de regadío	41,00

## F. Consumo por los cultivos de factores almacenables (fertilizantes) y plan de aprovisionamiento de los mismos

### a) Plan de consumo de fertilizantes (U.F.)

Factor	Consumo en 1 <sup>er</sup> semestre (U.F.)	Consumo en 2 <sup>o</sup> Semestre (U.F.)	Consumo total (U.F.)
Nitrógeno (N)	23.401	22.818	46.219
Ácido fosfórico (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	22.018	17.680	39.698
Potasa (K <sub>2</sub> O)	13.964	13.540	27.504

### b) Plan de aprovisionamiento de fertilizantes (U.F)

Factor	Compra en 1 <sup>er</sup> semestre		Compra en 2 <sup>o</sup> semestre		Compra Total
	Con Descuento	Sin descuento	Con Descuento	Sin descuento	
Nitrógeno (N)	34.908	--	--	11.311	46.219
Ácido fosfórico (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	22.018	--	--	17.680	39.698
Potasa (K <sub>2</sub> O)	13.964	--	--	13.540	27.504

Como se desprende de las cifras semestrales de compra y consumo correspondientes a cada uno de los elementos fertilizantes considerados, en esta situación, en la que como después veremos, se hace necesario acudir a la financiación externa para el mantenimiento del equilibrio financiero a corto plazo, no interesa adelantar la compra en relación a la fecha de consumo, salvo en el caso del nitrógeno y, como puede verse, sólo parcialmente.

## G. Plan de ventas de productos vegetales

Producto	Ventas en 1º trimestre (Kgs)	Ventas en 2º Trimestre (Kgs)	Ventas en 3º trimestre (Kgs)	Ventas en 4º Trimestre (Kgs)	Ventas totales (Kgs)
Cebada	--	633.927	--	--	633.927
Habas	--	--	--	66.048	66.048
Lentejas	--	--	--	27.880	27.880
Remolacha	843.668	--	--	--	843.668
Maíz grano	360.200	--	--	--	360.200
Girasol	--	--	--	113.364	113.364
Uva	264.122	--	--	--	264.122

A excepción hecha de la cebada, la cual proviene del stock inicial, el resto de los productos anteriormente reseñados son obtenidos a lo largo del ejercicio de referencia y vendidos en el mismo subperíodo (trimestre) en el que se obtienen.

## Sección ganadera

La naturaleza y cuantía de los productos liberados durante el ejercicio por la ganadería de renta coinciden con lo ya visto en el marco de la planificación bajo hipótesis de régimen permanente, ocurriendo lo mismo con las actividades de ceba de corderos que tienen su inicio dentro del período de planificación. Por su parte, las 242 cabezas en fase de ceba al inicio del período de planificación, finalizan la fase y se venden a lo largo del primer trimestre.

Las 210 cabezas en fase de crecimiento al comienzo del ejercicio, finaliza dicha fase en el primer trimestre, con el siguiente destino para los animales: 185 cabezas pasan a ganado de renta, vendiéndose las 25 cabezas restantes.

El lote de animales (200 cabezas), que inician la fase de crecimiento en el 4º trimestre del período de planificación, permanece en dicho estado al final del ejercicio, formando parte del balance de situación final.

El plan de alimentación del ganado de renta y renovación con productos propios y/o comprados se ajusta a las siguientes pautas:

### 1. Primer Trimestre

Producto		Raciones					CONSUMOS TOTALES
Naturaleza y origen	Uds	OVEJA 1	OVEJA 2	OVEJA 3	OVEJA 4	OVEJA 5	
Cebada (stock inicial)	Kgs	28.379	16.390	25.950	52.325	21.120	144.164,00
Heno veza (stock inicial)	Kgs	--	--	--	60.392	25.047	85.439,00
Erial propio	Has	210	--	--	--	--	210,00
Girasol comprado	Kgs	9.565	3.327	4.234	9.467	1.821	28.414,00

### 2. Segundo Trimestre

Producto		Raciones					CONSUMOS TOTALES
Naturaleza y origen	Uds	OVEJA 1	OVEJA 2	OVEJA 3	OVEJA 4	OVEJA 5	
Cebada (stock inicial)	Kgs	--	5.607	16.382	--	21.120	43.109,00
Heno veza (stock inicial)	Kgs	--	37.945	33.669	--	25.047	96.661,00
Tranquillón propio	UCT	15,07	--	--	34,47	--	49,54
Erial propio	Has	205,00	--	--	5,00	--	210,00
Girasol comprado	Kgs	--	651	1.859	--	1.821	4.331,00

### 3. Tercer Trimestre

Producto		Raciones					CONSUMOS TOTALES
Naturaleza y origen	Uds	OVEJA 1	OVEJA 2	OVEJA 3	OVEJA 4	OVEJA 5	
Tranquillón de producción propia	UCT	24,13	--	--	25,41	--	49,54
Erial propio	Has	--	--	--	210,00	--	210,00
Cebada comprada	Kgs	--	16.390	36.306	--	28.238	80.934,00
Girasol comprado	Kgs	--	3.327	6.711	--	3.588	13.626,00

#### 4. Cuarto Trimestre

Producto		Raciones					CONSUMOS TOTALES
Naturaleza y Origen	Uds	OVEJA 1	OVEJA 2	OVEJA 3	OVEJA 4	OVEJA 5	
Ensilaje veza propio	Kgs	--	52.533	106.034	--	56.682	215.249,00
Rastrojo propio	Has	108,50	--	--	523,1	--	631,60
Rastrojo comprado	Has	346,30	--	--	--	--	346,30
Cebada comprada	Kgs	--	13.943	31.367	25.552,0	25.598	96.460,00
Girasol comprado	Kgs	7.192,00	2	--	10.177,0	25.598	17.371,00

### Contratación de factores

#### A. Plan de contratación de mano de obra eventual

Factor		Mes						
Denominación	Unidades	O	N	D	E	F	M	
Mano de obra no cualificada	Horas	3561	--	--	--	818	--	
Mano de obra cualificada	Horas	--	--	--	--	--	--	

Denominación	Mes						Anual
	A	M	J	J	A	S	
Mano de obra no cualificada	213	1.105	481	1.089	815	662	8.744
Mano de obra cualificada	--	--	--	--	--	--	--

#### B. Plan de alquiler de tracción y maquinaria autopropulsada

Factor		Mes						
Denominación	Unidades	O	N	D	E	F	M	
Tractores Tipo I	Horas	398	92	--	--	--	--	
Tractores Tipo II	Horas	--	--	--	137	--	--	
Cosechadora de cereales	Horas	--	--	--	--	--	--	

Denominación	Mes						Anual
	A	M	J	J	A	S	
Tractores Tipo I	--	--	--	--	217	16	723,0
Tractores Tipo II	--	--	--	--	--	--	137,0
Cosechadora de cereales	--	--	--	19,5	--	--	19,5

## Plan de tesorería

En el cuadro que sigue se recogen los flujo de cobros y pagos asociados al plan de actuación óptimo, así como los saldos netos de tesorería y acumulados al final de cada trimestre.

### Tesorería generada (miles de u.m.)

Concepto	Período			
	1 <sup>er</sup> . Trim.	2 <sup>o</sup> Trim.	3 <sup>er</sup> . Trim.	4 <sup>o</sup> Trim.
SALDO AL INICIO DEL PERIODO	1.294	--	--	--
<b>COBROS</b>				
· Por operaciones corrientes, ajenas y extraordinarias (excepto préstamos bancarios de corto plazo)	27.390,0	18.638,7	18.818,7	33.538,1
· Por préstamos bancarios de corto plazo	7.964,8	6.384,6	16.968,7	16.415,5
· Por operaciones de capital	--	--	--	--
· Total cobros	36.648,8	25.023,3	35.787,4	49.953,6
<b>PAGOS</b>				
· Por operaciones corrientes ajenas y extraordinarias (excepto préstamos bancarios de corto plazo)	27.250,9	13.924,3	25.393,3	23.850,2
· Por préstamos bancarios de corto plazo	--	8.283,4	6.639,9	17.647,5
· Por operaciones de capital	9.397,9	2.815,6	3.754,2	8.455,9
· Total pagos	36.648,8	25.023,3	35.787,4	49.953,6
SALDO NETO TRIMESTRAL	--	--	--	--
SALDO NETO ACUMULADO	--	--	--	--

## Cuenta Previsional de resultados

(miles de unidades monetarias)

Ingresos por venta de productos vegetales más subvenciones a la producción	43.336,76
+ Ingresos por venta de productos animales más subvenciones a la producción	50.633,14
+ Ingresos de carácter extraordinario	3.051,60
+ Existencias finales de productos terminados y en curso	56.486,37
- Existencias iniciales de productos terminados y en curso	25.623,86
= INGRESOS POR NATURALEZA	127.884,01
- Costes variables de los cultivos, excepto fertilizantes	20.109,99
- Coste de fertilizantes para los cultivos	7.907,07
- Costes variables de la ganadería, excepto alimentos simples comprados	24.399,97
- Coste alimentos simples comprados	16.727,26
- Coste mano de obra eventual	2.937,98
- Coste de servicios exteriores (alquiler tracción y maquinaria)	2.255,79
- Intereses financiación adicional de corto lazo	1.909,34
- Costes fijos, excepto intereses deudas a medio y largo plazo	22.383,49
- Intereses financiación ajena a largo plazo	7.740,25
= BENEFICIO ANTES DE IMPUESTOS	21.512,87

## Estado final del sistema: Balance de situación al final del período de planificación

El cuadro que sigue muestra el balance de situación previsional de la empresa al final del período de planificación. El mismo sitúa a la empresa en condiciones de aplicar el plan de actuación óptimo correspondiente a régimen permanente en el ejercicio siguiente, cosa que interesará siempre que la evolución de los precios de factores y productos no haya afectado a su validez. Ello se habrá de poner de manifiesto mediante una nueva determinación de dicho plan, a la luz de ese hipotético cambio en los precios, iniciándose así nuevamente el proceso general de planificación en sus distintas fases.

## Estado final del sistema: Balance de situación

A C T I V O						
C O N C E P T O	Unidades	Valor (u.m.)	Secuencia esperada de cobro por trimestre (%)			
			1	2	3	4
Dinero en Caja y Bancos c/c	--	--	--	--	--	--
Deudas a favor de la empresa por operaciones de tráfico y otros valores realizables	--	543.900	100	--	--	--
Existencias productos termi- nados: cebada	490.300 Kgs.	10.497.323	--	--	--	--
Existencias productos termina- dos: yeros	491.457 Kgs.	16.203.337	--	--	--	--
Existencias productos termina- dos: ensilaje veza-avena	751.419 Kgs.	901.703	--	--	--	--
Existencias productos en curso: cultivo remolacha	19,00 Has.	2.211.600	--	--	--	--
Existencias productos en curso: cultivo maíz grano	69,03 Has.	7.524.270	--	--	--	--
Existencias productos en curso: cultivo maíz forrajero	0,97 Has.	108.543	--	--	--	--
Existencias productos en curso: corderos fase de engorde	1.952 Cab.	16.982.400	--	--	--	--
Existencias productos en curso: corderos fase crecimiento	200 Cab.	2.057.140	--	--	--	--
Existencias materias primas y similares	--	1.555.700	--	--	--	--
Ganado de renta: ovejas y moruecos de raza manchega	2.026 Cab.	24.660.000	--	--	--	--
Otro inmovilizado bruto	--	314.720.610	--	--	--	--
<b>ACTIVO BRUTO TOTAL</b>	--	<b>397.966.526</b>	--	--	--	--

## P A S I V O

C O N C E P T O	Valor (u.m.)	Secuencia esperada de pago por trimestre (%)			
		1	2	3	4
		Deudas por operaciones de tráfico	3.320.923	100	--
Préstamos recibidos y otros débitos a empresas fuera del grupo	17.072.120	100	--	--	--
Hacienda Pública, Organismos de la Seguridad Social y otros acreedores a corto plazo	11.808.020	100	--	--	--
Préstamos recibidos y otros débitos a medio y largo plazo	43.126.690	--	--	--	--
Fondo de Amortización del Inmovilizado	36.717.553	--	--	--	--
Recursos Propios	285.921.220	--	--	--	--
<b>PASIVO TOTAL</b>	<b>397.966.526</b>	--	--	--	--

### Plan de actuación óptimo y consumo de recursos disponibles en cantidades limitadas. Precios duales

El desarrollo del plan de actuación óptimo, anteriormente reseñado, implica los consumos de factores limitados en cantidad, que se indican en el cuadro de la página siguiente.

Como puede verse, los niveles de consumo de los distintos recursos son, en la gran mayoría de los casos, iguales a los asociados a la aplicación del plan de actuación óptimo en régimen permanente, lo cual es lógico, dada la permanencia de los objetivos al pasar de una hipótesis a otra y la incidencia de carácter restrictivo que para la planificación del período venidero inmediato tiene el plan encontrado para régimen permanente.

RECURSOS		Disponi- bilidades	Consumos	Exceden- tes	Precios Duales
Naturaleza	Unids.				
Tierra de secano de buena calidad	Has.	284	284	--	15.504,3
Tierra de secano de mediana calidad	Has.	495	495	--	8.192,9
Tierra de regadío	Has.	166	166	--	39.638,5
Erial (1 <sup>er</sup> trimestre)	Has.	210	210	--	1.284,6
Erial (2 <sup>o</sup> trimestre)	Has.	210	210	--	2.015,1
Erial (3 <sup>er</sup> trimestre)	Has.	210	210	--	152,4
Agua riego (3 <sup>er</sup> trimestre)	m <sup>3</sup>	994.000	329.504	664.496	--
Agua riego (4 <sup>o</sup> trimestre)	m <sup>3</sup>	670.000	670.000	--	3,0
Almacén para grano	m <sup>3</sup>	2.100	982	1.118	--
Almacén para heno	m <sup>3</sup>	2.500	--	2.500	--
Silo para forraje (4 <sup>o</sup> trimestre)	m <sup>3</sup>	580	580	--	84,0
Alojamiento ganado ceba (1 <sup>er</sup> trimestre)	m <sup>2</sup>	1.000	--	1.000,0	--
Alojamiento ganado ceba (2 <sup>o</sup> trimestre)	m <sup>2</sup>	1.000	1.000	--	660,0
Alojamiento ganado ceba (3 <sup>er</sup> trimestre)	m <sup>2</sup>	1.000	1.000	--	2.336,6
Alojamiento ganado ceba (4 <sup>o</sup> trimestre)	m <sup>2</sup>	1.000	1.000	--	180,5

## XI.5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Como complemento a la información relativa a las soluciones óptimas para régimen permanente y para el período venidero inmediato, se exponen ahora los resultados encontrados al proceder a la exploración de los efectos que tiene sobre la solución óptima de régimen permanente la introducción de cambios en el nivel de aspiración del objetivo beneficio, situado, como sabemos, en el primer nivel de prioridad<sup>142</sup>. Ello permite la generación de un conjunto de soluciones alternativas, de entre

142. Limitamos el análisis de sensibilidad a la parametrización del nivel de aspiración del objetivo beneficio por ser, con mucho, el aspecto más relevante para el centro decisor del caso de estudio que estamos desarrollando. También porque la extensión a otros aspectos (parametrización de otros niveles de aspiración y/o cambios en el orden de prioridades) alargaría demasiado el ejemplo, con el riesgo de la reiteración y la pérdida de claridad.

las que el decisor puede escoger la que considere más conveniente.

Los cuadros XI.1. a XI.4. recogen la evolución del plan de actuación en régimen permanente para distintos valores del nivel de aspiración del objetivo beneficio. Como puede verse, se han generado catorce soluciones alternativas, correspondiéndole a cada una de ellas un determinado nivel mínimo de riesgo, tanto menor cuanto menor sea el nivel de aspiración para el objetivo beneficio. El cuadro XI.1 hace referencia a la evolución de los planes de cultivo (actividades de producción vegetal), el XI.2. a la evolución del plan de ventas de productos vegetales, el XI.3. a la evolución de los planes de compra y venta de animales (corderos lechales y cebados), y, por último, el cuadro XI.4. hace referencia a la evolución del plan de alimentación del ganado de renta y de renuevo. Al llevar a unos ejes de coordenadas los valores manejados para el nivel de aspiración del beneficio y los niveles de riesgo económico asociado a cada uno de ellos (desviación media absoluta sobre el valor cero), se obtiene la curva de la figura 11.1., que muestra la evolución del riesgo económico soportado cuando cambia (aumentando o disminuyendo) el nivel de aspiración del beneficio. Ambos valores evolucionan en el mismo sentido, estando siempre asociada una menor cifra de beneficio con un menor riesgo en su consecución, si bien la tasa de cambio no es constante. Como puede verse, a partir de unos determinados niveles de beneficio la curva se hace prácticamente paralela al eje de abscisas.

Volviendo al cuadro XI.1., relativo a los planes de producción vegetal, vemos cómo el mismo muestra un patrón de comportamiento muy regular tanto para la demanda global de tierra como para la importancia de cada cultivo en cada uno de los niveles de aspiración del beneficio analizado. En efecto: por lo que a la demanda de tierra se refiere, se observa que los niveles de aspiración de beneficio comprendidos entre la primera y segunda cota, son alcanzables mediante el uso de las tierras de regadío y

INSERTAR CUADRO 11.1

del 50% de la tierra calma de secano de buena calidad, quedando ociosa la totalidad de la tierra calma de secano de mediana calidad y el 50% de la de buena calidad. Estas tierras van entrando paulatinamente en cultivo a medida que se va elevando el nivel de aspiración del beneficio, siendo prioritario el uso de la tierra de buena calidad frente a la de calidad inferior. La demanda de tierra se hace igual a la oferta total para niveles de beneficio iguales o superiores a treinta y siete millones de u.m., aproximadamente, cifra inferior en un 3% al beneficio máximo generable por la empresa. El comportamiento descrito queda justificado por el lógico menor riesgo técnico del cultivo en tierras de regadío y por el incremento del riesgo técnico en el secano a medida que disminuye la calidad del factor tierra.

Los cambios en el nivel de aspiración del beneficio producen también significativas alteraciones en las alternativas de cultivo dentro de cada clase de tierra:

En tierras de regadío, el crecimiento del nivel de aspiración trae consigo el incremento paulatino de la superficie destinada al cultivo de maíz grano, girasol y habas, en detrimento de la veza-avena para ensilaje, la cebada y el maíz forrajero, cultivos predominantes a niveles bajos de aspiración del beneficio. Al ir creciendo éste, la veza-avena y la cebada desaparecen pronto de la alternativa, en tanto que el maíz forrajero se mantiene hasta el final, pero ya con carácter residual (menos de una hectárea). La remolacha azucarera está siempre presente en la alternativa y siempre al mismo nivel de 19 Has. (máximo permitido en la programación) configurándose así como un cultivo rentable a la vez que poco arriesgado.

En secano de buena calidad, el girasol y el tranquillón dominan la alternativa cuando los niveles de aspiración del beneficio son bajos. A medida que éste aumenta, va disminuyendo la importancia de los mismos hasta desaparecer de la alternativa, a favor de la cebada y de los yeros. Sólo en última instancia, y ya para niveles de beneficio próximos al máximo conseguible, el cultivo

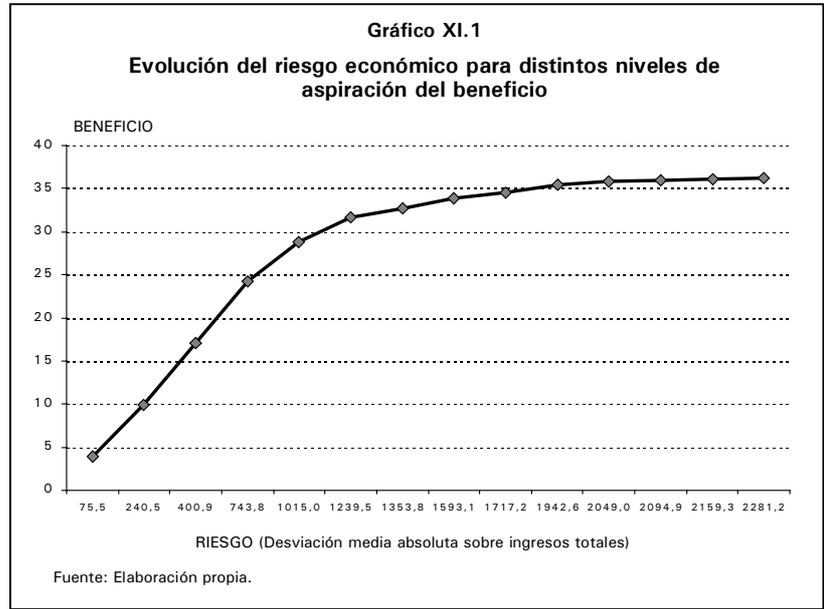
de lentejas desplaza parcialmente al de yeros, situándose en su dimensión máxima permitida (40 Has.), mostrándonos así como un cultivo muy rentable pero también muy arriesgado.

En las tierras de secano de mediana calidad, el cultivo de yeros es el primero que entra en la alternativa y va aumentando su importancia a medida que aumenta el nivel de aspiración del beneficio hasta llegar a ocupar el máximo permitido de superficie. A continuación entran en cultivo la veza-avena para ensilaje, el tranquillón para aprovechamiento directo en verde y la cebada, todos ganando en importancia a medida que va creciendo el nivel de aspiración del beneficio. A tenor de la evolución descrita, al cultivo de yeros cabe calificarlo como un cultivo rentable y poco arriesgado y a la cebada como un cultivo rentable pero bastante más arriesgado, dado que es el último en entrar a formar parte de la alternativa y ya para niveles de beneficio bastante próximos al máximo posible.

El cuadro XI.2., relativo al plan de ventas de productos vegetales, muestra un comportamiento muy estable, no produciéndose prácticamente ninguna alteración en los subperíodos en los que se venden los distintos productos al recorrer el intervalo de valores contemplado para el beneficio y el riesgo. Así, la cebada se vende siempre en el segundo trimestre, los yeros en el tercero y las habas en el cuarto. La única alteración destacable está relacionada con el destino último dado a la cebada que se produce, la cual a niveles de aspiración del beneficio medios-bajos se destina íntegramente a la venta, en tanto que a niveles medios-altos, una parte de la misma se reemplaza como alimento del ganado (ver cuadro XI.4.).

VER SI PUEDO METER VERTICAL EL CUADRO II.2

Como nos muestra el cuadro XI.3., las actividades de ceba de corderos para su posterior venta es función creciente del nivel de aspiración del beneficio, lo que nos habla de su buena rentabilidad y de su no despreciable riesgo.



La actividad de ceba de corderos con inicio en el tercer trimestre y finalización en el cuarto es la más regular y estable tanto por su presencia constante como por la dimensión y el origen de los corderos cebados.

La actividad de ceba de corderos para venta con inicio en el segundo trimestre y finalización en el tercero entra a formar parte de la solución a partir de niveles de aspiración del beneficio iguales o superiores a los treinta millones y medio de u.m., alcanzando la dimensión máxima permitida a partir de los treinta y cinco millones ochocientos mil u.m., cifra bastante próxima ya a la de máximo beneficio alcanzable por la empresa con su actual estructura productiva.

INCLUIR CUADRO II.3.

La ceba de corderos con inicio de fase en el cuarto trimestre y finalización en el primero sólo forma parte de la solución óptima para niveles de aspiración del beneficio prácticamente iguales a la cota máxima de beneficio alcanzable, situándose en su dimensión máxima para este último valor.

La ceba de corderos con inicio de fase en el primer trimestre y finalización en el segundo no forma parte de las soluciones óptimas encontradas. Las crías destetadas en este primer trimestre se destinan a la venta en su totalidad.

Con respecto a la alimentación del ganado de renta y de renovación, lo primero que hay que destacar es la inestabilidad de la composición de la mezcla al pasar de un nivel de aspiración a otro (cuadro XI.4). En términos cualitativos la mezcla se estabiliza a partir del noveno nivel de aspiración analizado, pero la composición cuantitativa cambia siempre de un nivel a otro con mayor o menor intensidad:

El heno de alfalfa y el maíz grano comprados resultan interesantes como ingredientes en el tramo de valores bajos del nivel de aspiración del beneficio, reduciéndose su importancia de forma paulatina a medida que va aumentando el mencionado nivel, hasta desaparecer totalmente de la mezcla.

El empleo como alimento de la cebada de procedencia interna sólo resulta interesante para altos niveles de aspiración del beneficio y siempre en unas cuantías relativamente bajas. La cebada comprada presenta un perfil similar, diferenciándose de la de reemplazo por su más pronta incorporación al conjunto de alimentos configuradores de las mezclas alimenticias y por su mayor peso en la ración.

Para la torta de girasol, presente en mayor o menor grado en todas las mezclas alimenticias generadas, no es posible aislar un patrón específico de comportamiento, hasta el punto de que su participación en la ración no parece estar relacionada con el nivel de aspiración del beneficio.

INSERTAR CUADRO 11.4

Merece destacarse, por último, el caso del ensilaje de maíz de producción propia. El mismo mantiene una importante participación en trece de las catorce mezclas alimenticias generadas, reduciéndose drásticamente su participación en la mezcla correspondiente a la solución de beneficio máximo, destinándose las tierras liberadas al cultivo de maíz grano para venta de la producción.

Hasta aquí las principales aportaciones del análisis de sensibilidad, técnica que, como se ha podido comprobar, contribuye con su aplicación a la clarificación de las situaciones decisionales y, por ende, a la mejora de la calidad de las decisiones tomadas, pues no cabe duda que con su uso se ahonda en el conocimiento de la realidad y de las situaciones, aumentando la probabilidad de acierto en la decisión.

## **Capítulo XII**

### **A manera de conclusión**



## XII.1. LA INVESTIGACIÓN REALIZADA: JUSTIFICACIÓN Y SÍNTESIS

Para las empresas agrarias españolas han pasado ya los tiempos de la improvisación y de las prácticas rutinarias. Los cambios habidos en las cuatro últimas décadas les han introducido de lleno en el campo de la agricultura científica, abierta, de mercado y competitiva. Se trate de la producción, entendida en sentido estricto, del almacenamiento, de la transformación o de la venta de productos, el problema a resolver en las actuales circunstancias es siempre complejo, no siendo suficiente el buen sentido para encauzar con acierto todos los aspectos de la gestión empresarial. El empleo de métodos y modelos científicos en la toma de decisiones se hace cada día más necesario como complemento a la experiencia o a la mera intuición.

Pero frente a la conveniencia, o casi podríamos decir necesidad, de empleo de técnicas de decisión más o menos sofisticadas en la gestión de la empresa agraria, nos encontramos con la escasa implantación de las mismas en la realidad. La pequeña o, a lo sumo, mediana dimensión de la gran mayoría de las empresas del agro, unida a la falta de personal cualificado en sus plantillas, es, a nuestro entender, la razón fundamental que justifica esa escasa implantación, pues, muy pocas empresas están en condiciones de aportar los conocimientos técnicos necesarios para la elaboración y explotación de modelos específicos de toma de decisiones.

El obstáculo, que representa esa pequeña dimensión y esa falta de cualificación profesional para la implantación de técnicas de decisión eficientes pero dotadas de una cierta complejidad conceptual y operativa, entendemos que puede ser superado a través de la normalización de métodos y modelos o, lo que es equivalente, mediante la creación de estructuras conceptuales generales de las que puedan derivarse, con relativa facilidad y poco esfuerzo, aplicaciones específicas a problemas concretos.

En este sentido, con la reflexión que ahora concluye se ha perseguido la consecución de un triple objetivo:

- En primer lugar, la construcción de un modelo normalizado de planificación económica-financiera a corto plazo específicamente pensado para las empresas agrarias de cabecera, de forma que los posibles casos concretos puedan ser tratados como casos particulares de la situación general acotada y aprehendida por nuestro modelo-base. El mismo tiene un nivel de desagregación suficiente para que sea útil en la práctica, pues recoge los aspectos económico-financieros de la empresa y los flujos reales de bienes producidos, comprados, almacenados, transformados y vendidos, pues siendo la empresa un sistema integrado por un conjunto de subsistemas interdependientes, ninguno de ellos puede estudiarse aisladamente si no es a costa de simplificaciones desfiguradoras de la realidad.
- Dada la complejidad del área de estudio elegida, es claro que cualesquiera que hubieran sido las características del modelo resultante, el empleo del ordenador en la fase de resolución de los problemas concretos propuestos se hubiera hecho inevitable. Por ello, y al objeto de dotar al modelo de la máxima operatividad y de contribuir a la mayor difusión de su empleo, el segundo objetivo de esta investigación ha sido el de adaptarlo en todo momento a las posibilidades actuales de proceso y resolución en microordenador, para que quede así al alcance de la pequeña y mediana empresa.
- El tercer objetivo ha sido la aplicación de los enfoques teóricos propuestos a un caso real, poniendo así de manifiesto el potencial descriptivo y la capacidad normativa del modelo.

La consecución eficiente de los objetivos propuestos ha obligado al desarrollo de un largo proceso analítico, estructurado en las cinco siguientes fases:

- 1º. Delimitación del alcance y contenido de la planificación financiera a corto plazo en el marco de nuestra investigación
- 2º. Delimitación de la realidad a modelizar y de las características más relevantes de la misma.
- 3º. Determinación del tipo de modelo más apropiado a la vista de la naturaleza y características generales del problema a resolver.
- 4º. Establecimiento de las características y estructura del modelo a la luz de las particularidades y características de la realidad objeto de estudio.
- 5º. Modelización propiamente dicha y puesta a prueba del modelo mediante su aplicación a un caso concreto.

El modelo aporta como output no sólo la mejor combinación de actividades y, por ende, la mejor configuración de la cuenta de explotación previsional, sino también otros dos documentos fundamentales para la gestión y el control financiero: el balance de situación previsional al final del ejercicio económico que se planifica y el plan (presupuesto) de tesorería.

Las partidas parciales configuradoras de los tres documentos mencionados (cuenta de explotación, balance de situación y plan de tesorería), juegan en el modelo el papel de variables de resultados o endógenas, explicadas por las variables de decisión que recogen y expresan la problemática relacionada con el qué, cuánto y cómo producir, cuándo y dónde comprar y vender, y cómo financiar los déficit de tesorería. Los valores correspondientes al balance de situación inicial, son punto de arranque en el planteamiento y tienen, lógicamente, el carácter de dato en la modelización.

## XII.2. RASGOS FUNDAMENTALES DEL MODELO DE DECISIÓN

### 1º Modelo descriptivo-normativo

El conjunto de relaciones del modelo es una reproducción (simplificada) de la realidad, que intenta describir el funcionamiento del sistema sobre el que se pretende influir, determinando para el mismo formas de actuación óptimas a la vista de unos objetivos previamente definidos.

### 2º Linealidad de las funciones

El manejo de funciones no lineales –que hace posible el mantenimiento en los modelos de programación de la hipótesis de rendimientos no proporcionales, propia de la teoría de la producción- lleva aparejados dos importantes limitaciones en aquellos casos en los que se pretende la modelización de situaciones reales relativamente complejas: Una de esas limitaciones tiene que ver con la dificultad que entraña la determinación empírica de funciones no lineales concretas, pues la gran mayoría de los empresarios del agro no están en condiciones de aportar, no ya las funciones concretas, sino la misma información de tipo experimental que permita al analista la estimación de las formas de las funciones y el ajuste de las mismas. La otra limitación está relacionada con la dificultad inherente a la resolución de problemas no lineales con restricciones, dificultad que ha hecho que los algoritmos de resolución se encuentren muy poco desarrollados, no existiendo hasta el momento ninguno que sea capaz de resolver todo tipo de problemas no lineales y menos en microordenador.

Las dos anteriores limitaciones hacen que la programación no lineal tenga en la actualidad una muy escasa proyección práctica (excepción hecha de algunas formas muy concretas, como puede ser el caso de la programación cuadrática) y han hecho

también que en nuestra valoración de los distintos enfoques o modelos de programación matemática, acabemos asignándole la máxima puntuación a los modelos lineales, máxime si tenemos en cuenta que la adopción de sus hipótesis, si bien supone una cierta simplificación de la realidad, no lo es en un grado tal que haga irreconocible a ésta e inaceptable la solución del modelo, pues si se aplica correctamente el principio de la diferenciación de actividades, definiendo atentamente éstas y los límites entre los que pueden variar sus niveles, sus postulados acaban siendo realmente poco restrictivos.

### **3º Globalidad**

El modelo es de carácter global, contemplando en su integridad la actividad económico-financiera de la empresa en el marco del corto plazo. La naturaleza de la producción agraria, el cúmulo de relaciones existentes entre la mayoría de los procesos definibles y la complejidad, en suma, de la actividad, dan prevalencia a los métodos de planificación global frente a los de planificación parcial.

### **4º Consideración explícita de la dimensión temporal**

El carácter biológico de los procesos productivos agrarios hace que éstos sean enormemente inelásticos con respecto al tiempo, tanto desde el punto de vista de su duración total como en lo que concierne a las fechas de comienzo y finalización del proceso, aspecto este último especialmente relevante en el caso de la producción vegetal al aire libre. Ello hace que resulte primordial el conocimiento de la distribución en el tiempo de los actos parciales y su inclusión en el análisis del problema si se quiere llegar a planes realistas y eficientes. No basta con la delimitación clara y precisa del período al que se refiere el plan, sino que hay también que definir períodos parciales dentro del mismo, a los que estarán referidas las disponibilidades y demandas de factores y la oferta de productos. Esta periodificación permite una más exacta adecuación en el tiempo de la oferta de factores en

relación con la demanda, la transferencia de recursos y operaciones entre períodos parciales y, en fin, la incorporación de la variabilidad en el tiempo de los precios de factores y de productos, condición *sine que non* para la optimización parcial de los actos de compra de factores variables y de venta de productos almacenables. La planificación, en definitiva, debe ser dinámica aún en el marco del corto plazo.

#### **5° Presencia de variables enteras**

A corto plazo -período en el que se cuenta con un determinado stock de recursos fijos y en el que se pretende no la determinación de la mejor combinación de recursos sino la determinación de la mejor asignación de los mismos- no es, generalmente, necesario recurrir a formulaciones en números enteros, pues las únicas variables enteras de origen son las unidades técnicas de naturaleza biológica (terneros, corderos, cerdos, etc.) y la práctica usual es tratarles como si fueran perfectamente divisibles (variables continuas) y redondear la solución eligiendo los valores enteros más próximos. No obstante, puede surgir en la modelización la necesidad de incluir *condiciones lógicas* que exigen la inclusión de variables enteras de naturaleza binaria, convirtiéndose así el problema, que en sí mismo es de programación lineal continua, en otro de programación lineal mixta. En el modelo concreto por nosotros propuesto se incluyen dos variables enteras bivalentes, necesarias para la modelización del aprovisionamiento de fertilizantes, único factor para el que se considera en el modelo desfase temporal entre los actos de compra y de consumo.

#### **6° Modelo con elementos aleatorios**

La aleatoriedad es algo consustancial a la actividad agraria. La misma afecta a los rendimientos unitarios de cultivos y ganados; a los precios de compra de los factores y a los de venta de los productos; a la composición cuantitativa de los productos vegetales en principios nutritivos (proteína digestible, unidades

alimenticias, etc.); a los consumos unitarios de ciertos factores por las actividades de producción e, incluso, a las disponibilidades efectivas de algunos recursos considerados como fijos a corto plazo (agua de riego, mano de obra para trabajos al aire libre, etc.).

En rigor, todo lo anterior debería ser tratado como aleatorio en los modelos, pero las grandes necesidades de información asociadas al tratamiento estocástico global del problema, la gran complejidad teórica del tema que no guarda parangón con su trascendencia efectiva en muchos casos y la frecuencia con la que se desemboca en planteamientos para los que no hay algoritmos capaces de asegurar la obtención del óptimo global, hacen que los enfoques de programación estocástica sean poco usados en la práctica y que en el tratamiento de problemas reales de planificación global se tienda a una cierta simplificación de la realidad, respetando el carácter aleatorio sólo en los aspectos con mayor trascendencia y relevancia para la decisión.

En concordancia con lo anterior, los rendimientos unitarios de cultivos y ganados, los precios de venta de los productos y los de compra de alimentos simples para el ganado, son los únicos coeficientes tratados como inciertos en esta investigación, introduciendo la minimización del riesgo económico como una componente más del conjunto de objetivos perseguidos por el sujeto decisor. De entre los distintos enfoques de modelización del riesgo se ha optado por el de la minimización de la desviación media absoluta de la renta (MOTAD) propuesto en su día por P. Hazell.

### **7º Objetivos múltiples**

Pensamos que si algo resulta incontrovertible es la existencia de más de un objetivo en los procesos de toma de decisiones en la empresa agraria. El decisor se enfrenta así a una función de criterio a optimizar, caracteriza por la presencia de múltiples objetivos.

En el marco de la programación matemática se distinguen dos enfoques fundamentales en el tratamiento de problemas caracterizados por la presencia de múltiples objetivos los cuales representan un evidente avance sobre la programación lineal corriente que incorpora, como sabemos, un único objetivo a la función de logro, recibiendo el resto el tratamiento de meras restricciones. Nos referimos a la programación multiobjetivo y a la programación por metas.

Sin ignorar los aspectos positivos de la programación multiobjetivo, nos hemos inclinado por la programación por metas, pues entendemos que ésta representa un claro avance frente a la primera al permitir una mayor adaptación del modelo a la realidad por combinar la lógica de la programación matemática convencional con el deseo del ente decisor de satisfacer, en sentido simoniano, diferentes objetivos.

#### **8° Modelo económico-contable**

Es un modelo económico-contable en el sentido de que no se limita a establecer relaciones en las que intervienen variables de decisión (*ecuaciones de conducta*) necesarias para la determinación del plan óptimo de actuación, sino que también incluye relaciones o identidades de tipo contable que permiten conocer la configuración del Balance de Situación Final y la Cuenta de Pérdidas y Ganancias del período y cómo varían las distintas rúbricas de los dos anteriores estados contables al influir en cualquiera de las variables de decisión o actividades.

### **XII.3. LIMITACIONES DE LA PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA MONOPERIÓDICA EN PLANIFICACIÓN AGRARIA**

En producción agraria, debido a la rigidez temporal y gran duración de los procesos cualesquiera que sean las fechas de inicio

y de finalización del período anual de referencia, resulta prácticamente inevitable la presencia al final del mismo de actividades en curso. Ello puede representar una importante limitación para los enfoques de planificación de período único (ejercicio venidero inmediato) porque desde esa perspectiva temporal limitada resulta imposible determinar, por ejemplo, si interesa iniciar la producción de un determinado bien en el ejercicio que comienza para suministrarlo como alimento al ganado en el siguiente, pues se trata de un problema de asignación de recursos que requiere para su correcta resolución la consideración simultánea de las distintas fuentes y destinos alternativos.

Una forma obvia de resolución del problema anterior u otros similares es adentrarse en el dominio de la programación multiperíodica, enfoque del que nosotros hemos prescindido fundamentalmente por razones operativas, ya que con su empleo se corre el riesgo de desembocar en una situación difícil por la gran complejidad y dimensión de los modelos resultantes que los haría prácticamente inabordables para el empresario del agro. En su lugar se propone un enfoque alternativo que implica la determinación en forma sucesiva de dos planes de actuación: uno para situación estacionaria o de régimen permanente, en la cual se asume que las actividades se van a reproducir idénticamente todos los años indefinidamente, y otro para el período venidero inmediato, que es el que constituye el objeto efectivo de reflexión. El proceso de análisis se inicia con la determinación del plan de actuación en situación estacionaria y a continuación el correspondiente al período venidero inmediato a la luz de la situación de partida y de las exigencias que se deriven del determinado en primer lugar.

## **XII.4. CONSIDERACIONES FINALES**

Por su innegable valor como instrumento de análisis, el modelo propuesto creemos que puede jugar un importante papel en el dominio de la planificación económico-financiera a corto plazo de

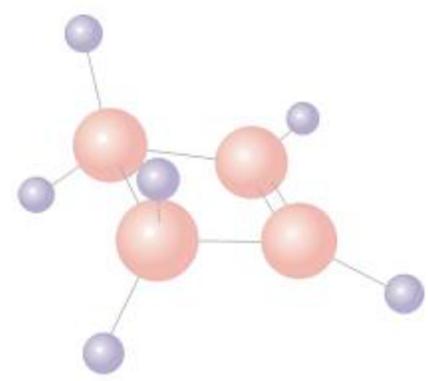
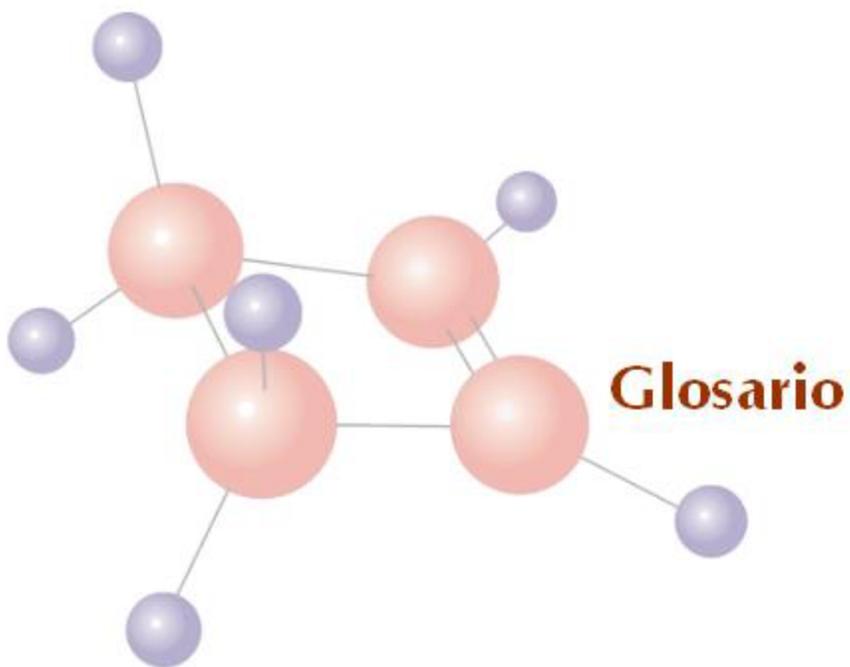
las empresas agrarias de cabecera, pues contempla la amplia serie de cuestiones que modernamente se enuncian como sustanciales en el área de la gestión a corto plazo, contribuyendo, por añadidura, a la tarea de conexión de la contabilidad con la economía de la empresa facilitando así la presupuestación y el correlativo control de gestión. En efecto:

Desde el punto de vista normativo, su empleo resulta útil para la determinación de los planes de actuación óptimos en las distintas áreas de la gestión económica y financiera, así como para el establecimiento de los presupuestos de explotación y de tesorería y del balance de situación final previsional. Por otra parte, el análisis de sensibilidad por niveles de aspiración y de prioridad, pone un amplio abanico de posibilidades de actuación alternativas a disposición del centro decisor, cada una de ellas con sus propias características, contenidos e implicaciones.

Desde el punto de vista descriptivo, el modelo puede utilizarse para profundizar en el conocimiento de las interconexiones y funcionamiento del sistema empresarial. También puede utilizarse para evaluar diferencias entre los planes de actuación teóricamente óptimos y los realmente aplicados por la empresa, pudiendo proporcionar esta clase de análisis orientaciones adecuadas a la hora de corroborar o refutar determinadas hipótesis relativas al comportamiento empresarial.

**Pensamos, en definitiva, que la programación matemática, y en especial la programación por metas, constituye un enfoque fructífero y prometedor para la resolución de problemas de toma de decisiones en contextos de objetivos múltiples, como es el caso de la empresa agraria, y esperamos que esta publicación sirva para comprender mejor el funcionamiento de la misma, y para estimular la aplicación de métodos científicos avanzados en su planificación.**





- **Actividad productiva.** Suceso o serie de sucesos físicos en que participa el hombre con la intención de transformar recursos en productos. También pueden ser concebidas como articulaciones necesarias del mecanismo de producción, incluyéndose en el mismo como demandantes de factores y oferentes de productos.
- **Cultivos en curso.** Cultivos herbáceos con procesos de producción iniciados en un determinado ejercicio y no finalizados al cierre del mismo.
- **Cultivos permanentes.** Cultivos arbóreos o herbáceos que ocupan la tierra de forma continuada durante dos o más ciclos productivos completos.
- **Factores de producción duraderos.** Son empleables en varios procesos de producción sucesivos.
- **Factores de producción no duraderos.** Son factores de un solo uso, empleables, por consiguiente, en un único proceso de producción.
- **Factores de producción fijos.** Son aquellos con respecto a los cuales la empresa tropieza con dificultades prácticamente insalvables para variar a corto plazo sus disponibilidades. Suelen ser factores de producción duraderos.
- **Factores de producción variables.** Son aquellos cuyas disponibilidades a corto plazo son perfectamente flexibles, salvo que dificultades de orden financiero impidan los incrementos de la oferta interna. Suelen ser factores de producción no duraderos.
- **Factores ligados.** Son los que al participar en los procesos de producción lo han de hacer guardando una relación de cantidad fija, no siéndoles posible variar independientemente uno del otro.
- **Factor limitativo.** Guarda una relación cuantitativa fija y conocida con el producto en el proceso de producción, de manera que cada unidad de producto requiere el empleo de determinadas unidades de factor, no pudiendo variar dicha relación salvo que se varíe la técnica de producción.
- **Factores sustituibles.** Son aquellos cuyos efectos se compensan, de tal forma que es posible obtener una determinada cantidad de producto mediante combinaciones alternativas de los mismos.
- **Factores sustituibles-limitativos.** Son sustituibles en la obtención de un determinado producto, pero el empleo de cada uno de ellos

por unidad de producto no puede ser inferior a una determinada cantidad límite.

- **Ganadería de engorde.** Actividad ganadera de carácter temporal e intermitente que proporciona un producto que no se separa del animal productor, sino que queda incorporado al mismo. Los animales tiene e
- doble carácter de factor y de producto aunque prevaleciendo este último, razón por la que desde el punto de vista contable pertenecen al activo circulante.
- **Ganadería de renta.** Explotación económica de animales que proporcionan productos que son automáticamente separables y separados del animal productor. Estos animales tiene el carácter de bienes de producción (factores) duraderos y forman parte del activo fijo de la empresa.
- **Incertidumbre económica.** Tiene dos componentes: técnica y comercial. La primera se deriva de la inestabilidad de los rendimientos físicos, frecuente en la agricultura al ser una actividad biológica que se desarrolla al aire libre, y la segunda se deriva de las oscilaciones de los precios de productos y factores, sobre los que el agricultor no tiene prácticamente, ningún control. Manifiesta sus efectos a corto plazo.
- **Incertidumbre institucional.** Viene motivada por posibles cambios en la política agraria o en las preferencias y comportamientos del consumidor, con sus consiguientes efectos sobre la oferta y demanda agrícolas. Manifiesta sus efectos a largo plazo.
- **Incertidumbre tecnológica.** Nace del conocimiento inexacto de cuales serán los avances tecnológicos futuros y cuales sus efectos sobre los productos y los métodos y prácticas de la producción. Manifiesta sus efectos a largo plazo
- **Modelo.** Representación simplificada, física o abstracta, de una realidad. Se apoya en teorías e hipótesis y tiene por objeto comprender mejor el fenómeno o sistema considerado y permitir una mejor actuación sobre él.
- **Modelo explicativo.** Adopta un enfoque que puede ser exclusivamente descriptivo (*lo que es*) o descriptivo-interpretativo (*lo que es y el por qué*).
- **Modelo de decisión.** Está constituido por un modelo básico de carácter explicativo más una función de objetivo o de criterio. El

mismo permite no sólo la descripción e interpretación de la realidad, sino también el establecimiento de pautas de actuación con vista a la transformación de esa realidad (enfoque normativo o *lo que debe ser*).

- **Modelo MOTAD.** Enfoque alternativo al criterio *Esperanza-Varianza* en medición del riesgo derivado de la variabilidad de la renta (margen bruto). Fue propuesto por P.B.R. Hazell en 1971 y consiste en la sustitución del anterior criterio por el de la *esperanza-desviación media absoluta*. El modelo permite minimizar la desviación media absoluta para un nivel dado de renta esperada, el cual puede ser parametrizado, generándose de esta forma el conjunto eficiente EA de planes de actuación. El enfoque sigue muy de cerca el de programación cuadrática pero sin la necesidad de un algoritmo de programación no lineal, con la ventaja añadida de su fácil incorporación a la estructura de los modelos de programación por metas, pues, para ello basta con incluir las restricciones específicas del método entre las restricciones-meta del modelo de programación y añadir las desviaciones positivas y negativas a la función de logro.
- **Nivel de aspiración.** Valoración cuantitativa del logro para cada uno de los objetivos del centro decisor. La combinación de un objetivo con un nivel de aspiración da origen a una meta.
- **Nivel de prioridad.** Agrupación jerárquica de los objetivos en función de su importancia para el sujeto decisor (estructura piramidal de los objetivos). El reagrupamiento de los objetivos por niveles es constitutivo de la programación por metas lexicográficas.
- **Período de planificación.** Período de referencia para los objetivos y para las actividades y procesos de necesaria realización con vista a la consecución de los mismos (plan de actuación). Es normal en planificación agraria la subdivisión del período total de planificación en subperíodo, debido a la rigidez temporal de los procesos.
- **Plan de actuación de régimen permanente.** Está referido a un período genérico y las actividades que lo configuran se reproducen idénticamente un período tras otro indefinidamente e implica la estabilidad en el tiempo de la estructura productiva de la empresa y la del sistema relativo de precios. La hipótesis de régimen permanente está implícita prácticamente en la totalidad de los modelos de programación monoperiódicos recogidos en la literatura especializada.

- **Plan de actuación para el período venidero inmediato.** Es el plan para el ejercicio siguiente al que se está en el momento presente. Se confecciona a partir de la situación de la empresa al inicio del período de referencia (disponibilidades de recursos, actividades en curso de realización, etc.) debiendo ser un plan que deje a la empresa al final del período (ejercicio) en condiciones de poder aplicar el plan de actuación propio de régimen permanente en el período siguiente .
- **Planificación financiera a corto plazo.** Hace referencia al desarrollo de actividades productivas y comerciales y de su financiación, dentro de una estructura general de la empresa dada y de una situación económica también dada. El ámbito de la planificación a corto plazo es el de la explotación.
- **Planificación financiera a la largo plazo.** Admite la posibilidad de modificación en los mercados y en los medios constituyendo un conjunto de opciones que cuestionan hasta la propia existencia de la empresa, modificando su orientación y su dimensión. Se relaciona íntimamente con la política de inversiones en estructura y el estudio del mercado de capitales a largo plazo.
- **Procesos de producción competitivos.** Son aquellos que compiten por los recursos a tasas de sustitución crecientes, constantes o decrecientes, si bien este último caso no es frecuente en agricultura.
- **Procesos de producción complementarios.** Se caracterizan porque con el mismo montante de factores, el incremento de uno de los procesos produce cierto incremento en los otros.
- **Procesos de producción conjunta.** Mediante su desarrollo se obtienen dos o más productos a partir de factores de producción comunes en todo o en parte.
- **Procesos de producción conjunta acoplada.** Son una clase especial dentro de los procesos de producción conjunta, caracterizándose por ser prácticamente fijas e invariables las proporciones de los productos obtenidos o liberados por el proceso (trigo-paja, por ejemplo).
- **Procesos de producción conjunta no acoplada.** Los factores fijos, o fijados en cantidad, se asignan a la producción de dos o más productos generados por procesos independientes, salvo en lo que concierne a su competencia por la clase de factores antes mencionados.

- **Procesos de producción suplementarios.** Son procesos que no compiten ni se potencian y se dan cuando uno de ellos entra en el sistema de producción utilizando recursos excedentes o entre procesos desplazados en el tiempo que utilizan recursos escasos.
- **Productos Tipo I.** Productos vegetales definidos como reempleables en alimentación del ganado, no almacenables ni vendibles. Su único destino una vez obtenidos es el empleo como alimento del ganado dentro del subperíodo en el que son liberados por las actividades de producción.
- **Productos Tipo II.** Productos vegetales o animales definidos como vendibles, no almacenables ni reempleables. Su único destino, por tanto, es la venta en el momento de su obtención.
- **Productos Tipo III.** Productos vegetales o animales definidos como no almacenables, vendibles y reempleables. Son posibles para los mismos dos destinos alternativos en el momento de su obtención: la venta y el reemplazo (en la alimentación del ganado en el caso de productos vegetales y como animales de engorde en el caso de las crías destetadas de ganado de renta).
- **Productos Tipo IV.** Productos vegetales definidos como vendibles, almacenables y no reempleables. Su destino es la venta en el momento de su obtención o más adelante, pero siempre antes de su siguiente obtención potencial en la empresa.
- **Productos Tipo V.** Productos vegetales definidos como almacenables reempleables y no vendibles. Son productos reempleables en alimentación del ganado en el momento de su obtención o más adelante pero siempre antes de la siguiente obtención potencial en la empresa.
- **Productos Tipo VI.** Productos vegetales definidos como almacenables, reempleables y vendibles. Pueden ser reemplazados en alimentación del ganado o vendidos en el momento de su obtención o más adelante, pero siempre antes de la siguiente obtención potencial.
- **Programación matemática convencional.** Enfoque alternativo al análisis marginal clásico en la resolución del problema de asignación de recursos escasos entre usos alternativos. Sustituye la función de producción de la teoría clásica por un conjunto finito de procesos o actividades, demandantes de factores y oferentes de productos, unidas entre sí por determinadas relaciones, que permiten tener en cuenta la necesidad de mantener el consumo de determinados recursos dentro de los límites fijados por las

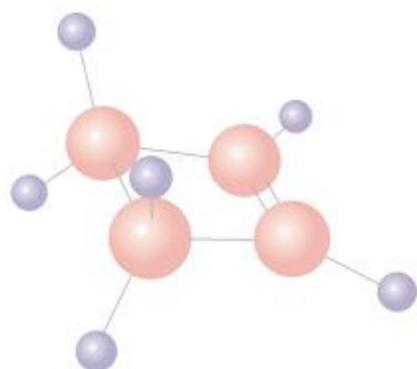
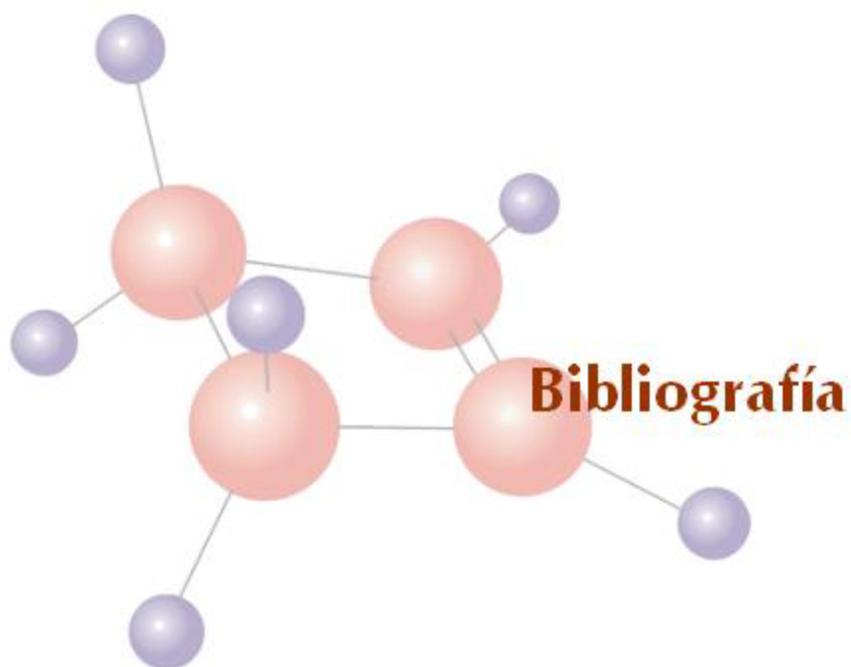
disponibilidades. El reto consiste en encontrar el subconjunto de actividades más eficientes así como sus respectivos niveles de intensidad (programa de producción) a la vista de los objetivos prefijados de los cuales sólo uno está en la función objetivo, teniendo los restantes, si los hubiera, el carácter de restricciones.

- **Programación multiobjetivo.** Aborda la optimización simultánea de varios objetivos sujetos a la satisfacción de un conjunto de restricciones que usualmente son lineales. Como resulta imposible definir un óptimo cuando existan varios objetivos, la programación multiobjetivo en vez de buscar un único óptimo trata de generar el conjunto de soluciones eficientes (soluciones no dominadas u óptimo de Pareto).
- **Programación por metas.** Es una variante de la programación matemática convencional que persigue la minimización de las desviaciones existentes entre el logro de las metas y sus niveles de aspiración. El proceso de minimización puede acometerse introduciendo coeficientes de ponderación excluyentes (programación por metas lexicográficas) o bien introduciendo coeficientes no excluyentes (programación por metas ponderadas). Presenta un claro avance frente a la programación matemática convencional y frente a la programación multiobjetivo, ya que permite una mayor adaptación a la realidad al combinar la lógica de la programación matemática con el deseo del decisor de satisfacer, en sentido simoniano, diferentes objetivos. La introducción de variaciones en el orden de las prioridades o en los valores asignados a los niveles de aspiración, permite la generación de soluciones alternativas entre las que elegir (*análisis de sensibilidad*).
- **Relaciones estructurales o restricciones.** Conjunto de ecuaciones o inecuaciones que recogen las interrelaciones existentes entre las diversas magnitudes que se integran en el modelo. El conjunto de las mismas da lugar a la matriz de programación.
- **Superficie Agrícola Útil.** Parte de la superficie total de la empresa agraria que sirve de forma directa e inmediata para la producción, siendo, por ello, la única que debe ser inventariada como recurso productivo en la planificación de actividades. Comprende: las tierras laborables; las superficies de pasto permanente; las plantaciones de frutales, las viña, el olivar y otros cultivos arbóreos o herbáceos permanentes.

- **Variables de compra o alquiler de factores.** Son variables de decisión que recogen y cuantifican el flujo de factores desde el exterior hacia la empresa, necesario para el desarrollo de los procesos productivos.
- **Variables de decisión.** Simbolizan actividades a realizar por la empresa, representando los valores tomados por las mismas, el nivel o dimensión de dichas actividades en el plan de actuación propuesto. Son, generalmente, formas alternativas de utilización o empleo de los recursos disponibles.
- **Variables de desviación.** Son propias de las restricciones rígidas de máximo y de las restricciones-meta. En el primer caso miden la desviación positiva sobre un determinado nivel de exigencia y en el segundo el exceso o la falta de logro respecto a un determinado valor-meta, fijado por el sujeto decisor.
- **Variables de disponibilidad.** Son las variables de holgura de las restricciones rígidas de mínimo y miden la diferencia entre los recursos disponibles y lo realmente utilizado, definiendo, en consecuencia, el grado de inactividad de los factores.
- **Variables de producción.** Son variables de decisión que representan a las actividades productivas generadoras de productos vegetales o animales.
- **Variables de producción bloqueadas.** Son variables con valor predeterminado igual al nivel a que se están desarrollando en la empresa, las actividades a las que las variables representan (cultivos permanentes, cultivos en curso, ganado de renta, etc.) al inicio del período de planificación.
- **Variable de producción compleja  $X_c$ .** Variable de producción de valor unitario cuyo vector columna tiene por coordenadas coeficientes técnicos resultado de la agregación de los correspondientes a variables de producción bloqueadas. Su uso en la modelización permite la agregación total o parcial de las actividades de nivel predeterminado, con la consiguiente disminución del número de variables manejadas.
- **Variables de situación.** Informan del estado inicial del sistema, punto de arranque de la planificación. Son variables de carácter histórico con valor predeterminado, que introducen en el modelo de programación las distintas partidas del balance de situación inicial y otras sin cabida en la contabilidad, que hacen referencia a disponibilidades de recursos como la mano de obra o el agua de riego.
- **Variable de situación específica (Variable de estado  $X_e$ ).** Variable

de situación de valor unitario cuyo vector columna tiene por coordenadas los saldos físicos o monetarios correspondientes a las distintas partidas configuradoras de la situación inicial. Su uso en la planificación permite la no utilización de variables de situación específicas, con la consiguiente reducción de las dimensiones de la matriz de programación.

- **Variables de transferencia.** Son variables de decisión que recogen y cuantifican el traspaso de factores o productos entre procesos o entre períodos parciales dentro del período total de planificación.
- **Variables de venta.** Son variables de decisión que registran y cuantifican los actos de venta de los productos generados por la empresa o comprados previamente con fines especulativos.
- **Variables endógenas o de resultados.** Están situadas *dentro del modelo* en el sentido de que su valor depende del valor tomado por las variables de decisión. Representan a las distintas partidas del balance de situación final y de la cuenta de pérdidas y ganancias.
- **Variables especiales o de escritura.** Nacen de forma improvisada, dependiendo muchas veces su aparición de la habilidad del modelizador o alternativa seguida a la hora de reflejar determinados aspectos de la realidad. Un ejemplo en nuestro caso es el de las variables enteras bivalentes usadas en la modelización del proceso *compra-consumo* de fertilizantes.
- **Variables financieras.** Son variables de decisión que recogen los movimientos de fondos desde el exterior a la empresa (cantidades tomadas a préstamo) y desde ésta al exterior (pago de intereses y devolución del principal).



ACKOFF, R. L., CHURMAN, C. W. y ARNOFF, E. L. (1973), **Introducción a la Investigación Operativa**, Madrid, Aguilar.

ACKOFF, R.L. (1962), **Scientific Management**, New York, Wiley and Sons, Inc.

AECA, (1999), **La Contabilidad de Gestión en la Empresa Agraria**, Ediciones Ortega, Madrid.

AMADOR, F.; BARCO, A. y ROMERO, C. (1987), **Multiple Objectives in Agricultural Planning: A Compromise Programming Application**, American Journal of Agricultural Economic, Vol. 69.

ANDERSON, J. R. (1974), *Análisis de los sistemas agrícolas: retrospectiva y perspectiva*, en J. B. Dent y J. R. Anderson, **El Análisis de sistemas de administración agrícola**, México, Diana.

ANDERSON, J. R.; DILLON, J. L. y HARDAKER, B., (1980), **Agricultural Decision Analysis**, Ames, Iowa, The Iowa University Press (2º Ed.)

ANTLE, J. M. (1987), *Econometric estimation of Producer's risk attitudes*, **American Journal of Agricultural Economics**, nº 69.

BACHILLER CACHO A. y Otros (1982), **Gestión económico-financiera del circulante**, Madrid, Pirámide, S. A..

BALINSKI, M. L. (1965), *Integer Programming Method, Uses, Computation*, Management Science, Vol. 12.

BALLARÍN MARCIAL, M. (1979), *Derecho Agrario*, Madrid, RDP.

BALLESTERO PAREJA, E. (1968), "La Economía Agrícola: tendencias y horizontes", *Estudios Agrosociales*, nº 65, Octubre-Diciembre.

BALLESTERO PAREJA, E. (1983), **Principios de Economía de la Empresa**, Madrid, Alianza Universal.

BALLESTERO PAREJA, E. (1995), **Contabilidad Agraria**, Madrid, Ed. Mundi-Prensa.

BARNARD, C. S, y NIX, J. S. (1984), **Planeamiento y control agropecuario**, Buenos Aires, El Ateneo.

BENEDICTIS, M. de y V. COSENTINO, (1979), **Economia dell'azienda agraria**, Bologna, Ed. Il Milano.

BENEKE R. R. y WINTERBEER, R. (1984). **Programación lineal: aplicación a la agricultura**, Barcelona, Aedos.

BISHOP, C.E. y TOUSSANT, W.O., (1966), **Introducción al análisis de economía agrícola**, México, Limusa-Wiley.

BINSWANGER, H. P. (1980). *Attitudes toward Risk: experimental Measurement In Rural India*, American Journal Agricultural Economics, Vol. 62.

BLACK, J.D. y otros, (1962), *Dirección de explotaciones agrícolas*, Buenos Aires, Reverté, S.A.

BOULDING, K. E. (1952), *Implications for General Economics of More Realistic Theories of the Firm*, **American Economic Review**, Vol XLII, nº 2.

BOUSSARD, J. M. y PETIT, M. (1967), *Representation of Farmer's Behavior Under Uncertainty With Focus-loss Constraint*, Journal of Farm Economics, nº 49.

BRADFORD, L. A. y JONHSON, G. L. (1953), **Farm Management Analysis**, New York, Wiley and Sons, Inc.,

BREALEY, R. y Myers, S. (1988), **Fundamentos de financiación empresarial**, Ed. McGraw-Hill, Madrid.

BRINK, L. Y McCARL, B. (1978), *The Tradeoff between Expected Return and Risk among Corn Belt Farmer*, **American Journal Agricultural Economics**, Vol. 60.

CAÑIBANO CALVO, L. (1973), **Las decisiones secuenciales en la empresa**, Madrid, CECA.

CAREL, M. (1966), **La gestión agraria y su organización**.

CARY, J. W. y HOLMES, W. E. *Relationships among Farmers Goals and Farm Adjustment Strategies. Some empirics of a Multidimensional Approach*, **The Australian Journal of Agricultural Economics**, Vol. 26.

CARROZZA, A. (1972), *L'lttiocoltura come attività intrinsecamente agrícola*, RDA, Madrid.

CASTLE E. N. y BECKER M. H. (1968), **Administración de empresas agropecuarias**, Buenos Aires, El Ateneo.

CECHERELLI, A. (1951), **El lenguaje del Balance**, Madrid, Instituto de Censores Jurados de Cuentas de España.

CHARNES, A. y COOPER, W. W. (1961), **Management Models and Industrial Applications of Linear Programming**, Vols. I y II (Ap. B), New York, Wiley and Sons.

(1959), *Chance Constrained Programming*, **Management Science**, Vol. 6.

CHEN, J. T. y BAKER, C. B. (1974), *Marginal Risk Constraint Linear Program for Activity Analysis*, **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 54, nº2, Mayo.

CHOMBART de LAUWE J. y otros, (1965), **Moderna gestión de las explotaciones agrícolas**, Madrid, Mundi-Prensa.

COCKS, K. D. (1968), *Discrete Stochastic Programming*, **Management Science**, nº 15.

COHEN, R. L. (1960), **Economía de la Agricultura**, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica.

CONKLIN, F., BAGUET, A. y HALTER, A. (1977), *A Bayesian Simulation Approach for Stimating Value of Information: And Aplication to frost Forecasting*, **Oregon State Univ. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.**, nº 136.

CORDONNIER, P.; CARLES, R. y MARSAL, P. (1975), **Economía de la Empresa Agraria**, Madrid, Mundi-Prensa.

COUFFIN, C. (1970), **Gestión de las empresas agrarias y desarrollo rural**, Barcelona, Vicens-Vives.

CUERVO GARCÍA, A. (1978), *Estudio sobre los objetivos de la Empresa, Económicas y Empresariales*, nº 5.

CYERT, R.M. y HEDRICK, Ch. L. (1972), *Theory of the firm: Past. Present and Future; An Interpretation*, **Journal of Economic Litterature**, nº 10.

CYERT, R. M. y MARCH, J. G. (1965), **Teoría de las decisiones económicas en la empresa**, Mejico, Herrero Hermanos.

DILLON, J. L. (1962), *Applications of Game Theory in Agricultural Economics: Review and Requion*, **Australian Journal of Agricultural Economic**, Vol. 6.

DILLON, J. y SCANDIZZO, P. (1978), *Risk Attitudes of Subsistence Farmers in Northeast Brazil: A sampling Approach*, **American Journal Agricultural Economics**, Vol. 60.

DOMINGO SANZ, J. (1984), **La empresa cooperativa en España: algunos desarrollo teóricos**, (Tesis Doctoral dirigida por Carlos Romero López), ETSIA, Córdoba.

DORFMAN, R. (1967), **Programación Lineal: su aplicación a la teoría de la empresa**, Madrid, Aguilar, S. A.

DORFMAN, R.; SAMUELSON, P. A. y SOLOW, R. M. (1972), **Programación Lineal y Análisis Económico**, Madrid, Aguilar, S. A.

DURÁN HERRERA, J.; SALAS FUMAS, V. y SANTILLANA del Barrio, I. (1982), **La actividad económico-financiera de la empresa española en la crisis**, Madrid, IMPI.

EISGRUBER, L. M. y LEE, G. E., (1974), *Un enfoque de sistemas para el estudio del crecimiento de la empresa agrícola*, en DENT, J. B. y J. R., **El análisis de sistemas de administración agrícola**, México, Diana.

ENKE, S. (1951), *On Maximizing Profits: A Distinción Between Chamberlain and Robinson*, **The American Economic Review**, Vol. XII, nº 4.

FERNÁNDEZ PIRLA, J. M. (1970), **Economía y Gestión de la Empresa**, Madrid, ICE.

FOURER, R. (1999), *1999 Software Linear Programming Survey*, OR/MS Today, Vol. 26, nº4.

FRANCISCO, E. y ANDERSON, J. (1972), *Chance and Choice West of the Darling*, **Australian Journal Agricultural Economics**, nº 16.

GASSON, R. (1973), *Goals and Values of Farmers*, **Journal of Agricultural Economics**, Vol. 24 (3).

GARCÍA DELGADO, G. L., y ROLDÁN LÓPEZ, G. (1973), La España de los años 70, II. La Economía, Ed. Moneda y Crédito, Madrid.

GUERRAS, L. A. (1989), *Gestión de empresas y programación multicriterio*, Madrid, Ed. Esic.

HALL, R. L. y HITCH, C. J. (1939), *Price Theory and Business Behaviors*, **Oxford Economic Papers**, nº 2.

HALTER, A. N. Y MASON, R. (1978), *Utility Measurement for Those to Know*, **West J. Agr. Econ.** Nº 3.

HARDAKER, J.B.; HUIRNE, R.B.M. y ANDERSON, J.R. (1997), **Coping with Risk in Agriculture**, Biddles Ltd, Guildford (UK).

HARPER, W.M. y EASTMAN, C. (1980), *An Evaluation of Goal Hierarchies for Small Farm Operators*, **American Journal Agricultural Economics**, Vol. 62.

HAZELL, P.B.R. (1971), *A Linear Alternative to Quadratic and Semivariance Programming for Farm Planning Under Uncertainty*, **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 53, nº 1.

(1970), *Game Theory: An Extension of its application to Farm Planning Under Uncertainty*, **Journal Agricultural economics**, vol. 21.

HAZELL, P.B.R. y SCANDIZZO, P.L. (1974), *Competitive Demand Structures under Risk in Agricultural Linear Programming Models*, **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 56, nº 2.

HEADY, E. O. (1957), *An Econometric Investigation of the Technology of Agricultural Production Functions*, **Econométrica**, Vol. 25.

HEADY, E. O. (1961), **Economics of Agricultural Production and Resource Use**, (4ª ed.), Englewood Cliffs, Prentice-Hall.

HEADY, E. O. and JENSEN, H. R. (1964), **Farm Management Economic**, New Jersey, Prentice Hall.

HEADY, E. O., y DILLON, J. (1961), **Agricultural Production Function**, Iowa University Press.

- HOPKINS, J.A. (1964), **Contabilidad y Control de Explotaciones Agrícolas**, Madrid, Ed. Reverté, S.A.
- IGNIZIO, J. P. (1976), **Goal Programming and Extensions**, Lexington Book.
- IJIRI, Y. (1976), **Análisis de objetivos y control de gestión**, Madrid, Ediciones ICE.
- ILBERY, B.W. (1979), *Decision-Making in Agriculture: a Case Study in North-East Oxfordshire*, **Regional Studies**, Vol. 13.
- JOHNSON, D. y BOEHLJE, M. (1981), *Minimizing Mean Absolute Deviations to Exactly Solve Expected Utility Problems*, **American Journal of Agricultural Economic**, Vol. 63, nº3.
- JUST, R. E. (1972), *An Investigation of the Importance of Risk in Farmers Decisions*, **American Journal of Agricultural Economics**, nº 56.
- JUST, R. E. (1972), Risk aversion under profit maximization, **AJAR**, nº 57.
- KAWAGUCHI, T. y MARUYAMA, V. (1972), *Generalized Constrained Games in Farm Planning*, **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 54.
- KENNEDY, J. O. y FRANCISCO, E. M. (1974), *On the Formulation of Risk Constraints for Linear Programming*, **Journal of Agricultural Economics**, nº 25.
- KINGMA, O.T. y KERRIDGE, K.W. (1977), *Towards and Analytical Base for Studying Farm Adjustment Problems: A Recursive Stochastic Model of the Farm Firm*, *Quarterly Review of Agricultural Economics*, nº 30.
- LEAL, A. y otros (1995), *Decisiones Empresariales con criterios múltiples*, Madrid, Ed. Pirámide.
- LEE, S. M. (1972), **Goal Programming for Decision Analysis**, Anerbach Publishers.
- LENDREVIE, J., y otros, (1979), **Mercator: teoría y práctica del marketing**, Madrid, Tecniban.
- LIEBIG, J. VON (1977), *Die Grundsätze der agricultur chemie mit sückscht auf die in England angestellten untersuchugen*. Citado por Diego Pazos Morán, *Funciones de producción en judías blancas y tablas de óptimos económicos*, *Revista de Estudios Agrosociales*, nº 99, Abril-Junio.
- LIN, W., DEAN, G. y MOORE, C. (1974), *An Empirical test of Utility versus Profit Maximitation in Agricultural Production*, *American Journal Agricultural Economics*. Vol. 56.
- LORING, J. (1979), **Planificación contable de empresas agrarias**, Madrid, Ediciones ICE.

LOW, A. R. C. (1974), *Decision Making Under Uncertainty: A Linear Programming Model of Peasant Farmer Behaviour*, **Journal Agricultural Economics**, Vol. 25.

MAO, J. C. T. (1974), **Análisis financiero**, Buenos Aires, El Ateneo.

MARKOWITZ, H. M. (1959), **Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments**, J. Wiley and Sons, Inc., New York.

MAINIE, Ph. (1969), *Cálculo económico en agricultura*, Zaragoza, Ed. Acribia.

MARUYAMA, Y. (1972), *a Truncal Maximin Approach to Farm Planning Under Uncertainty with Discrete Probability Distributions*, **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 54, nº 2.

McCARL, B.A. y TICE, T. F. (1980), *Linearizing Quadratic Programs Through Matrix Diagonalization*, **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 62.

McCARTHY y ANDERSON, J. (1966), *Applied Aspects of Farmer Decision Making*, **Conference Proceedings of the Committee on Economics of Range Use and Development**, pp. 141-59. Western Agricultural Economics Research Council Rep. Nº 8.

MATEOS, P. (1999), *Dirección y objetivos de la empresa actual*, Ed. Centro de Estudios Ramón Areces, S. A.

McINERNEY, J. P. (1967), *Maximin-Programming: An Approach to Farm Planning Under Uncertainty*, **Journal of Agricultural Economics**, Vol. 18.

(1969), *Linear Programming and Game Theory Models: Some Extensions*, **Journal of Agricultural Economics**, Vol. 20.

METCALF, D. (1974), **La economía de la agricultura**, Madrid, Alianza Editorial.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y HACIENDA, SECRETARÍA GENERAL DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN, PROGRAMA ECONÓMICO A MEDIO PLAZO 1984/1987, (1984), Madrid.

MOSCARDI, E. y JANVRI A. (1977), *Attitudes Toward Risk among Peasant: An Econometric Approach*, **American Journal Agricultural Economics**, Vol. 59.

ODIORNE, G. S. (1969), *Management by Objectives*, Prentice-Hall, New York.

OFFICER, R. Y HALTER, A. (1968), *Utility Analysis in a Practical Setting*, **American Journal Agricultural Economics**, Vol. 50.

PARIS, Q. y EASTER, C. D. (1985), *A Programming Model With Stochastic Technology and Prices: The Case of Australian Agriculture*, **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 67, nº 1.

PATRICK, F. G. y BLAKE, B. F. (1980), *Measurement and Modeling of Farmers Goals: An Evaluation and Suggestions*, **Southern Journal of Agricultural Economics**, nº 1, Julio.

PATRICK, G. P. y KLIEBENSTEIN, J. B. (1983), *Multiple Goals in Farm Firm Recisional Making: A Social Science Perspective Reportment of Agricultural Economics Agricultural Experiment Extension*, Station Bulletin, nº 303.

PAZOS MORAN, D. (1977), *Funciones de Producción en Judías blancas y tablas de óptimos económicos*, **Estudios Agrosociales**, nº 99.

POPE, R. D. (1991), *Just, On Testing the structure of risk preference in Agricultural supply analysis*, **AJAR**, nº 73.

PRAWDA, J. (1977), **Métodos y modelos de Investigación de Operaciones**, México, Limusa, Vol. II.

PYLE, D. H. y TURNOVSKY, S. T. (1970), *Safety-first and Espected Utility Maximisation in Mean-Standard Deviation Portfolio Analysis*, **Review of Economic and Statistics**, nº 52.

RAE, A. N. (1971), *Stochastic Programming Utility and Sequencial Decision Problems in Farm Management*, **Amercian Journal of Agricultural Economics**, Vol. 53, nº 3.

RICARDO, D. (1955), *Pricípios de Economía Política y de tributación*, Madrid, Aguilar.

ROBBINS, y FOSTER, E. (1957), *Profit Planning and the Finance Function*, *Journal of Finance*, nº 1.

RODRÍGUEZ ALCAIDE, J. J. (1965), **Programación Lineal en industrias y empresas agropecuarias**, Burgos, Ediciones Aldecoa.

(1969), *Economía de la Empresa Agraria*, Madrid, Ediciones ICE.

ROMERO LÓPEZ, C. (1980), **Modelos económicos en la empresa**, Bilbao, Deusto.

(1986), *A survey of Generalized Goal Programming (1970-1982)*, **European Journal of Operational Research**, (Special Issue on Multiple Criteria Decision Making), Vol. 25, nº 2.

(1991), *Handbook of Critical Issues in Goal Programming*, Pergamon Press, England.

(1993), *Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones*, Madrid, Alianza Universal.

ROMERO C. y REHMAN, T. (1984), *Goal Programming and Multiple Criteria Decision Making in Farm Planning: An Expository Analysis*, **Journal of Agricultural Economics**, Vol. 35, nº 2.

ROMERO C. y REHMAN, T. (1984), Planificación agraria en contextos de metas múltiples: un análisis expositivo, *Rev. Agricultura Sociedad*, nº 33.

ROMERO C. y REHMAN, T. (1989), *Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions*, Elsevier, Amsterdam.

ROUMASSET, J. A. (1976), **Rice and Risk-Decision Making Among Low-Income Farmers**, North-Holland, Amsterdam.

ROY, A. D. (1952), *Safety-first and the Holding of Assets*, **Econométrica**, nº 20.

RUIZ, F.; ROMERO, C. y CAÑAS, J.A. (1982), *Funciones de Producción e inputs óptimos para el cultivo de la soja. Una aplicación en el Valle del Guadalquivir*, **Anales INIA**, nº 6.

SHARDA, R. (1984), *Linear Programming on Microcomputers: A Survey*, **Interfaces**, nº 14, pp. 27-38 y (1985) *A Summary of OR/MS software on microcomputers*, **College of Business Administration**, Oklahoma State University

SIMON, H. A. (1970), *Teorías acerca de la adopción de decisiones en Economía y la ciencia del comportamiento*, **Panoramas contemporáneos de la Teoría Económica**, Tomo II, **Asignación de Recursos**, Madrid, Alianza Universal.

SIMON, H. A., A (1965), *Behavioral Model of Rational Choice*, **Quarterly Journal of Economic**, nº 69, Febrero.

SMITH, D. y CAPSTICK, D.F. (1976), *Establishing Priorities among Multiple Management Goals*, **Southern Journal of Agricultural Economics**, December.

SOLOMON, E. (1963), **The Theory of Financial Management**, New York, CUP.

STAMP, L. D. (1953), **Land for tomorrow**, Indiana University Press Indiana, USA, (Citado por Claver Farias y otros: **Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología**, CEOTMA, Madrid, 1982).

SUÁREZ SUÁREZ, A. S. (1977), *Unidad Didáctica 6*, **Economía de la Empresa (Organización y Administración)**, Madrid, UNED.

SUÁREZ SUÁREZ, A. S. (1980), **Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa**, Madrid, Pirámide, S. A.

TADROS, M. E. y CASLER, G. L. (1969), *A Game Theoretic Model for Farm Planning Under Uncertainty*, **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 51.

THOMAS, W., BLAKESLEE, L., ROGERS, L. y WHITTLESEY, N., (1972), *Separable Programming for Considering Risk in Farm Planning*, **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 54, n°2, Mayo.

THOMSON, K.J. y HAZELL, P.B.R. (1972), *Reliability of using the mean absolute deviation to derive efficient E-V farm plans*, **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 54, n°3.

TIMMS, H. L. (1972), **Sistemas de decisión gerencial**, Buenos Aires, El Ateneo.

VAN HORNE, J. C. (1976), **Administración Financiera**, Buenos Aires, Contabilidad Moderna.

VINADER, ZURBANO, R. (1976), **Teoría de la decisión empresarial**, Bilbao, Deusto, S.A.

WANTY, F. y FEDERWISCH, J. (1970), **Modèles globaux d'économie d'entreprise**, Paris, Dunod, p. 4; citado por A. Cuervo García, *Unidad Didáctica 6*, Economía de la Empresa (Inversión y Financiación), Madrid, UNED.

WEBSTER, J. y KENNEDY, J. (1975), *Measuring Farmers: Tradeoffs Between Expected Income and Focus Loss Income*, **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 57.

WICKS, J. A. y GUISE, J. W. B. (1978), *An Alternative Solution to Linear Programming Problems with Stochastic Input-Output Coefficients*, **Australian Journal of Agricultural Economics**, Vol. 22, n° 1.