



Universitat de Girona

OPTIMITZACIÓ DEL PROCÉS PRODUCTIU D'ENGREIXAMENT DEL PORCÍ. UN ENFOCAMENT OPERATIU

Rodolfo de CASTRO VILA

ISBN: 84-8458-144-6

Dipòsit legal: GI-255-2002

<http://hdl.handle.net/10803/7710>

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei [TDX](#) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio [TDR](#) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the [TDX](#) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

UNIVERSITAT DE GIRONA

DEPARTAMENT D'ENGINYERIA INDUSTRIAL

ÀREA D'ORGANITZACIÓ D'EMPRESES

Tesi Doctoral

Optimització del procés productiu
d'engreixament del porcí.
Un enfocament operatiu.

DIRECCIÓ :

DR JOAN TIBAU I FONT

DR. JOAQUIM DE CIURANA I GAY

AUTOR :

RODOLFO DE CASTRO

MAIG 2001

Presentació

La Tesi Doctoral que teniu a les mans és fruit del treball en col·laboració de l'Àrea d'Organització d'Empreses del departament d'Enginyeria Industrial i el Centre de Control Porcí de Monells de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries.

L'inici de la investigació data del juny de 1997. L'agost de 1998, mitjançant una beca de mobilitat del personal acadèmic de la UdG, vaig realitzar una estada de recerca a la Universitat de Wageningen (Holanda). Durant aquest període vaig col·laborar en el grup de Farm Management del Departament de Economics and Management de la Universitat de Wageningen. L'estada em va servir per estudiar els models desenvolupats fins el moment i per formar-me en el procés de modelització d'un sistema productiu.

Valorem que s'ha pogut aplicar un enfocament de gestió dels sistemes productius als model biològics desenvolupats en el centre i alhora s'han pogut desenvolupar com a sistemes de suport a la decisió la qual cosa ens permet dir que els objectius de l'estudi s'han complert en escriure..

En base a aquest treball s'han generat quatre publicacions les quals es presenten al llarg de la memòria. En un futur proper s'espera comptar amb el suport necessari per poder desenvolupar una aplicació comercialitzable. Per altra banda es té previst elaborar noves publicacions de les conclusions de la tesi.

Agraïments

En primer lloc m'agradaria donar les gràcies als meus directors de tesi, Joan Tibau i Quim Ciurana. Agraïxo especialment els seus consells, correccions i ànims. Han estat de gran valor per a portar a terme el present treball.

En segon lloc vull agrair als professors i amics que han contribuït a orientar el treball cap a una aplicació profitosa pel sector porcí. M'agradaria anomenar en Cándido Pomar, en Xevi Puigvert, en Josep Font i en Quim Soler.

També vull agrair als professors de la meva àrea que hem compartit aquests anys de docència i recerca. Gràcies pel companyerisme i el suport rebut. M'agradaria fer un esment a en Jaume Valls pel seu ensenyament i recolzament.

Finalment vull deixar escrit el meu agraïment més sincer a la meva família per les hores sacrificades, per la paciència tramesa i per la comprensió rebuda. Molt especialment a l'Anna.

Gràcies a tots perquè he tingut la sort de poder comptar amb el vostre ajut.

Sarrià de Ter 15 de maig de 2001

Índex

1	CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ	7
1.1	INTRODUCCIÓ	9
1.2	OBJECTIUS DE LA TESI	16
1.3	ESTRUCTURA DE LA TESI DOCTORAL	17
2	CAPÍTOL 2. LA CADENA DE PRODUCCIÓ DE CARN PORCINA. CANVI DE PARADIGMA	19
2.1	INTRODUCCIÓ	21
2.2	VISIÓ SEQÜENCIAL DEL PROCÉS DE PRODUCCIÓ PORCINA.	24
2.2.1	LES ETAPES DEL PROCÉS. VISIÓ SEQÜENCIAL	24
2.2.2	LA PRODUCCIÓ DE GARRINS	25
2.2.3	L'ENGREIXAMENT	26
2.2.4	L' ESCORXADOR I L'ESPECEJAMENT	27
2.2.5	LA COMERCIALIZACIÓ DE PECES	27
2.3	EL FENOMEN DE LA INTEGRACIÓ DELS REQUERIMENTS DELS CONSUMIDORS	29
2.4	GESTIÓ DE LA CADENA DE PRODUCCIÓ. MARC TEÒRIC DE LES ESTRATÈGIES DE PRODUCCIÓ	31
2.4.1	EL CLIENT I EL PROVEÏDOR	32
2.4.2	ELS FLUXOS DELS SISTEMES DE PRODUCCIÓ	33
2.4.3	CLASSIFICACIÓ DE LES ESTRATÈGIES DELS SISTEMES PRODUCTIUS	36
2.5	CANVI DE PARADIGMA. NOVA VISIÓ DE PRODUCCIÓ DE CARN PORCINA.	40

2.5.1	L'ESTRATÈGIA DE PRODUCCIÓ DESENVOLUPADA FINS AL MOMENT	41
2.5.2	PRINCIPALS FACTORS QUE HAN INCENTIVAT EL CANVI D'ESTRATÈGIA	41
2.6	LA NOVA VISIÓ DE LA FASE D'ENGREIXAMENT I EL CANVI D'ESTRATÈGIA PLANTEJAT PER LA NOVA ORIENTACIÓ	44
2.6.1	LA REACCIÓ DAVANT LA CRISI	45
2.6.2	EL CANVI D'ESTRATÈGIA	46
3	CAPÍTOL 3. MODELITZACIÓ DE LA FASE D'ENGREIXAMENT PORCÍ. CARACTERÍSTIQUES I ENFOCAMENTS DELS MODELS EXISTENTS. REVISIÓ CRÍTICA.	49
3.1	INTRODUCCIÓ	51
3.2	ETAPES PER LA FORMULACIÓ DE MODELS	52
3.2.1	FORMULACIÓ DEL PROBLEMA	53
3.2.2	CONSTRUCCIÓ D'UN MODEL MATEMÀTIC	53
3.2.3	RECERCA D'UNA SOLUCIÓ A PARTIR DEL MODEL	58
3.2.4	VERIFICACIÓ DEL MODEL I DE LA SOLUCIÓ OBTINGUDA	60
3.2.5	ESTABLIMENT DE CONTROLS SOBRE LA SOLUCIÓ	61
3.2.6	POSTA EN MARXA DE LA SOLUCIÓ	61
3.3	SISTEMES D'AJUT A LA DECISIÓ (DSS) I EL SECTOR AGROALIMENTARI	62
3.4	REVISIÓ DELS PRINCIPALS MODELS EXISTENTS	65
3.4.1	MODELS CLÀSSICS	65
3.4.2	MODEL DE L'ESCOLA HOLANDESA	69
3.4.3	MODEL DE L'ESCOLA DANESA	72
3.4.4	MODEL DE L'ESCOLA CANADENCA	86

3.4.5	APLICACIONS INFORMÀTIQUES	90
3.5	NECESSITAT D'UN NOU MODEL INTEGRADOR	92
4	CAPÍTOL 4. MODEL INTEGRADOR DE LA FASE D'ENGREIXAMENT PORCÍ97	
4.1	INTRODUCCIÓ	99
4.2	FORMULACIÓ DEL MODEL	103
4.2.1	ÍTEMS DE LA FASE D'ENGREIXAMENT PORCINA	104
4.2.2	VARIABLES DE DECISIÓ DEL MODEL	107
4.2.3	CARACTERÍSTIQUES DEL MODEL	108
4.2.4	TÈCNICA DE RESOLUCIÓ	108
4.3	ÀMBIT TÈCNIC - BIOLÒGIC	110
4.3.1	DEFINICIÓ DE LOT	110
4.3.2	EVOLUCIÓ DEL CREIXEMENT	110
4.3.3	TRACTAMENT DE L'ESTAT DEL LOT	111
4.3.4	LES VARIABLES DEL MODEL BIOLÒGIC	113
4.4	ÀMBIT DE L'ENTORN PRODUCTIU	117
4.4.1	FACTORS DE MANEIG DE L'EXPLOTACIÓ	117
4.4.2	FACTORS D'AMBIENT DE L'EXPLOTACIÓ	119
4.4.3	COST DELS FACTORS DE L'ENTORN PRODUCTIU	121
4.5	ÀMBIT DE CARACTERITZACIÓ DE LA DEMANDA	126
4.5.1	CRITERIS DE QUALITAT DE LA CANAL I DE LA CARN	126
4.5.2	LA VALORACIÓ DELS ANIMALS EN EL MOMENT DE L'ENVIAMENT	128
5	CAPÍTOL 5. FORMULACIÓ I RESOLUCIÓ DEL MODEL DE DECISIÓ	
	133	

5.1	INTRODUCCIÓ	135
5.2	SITUACIÓ DE L'OPTIMITZACIÓ DE LA FASE D'ENGREIXAMENT PORCÍ.	136
5.2.1	ENTRADES DEL MODEL DE DECISIÓ	137
5.2.2	RESULTATS DEL MODEL	138
5.3	FORMULACIÓ MATEMÀTICA DEL MODEL BIOLÒGIC	139
5.4	ESTRUCTURA DEL PROBLEMA SOTA LA FORMULACIÓ DE PROGRAMACIÓ DINÀMICA	141
5.4.1	DIVISIÓ DEL PROBLEMA EN ETAPES	141
5.4.2	ESTATS ASSOCIATS A CADA ETAPA	142
5.4.3	TRANSFORMACIÓ DE L'ESTAT DEL SISTEMA	143
5.4.4	PRINCIPI DE BELLMAN	143
5.4.5	FÓRMULA RECURSIVA	144
5.4.6	CONSIDERACIONS SOBRE LA DECISIÓ	146
5.5	DETERMINACIÓ DE LA FUNCIO ECONÒMICA DEL LOT D'ANIMALS	148
5.5.1	ASPECTES DE MANEIG	148
5.5.2	VALOR DE LA FUNCIO ECONÒMICA EN CADA ETAPA	149
5.5.3	FUNCIO OBJECTIU A OPTIMITZAR	153
5.6	ALGORISME DE RESOLUCIÓ	155
6	CAPÍTOL 6. APLICACIONS DEL MODEL. RESULTATS I CONCLUSIONS	159
6.1	INTRODUCCIÓ	161
6.2	POTENCIALITAT DE L'EINA DE DECISIÓ	162
6.3	PARÀMETRES DE LES APLICACIONS	164

6.3.1	PARÀMETRES DE L'EXPLOTACIÓ	164
6.3.2	PARÀMETRES BIOLÒGICS	165
6.3.3	PARÀMETRES DE MERCAT	165
6.4	APLICACIONS DEL MODEL	168
6.4.1	APLICACIÓ PER DETERMINAR LA UTILITZACIÓ ÒPTIMA DE LÍNIES GENÈTIQUES EN ELS ENCREUAMENTS PER MERCATS OBJECTIU	170
6.4.2	APLICACIÓ PER COMPARAR EL PES ÒPTIM DE SACRIFICI I EL RESULTAT ECONÒMIC ESPERAT DE DIFERENTS ENCREUAMENTS EN UN SOL MERCAT	175
6.4.3	APLICACIÓ PER COMPARAR EL COMPORTAMENT D'ANIMALS DE SEXES DIFERENTS EN EL MERCAT DE CONSUM EN FRESC.	178
6.4.4	APLICACIÓ PER AVALUAR LES DIFERÈNCIES ENTRE UNA RAÇA MATERNAL I UNA RAÇA CONFORMADA EN TRES MERCATS OBJECTIU DIFERENTS, TENINT EN COMPTE LA VARIABILITAT D'ANIMALS DINS DEL LOT.	181
6.4.5	APLICACIÓ PER PODER CONTRASTAR LES DIFERÈNCIES ECONÒMIQUES EN L'ESTRATÈGIA DE L'ENVIAMENT DELS ANIMALS.	186
7	CONCLUSIONS I FUTURES LÍNIES DE RECERCA	197
7.1	CONCLUSIONS	199
7.2	FUTURES LÍNIES DE RECERCA	202
8	BIBLIOGRAFIA	205
8.1	LLIBRES	207
8.2	RESEARCH REPORTS	210
8.3	ARTICLES I CAPÍTOLS DE LLIBRES	213
9	ANEXOS	221
9.1	INTRODUCCIÓ	223
9.2	MODEL BIOLÒGIC	224

9.2.1	EVOLUCIÓ DEL PES DELS ANIMALS	224
9.2.2	EVOLUCIÓ DEL CONSUM DELS ANIMALS	226
9.2.3	EVOLUCIÓ DEL PERCENTATGE DE MAGRE	228
9.2.4	EVOLUCIÓ DEL RENDIMENT DE LA CANAL	228
9.3	MODEL DELS FACTORS DE PRODUCCIÓ	232
9.4	MODEL DE CARACTERITZACIÓ DE LA DEMANDA	234
9.5	MODEL DE DECISIÓ	237
9.5.1	TAULES DE L'ALGORISME PEL CàLCUL DE L'ESTRATÈGIA ÒPTIMA D'ENVIAMENT PER ETAPES.	241

1 Capítol 1. Introducció

1.1 INTRODUCCIÓ

1.2 OBJECTIUS DE LA TESI

1.3 ESTRUCTURA DE LA TESI DOCTORAL

1.1 Introducció

La importància de la producció porcina a nivell mundial queda palesa pel fet que és la carn animal que actualment s'està produint més (Taula 1.1). El 39% de la carn que es produeix a nivell mundial és de porc i si ens centrem a Europa la proporció incrementa fins el 48,5%.

Dins de la Unió Europea (Taula 1.2), l'estat espanyol és un dels màxims productors de carn porcina juntament amb Alemanya i França i només ells produeixen el 36% de la producció de carn porcina a la UE, el que pot donar idea de la concentració del sector.

A Catalunya es concentra el 33% de la producció ramadera¹ de l'estat espanyol i Castella-Lleó és la següent comunitat autònoma en importància i solament participa amb un 12,5%.

Catalunya compta amb una poderosa indústria agroalimentària que ha experimentat en els darrers anys importants transformacions per tal d'adaptar-se a la internacionalització. Productors, transformadors i distribuïdors han realitzat un gran esforç amb l'objectiu de complir les noves exigències i a la vegada, millorar el nivell de competitivitat (DARP, 1997).

Considerant que en la cadena agroalimentària el primer graó per a la transformació és el proveïment de matèries primes, es pot afirmar que el sector ramader – carni, amb una gran tradició a Catalunya, és un dels primers subministradors de matèria prima, sobretot pel que fa a engreixament de porcs. A més, per optimitzar al màxim els processos de transformació, s'ha creat un especial lligam amb les zones de producció, instal·lant la majoria de les indústries transformadores ben a prop de les que produeixen les matèries primeres.

Aquests fets, entre d'altres, situen la indústria càrnia en un dels llocs punters dins l'àmbit agroalimentari català, amb un volum de facturació que sobrepassa la quarta part del total facturat pel conjunt de la indústria agroalimentària.

La vocació càrnia del sector agroalimentari a Catalunya queda evident en l'estructura bàsica de la indústria càrnia en relació al sector agroalimentari i al total d'indústries a Catalunya (Taula 1.3). Es constata que la indústria

¹ Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca: web <http://www.gencat.es/darp/estadist.htm>

transformadora de carn del sector agroalimentari representa, aproximadament, el 26,2% del total de la facturació de la indústria agroalimentària.

	Total Carn	Carn de Pollastre	Carn de Porc	Carn de Vacu i Vedella
	232.265.710	56.373.069	90.627.465	55.856.608
Àfrica	10.464.348	2.492.322	565.036	3.782.489
Amèrica Central	5.328.905	2.286.624	1.124.036	1.719.611
Amèrica del Sud	24.665.193	9.182.806	2.962.215	11.792.754
Amèrica del Nord	41.668.480	14.898.000	10.207.000	13.571.000
Àsia	93.260.695	17.609.775	50.168.498 *	9.951.634
Europa	51.807.766	9.218.113	25.127.192	12.407.327
Oceania	5.070.323	685.429	473.488	2.631.793

Taula 1.1: Producció (Milers de Tones) - Any 2000. * Val a dir que 43.052.000 de la producció d'Àsia corresponen a Xina. (Font: FAO Stat.)

Producció (Mt)	Carn Total	Carn de Porc	Carn de Pollastre	Carn de Vacu i Vedella	Altres carns
Europa	51.807.766	25.127.192	9.218.113	12.407.327	5.055.134
Alemanya	6.282.720	3.850.000	500.000	1.430.000	502.720
Àustria	817.568	499.000	86.172	203.333	29.063
Bèlgica - Luxemburg	1.707.800	1.020.000	375.000	269.000	43.800
Txeca, República	798.453	447.000	183.750	110.000	57.703
Dinamarca	2.017.065	1.650.000	186.286	159.000	21.779
Espanya	5.070.874	2.962.000	999.000	697.400	412.474
Federació Russa	4.299.000	1.250.000	705.000	2.126.000	218.000
França	6.359.840	2.315.000	1.085.000	1.590.000	1.369.840
Hongria	1.130.800	664.200	270.000	44.700	151.900
Irlanda	1.016.690	250.000	80.000	570.000	116.690
Itàlia	4.150.126	1.470.000	793.000	1.160.000	727.126
Països Baixos	2.857.900	1.625.000	670.000	505.000	57.900
Polònia	2.847.400	1.900.000	538.800	341.000	67.600
Portugal	704.000	343.000	182.000	98.000	81.000
Regne Unit	3.499.848	942.000	1.179.000	720.000	658.848
Romania	1.171.300	626.000	290.000	182.000	73.300
Ucraïna	1.720.000	675.000	200.000	803.000	42.000
Iugoslàvia, Rep Fed.	1.031.184	625.000	96.400	258.100	51.684
Altres països	4.325.198	2.013.992	798.705	1.140.794	371.707

Taula 1.2: Producció (Milers de Tones) - Any 2000 en la Unió Europea. (Font: FAO Stat.)

Sector	Facturació (milions de pessetes)	% Indústria càrnia	Ocupats (nombre)	% Indústria càrnia
Indústria càrnia	579.510	---	13.983	---
Indústria agroalimentària	2.209.742	26,25%	75.300	18,6%
Indústria total	13.148.401	4,4%	613.400	2,3%

Taula 1.3: Relació entre la facturació i el nombre d'ocupats de la indústria càrnia i el sector agroalimentari i la indústria total (Font Institut d'Estadística de Catalunya / servei d'Indústries i Comercialització Agroalimentàries)

Un dels factors importants que ha incidit sobre l'increment de la demanda de carn porcina ha estat el de les millores de productivitat en les explotacions tant pel que fa a un increment en el número de garrins nats en les granges reproductores (Alfonso i Cordovin, 1999) com de les productives mitjançant controls genètics dels animals buscant animals més eficients (Tibau, 1997).

Darrerament s'han evidenciat un conjunt de forces poderoses que provoquen canvis importants. Aquestes forces – grans superfícies i la pròpia indústria càrnia – estan influint sobre una fase cabdal de la cadena de producció de carn porcina que és la fase d'engreixament (Diestre, 1999) i vehiculen les exigències dels consumidors. Sembla prou reconegut que dins de la cadena de producció de carn porcina la fase l'engreixament és un dels punts clau.

El mercat del porcí, com d'altres mercats ramaders, és un mercat amb una estacionalitat de la demanda elevada i amb presència de cicles (Caldentey, 1993). Així, a tall d'exemple, la Figura 1.1 mostra l'evolució dels preus del porcí segons la Llotja de Lleida en el període 1996 a 2000 del sector productor que evidencia una ciclicitat important. Segons un estudi realitzat dels preus del porcí a Merco – Lleida des del 1991 fins el 1998 es constata l'existència de cicle anuals, provocats per l'estacionalitat de la producció i l'existència de cicles plurianuals lligats a la dinàmica del sector (Molto i Pla, 1999)

La tendència que sembla anar-se imposant és la de l'increment de les grans explotacions. Les dades mostren que des del principi de la dècada el número d'explotacions està disminuint i el nombre de porcs per explotació s'està incrementant².

² En el mercat americà i canadenc això ha estat estudiat entre d'altres per Losinger (1999) i Marchand (1999). Des d'una perspectiva europea autors com Schrader i Boehlje (1996) han fet aportacions en la mateixa direcció.

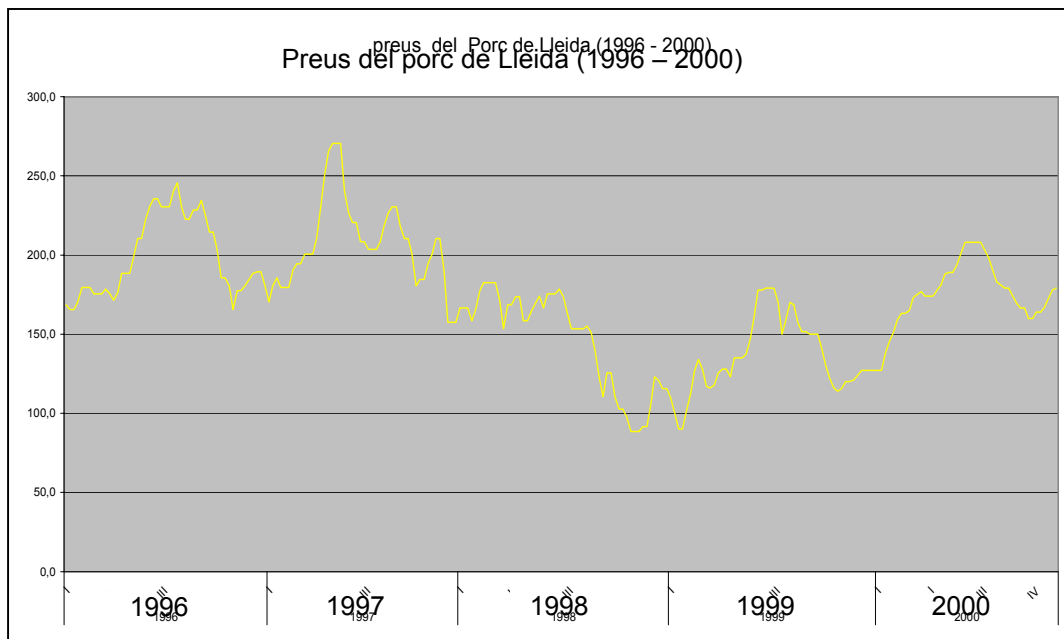


Figura 1.1: Evolució dels preus de mercat del Porcs de Lleida des de 1996 fins 2000. Font DARP.

Aquesta tendència més especialitzada va lligada a la millora dels sistemes de control i gestió de la producció per tal de poder aprofitar les economies d'escala que pot suposar incrementar la producció i poder incrementar l'ús dels recursos. Ara bé, aquesta transformació ve acompanyada d'altres factors de caire més industrial com ara la incorporació dels controls i factors per reduir el risc sanitari i el fet de tenir una major cura d'aspectes relacionats amb el medi ambient, amb el benestar del bestiar i la seguretat alimentària. Conceptes com ara la traçabilitat dels productes, l'homogeneïtat de la matèria primera, l'estandardització i qualitat del producte acabat, que són usats en els sistemes productius convencionals han passat a ser necessaris en el sector agrari. La incorporació progressiva de la qualitat des de la visió integral (qualitat, medi ambient i prevenció de riscos) sol tenir un impacte a l'alça dels costos per bé que aquí el ventall de casuístiques és divers.

Un altre aspecte que ha canviat és la caracterització de la demanda de carn porcina. Les exigències de peces més homogènies per part de la indústria càrnia o les de carn més magre per part del consumidor de carn fresca, han portat a incorporar aquests requeriments en les decisions que afecten a la fase d'engreixament. En els darrers anys s'ha observat un clar augment de la producció de canals més magres en diferents països de la Unió Europea (Diestre i Gispert, 1997).

El sistema de pagament dels escorxadors ja reflecteix, en certa manera, aquestes exigències en la mesura que existeix un preu diferent depenent de les característiques de la canal. No obstant, es creu que aquestes exigències afectaran a més aspectes de la fase d'engreixament dels que ha afectat fins ara.

Les indústries càrniques de l'estat espanyol sembla que encara tenen camí per recórrer pel que fa a la grandària i, en definitiva, poder de negociació, seguint la terminologia de Porter (1980). En efecte, 10 processadors comparteixen el 48% d'un mercat de 616.000 tones i la resta (més de 2.000) s'han de repartir el 52% restant (Diestre, 1999). De tota manera es preveu que la seva influència serà important en la integració de les necessitats del consumidor en la cadena de producció porcina.

A tall de recapitulació, les tendències en el sector (McEwan, 2000) poden resumir-se en:

- 1) Canvis en el sistema de preus, passant de preu per kg viu cap a mercats finals més específics.
- 2) Avaluació de la canal més acurada per pagar al productor el seu valor.
- 3) Èmfasi més gran en la producció de les parts nobles de l'animal.
- 4) Assegurament de la Qualitat.
- 5) Ajustament cap a un model de producció d'integració vertical o cooperació entre diferents fases de la cadena de producció de carn.
- 6) Cerca de l'estratègia de diferenciació de producte.

A la vista d'aquests canvis una de les qüestions importants pel sector de producció porcina és poder disposar d'un sistema d'informació capaç de detectar les exigències dels clients i analitzar i controlar l'evolució de les variables durant el procés de producció. Alhora, el sistema d'informació, haurà de poder registrar les magnituds econòmiques del sistema productiu : control sobre els costos de producció i els ingressos esperats. En definitiva, la rendibilitat de la fase d'engreixament porcí.

L'eficiència de la fase d'engreixament es basa en el procés de transformació de pinso en carn magre. Aquesta capacitat de transformació varia en el temps en funció del potencial genètic de l'animal i de la qualitat del pinso, la qual cosa porta a considerar la recerca d'un òptim tècnic: donar-li a l'animal el pinso nutricionalment més adequat fins el moment que ja no el transformi correctament.

No obstant la integració dels requeriments dels consumidors, porta a considerar altres aspectes a part de l'òptim tècnic.

Així, aquesta fase d'engreixament, que és l'objecte d'estudi d'aquesta tesi doctoral, s'assimilarà a un procés de producció convencional amb l'objectiu de buscar les estratègies més adients per optimitzar l'ús de les explotacions d'engreixament porcí i augmentar la rendibilitat d'aquestes explotacions en base a la integració dels requeriments dels consumidors. Entre aquests requeriments caldrà també considerar l'efecte que tindran els aspectes de benestar animal, sanitaris i mediambientals.

El càlcul dels beneficis esperats de l'engreixament d'un lot d'animals serà el que, en combinació amb les exigides pel client i les condicions de producció, servirà de criteri sobre el qual es prendran decisions en aquesta fase de la producció porcina. Algunes decisions seran de tipus estructurals, i d'altres de gestió basades en el coneixement de les possibles solucions a nivell tàctic o operacional que poden millorar els rendiments econòmics de cada animal i de les places que ocupen. L'objectiu que perseguirà el ramader és buscar la combinació que li sigui més favorable. Per una part a nivell de costos amb la correcta elecció de l'aliment i del maneig de les instal·lacions i per l'altra l'encert de l'elecció del tipus genètic del garrí a engreixar pel mercat específic on s'enviaran els animals.

Per a poder avaluar la producció porcina ha predominat l'ús, fins fa pocs anys, d'eines basades en mètodes que treballaven amb molts pocs paràmetres de cara a l'avaluació. És a dir, històricament es buscava l'optimització d'un aspecte concret sobre el qual es treballava, sense considerar possibles influències que es podien generar en d'altres àmbits. Aquests enfocaments han estat útils, solament de forma parcial, en l'àmbit de la producció, reproducció, nutrició, genètica. Si amb aquests enfocaments s'intenta modelitzar el conjunt del sistema de producció, es pot arribar a resultats poc satisfactoris a nivell global ³.

Des del nostre punt de vista amb un enfocament més global del sistema de producció es poden considerar aspectes que difícilment són contemplats amb un enfocament purament analític dels diferents components que formen el procés de producció porcina. Entre aquests aspectes es podran tenir en compte

³ Vegeu per exemple l'informe "A Systems approach to pork production" a *Swine News* 20 (11), disponible a http://mark.asci.ncsu.edu/Swine_News/1997/sn_v2011.htm

les interaccions entre els components i la percepció del conjunt dins un entorn influent i canviant ⁴.

La present tesi parteix doncs d'una percepció més transversal de la producció, seguint la cadena de carn porcina. Així, es fa necessària una visió integradora de la producció porcina seguint les tendències marcades pels sistemes de producció convencionals. Aquesta visió consisteix en veure el procés com un conjunt de relacions entre els elements productius que la conformen i permet explicar millor un fenomen que s'està implantant en tots els sistemes productius: el fenomen de la integració.

El productor pot plantejar-se diferents preguntes les quals estan relacionades entre elles:

- a) **Quins** haurien de ser el tipus d'animals que li cal engreixar?
- b) **On** s'haurien d'enviar els animals que engreixi, o dit d'una altra manera, quin criteri preferent determinarà l'enviament dels animals a l'escorxador i quin **mercat** escollirà?
- c) I, finalment, quina serà **l'estratègia d'enviament** que farà servir per enviar els animals cap al mercat més adequat?.

Les tres preguntes estan interrelacionades en la mesura que quan es fixa una d'elles les possibilitats d'escollir de les altres dues queden reduïdes considerablement.

En base a aquestes preguntes s'extreuen els objectius de la tesi doctoral que s'enuncien seguidament.

⁴ Un exemple d'autor espanyol reconegut que ha apostat per la visió sistèmica dels processos productius és Domínguez Machuca (Machuca, García et al., 1994) basant-se en la Teoria de Sistemes (Forrester, 1972).

1.2 Objectius de la Tesi

Els objectius que es presenten a continuació pretenen donar resposta a les preguntes que es formulaven en l'apartat anterior.

Els objectius que es volen assolir en aquesta tesi doctoral són:

- ✓ Establir un marc estructural on desenvolupar models de sistemes genèrics de producció aplicables específicament a la producció de carn porcina.
- ✓ Proposar i plantejar un model descriptiu que integri la fase d'engreixament dins tota la cadena de producció de carn porcina
- ✓ Analitzar l'impacte dels paràmetres biològics (lligats a l'animal), de l'entorn de producció i comercialització sobre el rendiment econòmic d'una explotació porcina d'engreixament.
- ✓ Desenvolupar una eina per poder prendre decisions a nivell tàctic i operatiu per les explotacions de producció porcina
- ✓ Il·lustrar algunes de les aplicacions del model desenvolupat

1.3 Estructura de la Tesi Doctoral

En primer lloc, en el capítol II, s'ha proposat fer una revisió del procés de producció de carn porcina amb l'objectiu de situar la fase d'engreixament dins l'entorn on es desenvolupa. S'han destacat dues visions: una tradicional i una visió més assimilable a un procés de producció o fabricació industrial. La finalitat és cercar les raons que han portat a marcar com objectiu de la tesi la creació d'un model.

En el capítol III s'ha realitzat un repàs dels passos que s'haurien de seguir per desenvolupar models per a la presa de decisions en aquest àmbit. Seguidament es fa una descripció de l'estat de l'art en el tema de la modelització matemàtica aplicable a la producció porcina i més concretament en la fase d'engreixament porcí.

En el capítol IV i V s'abordarà la creació del model pròpiament dit que constarà de tres àmbits que s'integraran en el model complet : l'àmbit tècnic – biològic , l'àmbit de l'entorn productiu i l'àmbit de caracterització de la demanda. Primer s'exploraran els tres àmbits destacant de cadascun d'ells els paràmetres i variables necessàries que conformaran el model complet i seguidament, en el capítol V, es detallaran les equacions matemàtiques que suporten el model presentat, des de les restriccions que marquen els diferents àmbits fins a la funció objectiu que es pretén optimitzar.

En el capítol VI s'exposen exemples les aplicacions pràctiques que s'ha dut a terme per poder resoldre els problemes plantejats en la introducció.

Finalment, en el capítol VII, es presenten les conclusions d'aquesta tesi doctoral i les possibles línies de recerca que obren per poder completar el model en futures recerques.

2 Capítol 2. La cadena de Producció de Carn Porcina. Canvi de paradigma

2.1 INTRODUCCIÓ

2.2 VISIÓ SEQÜENCIAL DEL PROCÉS DE PRODUCCIÓ PORCINA.

2.2.1 LES ETAPES DEL PROCÉS. VISIÓ SEQÜENCIAL

2.2.2 LA PRODUCCIÓ DE GARRINS

2.2.3 L'ENGREIXAMENT

2.2.4 L' ESCORXADOR I L'ESPECEJAMENT

2.2.5 LA COMERCIALIZACIÓ DE PECES

2.3 EL FENOMEN DE LA INTEGRACIÓ DELS REQUERIMENTS DELS CONSUMIDORS

2.4 GESTIÓ DE LA CADENA DE PRODUCCIÓ. MARC TEÒRIC DE LES ESTRATÈGIES DE PRODUCCIÓ

2.4.1 EL CLIENT I EL PROVEÏDOR

2.4.2 ELS FLUXOS DELS SISTEMES DE PRODUCCIÓ

2.4.3 CLASSIFICACIÓ DE LES ESTRATÈGIES DELS SISTEMES PRODUCTIUS

2.5 CANVI DE PARADIGMA. NOVA VISIÓ DE PRODUCCIÓ DE CARN PORCINA.

2.5.1 L'ESTRATÈGIA DE PRODUCCIÓ DESENVOLUPADA FINS AL MOMENT

2.5.2 PRINCIPALS FACTORS QUE HAN INCENTIVAT EL CANVI D'ESTRATÈGIA

2.6 LA NOVA VISIÓ DE LA FASE D'ENGREIXAMENT I EL CANVI D'ESTRATÈGIA PLANTEJAT PER LA NOVA ORIENTACIÓ

2.6.1 LA REACCIÓ DAVANT LA CRISI

2.6.2 EL CANVI D'ESTRATÈGIA

2.1 Introducció

La producció de carn porcina ha evolucionat en els darrers anys cap a sistemes de producció més convencionals similars als industrials. A partir de l'observació de processos de producció de carn porcina es poden establir els factors i les característiques del procés de producció de carn porcina diferenciant-ne les fases que permeten emmarcar-lo dins els processos de producció convencionals.

De totes les fases de la cadena de producció es posarà especial èmfasi en l'engreixament que és objecte final de l'estudi. L'engreixament queda enclavat dins aquesta cadena i per tant fortament influenciat per la gestió integral de la cadena ¹.

A partir d'aquest marc es mostrarà i es justificarà el canvi d'estratègia de la fase d'engreixament porcí per poder integrar els requeriments dels seus clients en les seves decisions.

La cadena de producció de carn porcina abasta des dels proveïdors dels reproductors fins al client consumidor de la carn. A partir de les descripcions de la cadena d'aprovisionament de carn porcina s'observaran els aspectes clau on els productors i els clients han d'incidir. L'objectiu és buscar l'optimització de la producció dels empresaris i la satisfacció de la demanda dels seus clients.

Inicialment es farà una descripció del procés de la producció de carn porcina des d'un punt de vista seqüencial. Es destacarà quines són les fases per les que passa el producte fins arribar al consumidor final. S'analitzarà l'estructura de la indústria càrnia, terme que s'ha anat consolidant en la terminologia anglosaxona com *Pork Chain* (Schrader i Boehlje, 1996) i altres autors l'han relacionat amb la cadena de valor de Porter (Ouden, Dijkhuizen et al., 1996)

Es poden fer moltes particions al llarg de la cadena. Es durà a terme una divisió de la cadena formada per quatre blocs: la producció de garrins, l'engreixament de porcs, els escorxadors i sales de desfer i, finalment, la comercialització. L'objectiu de la descripció del procés és detallar l'estructura seqüencial d'aquesta cadena assignant les operacions a cada bloc.

¹ La tendència en els processos de producció convencionals és gestionar-lo de forma transversal sota la visió del que s'ha anomenat en terminologia anglesa *Supply Chain Management* (Arbonés, 1990; Bowersox and Closs, 1996; Prida and Gutierrez, 1996; Copacino, 1997)

Per poder avaluar el canvis provocats per la integració dels sistemes de producció porcina, cal establir un marc teòric que permeti la seva relació amb els sistemes de producció convencionals en general (Machuca, García et al., 1994; Vollman, Berry et al., 1995; Heizer i Render, 1997; Riggs, 1998; Cuatrecases, 2000) i de les estratègies de producció que s'apliquen a aquests sistemes de producció ². L'estudi d'aquestes estratègies han portat a plantejar i analitzar un canvi en l'estratègia que s'ha estat duent a terme fins el moment en la fase d'engreixament porcí.

Amb la intenció de considerar aquesta integració s'ha realitzat una segona exposició del mateix procés productiu, encara que només des de l'òptica de la fase d'engreixament (objecte d'estudi), però fent servir paràmetres usuals en les descripcions dels sistemes productius convencionals. Això permet que les relacions existents entre tots els elements que formen el sistema de producció quedin més emmarcats i ens permetin avaluar el canvi d'estratègia que han sofert la cadena de producció a partir de la fase d'engreixament.

Es considerarà la fase d'engreixament de la producció porcina com un sistema que produeix un bé – l'animal engreixat. El procés s'adequa bé a la definició de sistema en la mesura que l'eficiència i la rendibilitat de la producció és el resultat de molts factors diferents, però interrelacionats com són factors biològics, econòmics, tècnics i de maneig.

L'altre punt que caracteritza el sistema és el de tenir un entorn molt influent sobre els aspectes productius. En un moment donat l'entorn de la fase d'engreixament porcí pot condicionar alguns factors de producció com poden ser el cost de producció o la definició del producte final.

Un dels aspectes que es destacarà, és la necessitat de canviar de paradigma per tal d'orientar les decisions cap a criteris més objectius i més definits per part dels clients ³. En base a aquesta aproximació serà possible poder dissenyar una estructura que suporti el sistema per prendre decisions en relació als aspectes econòmics i de gestió.

² Són molts els autors que han catalogat els sistemes de producció sota diferents criteris. Es destaca (Regh, 1994; Shafer and Meredith, 1998; Krajewsky and Ritzman, 1999; Stevenson, 1999; Wild, 1999)

³ El terme anglès amb el qual es tendeix a anomenar aquesta tendència és *customize* (Krajewsky and Ritzman, 1999) que de vegades és traduït per alguns autors com a *personalització*. Es tracta de la capacitat de satisfer les necessitats peculiars de cada client modificant els dissenys o característiques dels productes o serveis.

En definitiva : es proposa enfocar la producció porcina des d'una òptica de negoci en la qual s'obligui al productor a fixar-se més en el destí dels seus productes. D'aquesta forma el productor copsarà més bé les exigències del client perquè dotarà al sistema de producció d'una orientació cap al seu client.

2.2 Visió seqüencial del procés de producció porcina.

2.2.1 Les etapes del procés. Visió seqüencial

El procés de producció de carn porcina queda emmarcat en el sistema agroalimentari (Caldentey, 1998) que està format per tres sectors bàsics: l'agricultura, la indústria transformadora de productes agraris i la comercialització i distribució dels productes agroalimentaris.

El procés de producció i industrialització porcina és molt ampli. Abasta des d'una empresa de selecció genètica, la indústria de fabricació i distribució de productes elaborats fins al consumidor final d'aquests productes. En la Figura 2.1 es presenta tot el procés dividit en els blocs que, tradicionalment, s'ha dividit aquesta cadena.

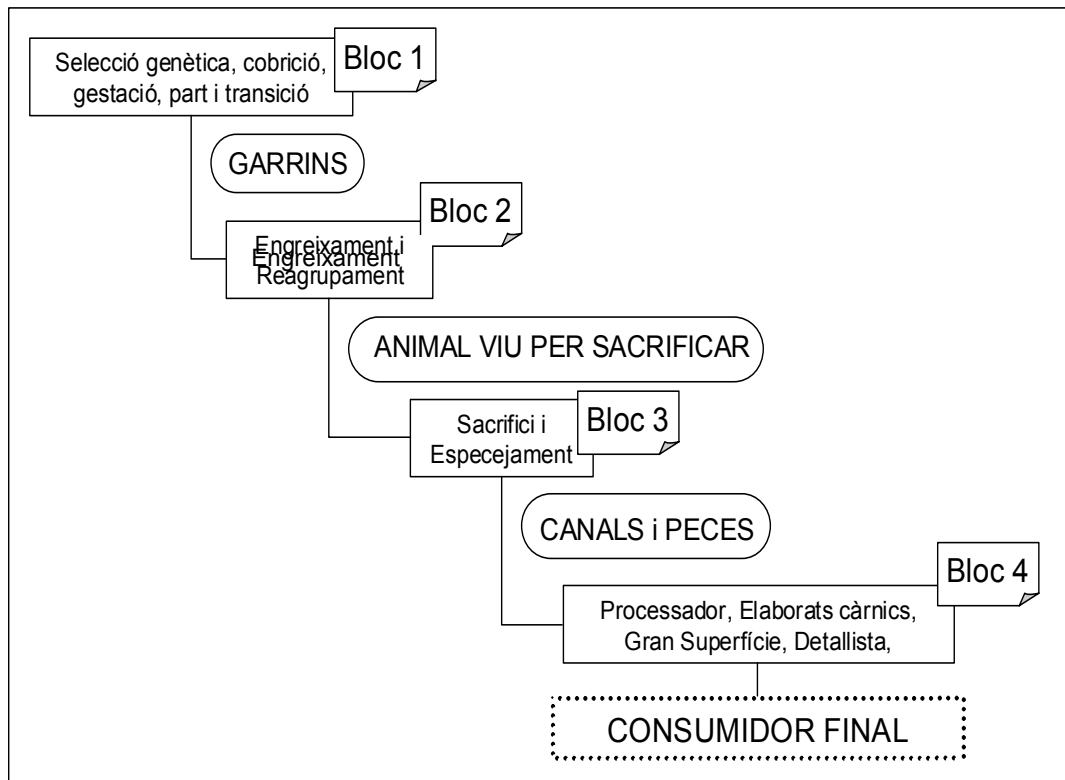


Figura 2.1 : Procés de producció de carn porcina, dividit en blocs, des del punt de vista seqüencial.

El primer bloc el formen totes les operacions relacionades amb la producció dels garrins: selecció, multiplicació, producció de garrins i transició. El segon bloc el forma la fase d'engreixament. El tercer bloc està format per les operacions d'escorxar l'animal i desfer-lo. El quart bloc fa referència a la comercialització, s'hi inclouen les diferents vies possibles (consum en fresc, productes elaborats) i finalment l'últim bloc que forma la cadena de producció porcina és el del consumidor final.

El desenvolupament temporal del cicle productiu en porcí (Figura 2.2) fa evident el lligam biològic que tenen els dos blocs inicials.

2.2.2 La Producció de garrins

Les primeres operacions que es podrien associar a la producció porcina serien les de maneig de les llavors (femelles joves cobertes). Pel nostre estudi, però, el procés de producció en una granja porcina s'inicia amb la cobrició de les femelles (8 mesos), la gestació (115 dies) i la producció dels garrins (parideres). Un cop el garrí ha nascut experimenta dues fases clarament diferenciades:

a) La primera, la qual podríem anomenar de MATERNITAT, sol durar les primeres tres - quatre setmanes de vida de l'animal. És un temps que el garrí està lactant. A final d'aquest període la femella pot tornar ser coberta.

b) Seguidament els garrins passen a una segona fase anomenada de "desalletament" o TRANSICIÓ en grups d'animals de pes similar. Encara no es pot considerar d'engreixament perquè el tracte que s'ha de donar a aquests animals ha de ser més particularitzat i més acurat.

El següent pas és l'engreixament pròpiament dit, i sembla que la tendència és anar acostant la fase de la transició a la fase d'engreixament enlloc de mantenir-la unida a maternitat, tot i que es fa en llocs separats. D'aquesta forma es deixaria la producció de garrins com un tasca més especialitzada.

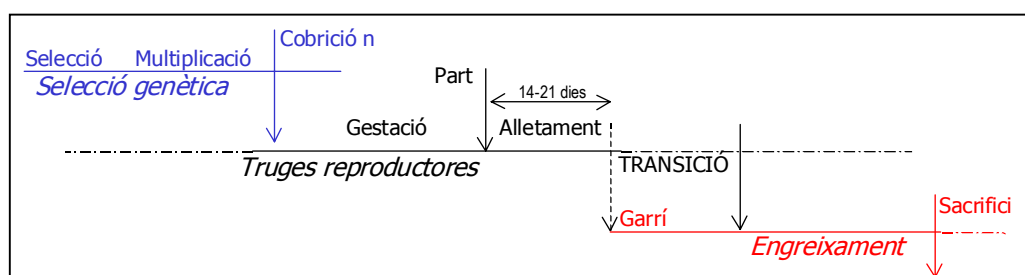


Figura 2.2: Cicle productiu del porcí.

La raó es fonamenta en una reducció del risc sanitari i en buscar una homogeneització del lot de garrins que entren en un centre d'engreixament final. Això ha estat possible en part per l'increment de la consciència en tenir més cura de les instal·lacions on es duen a terme l'engreixament que ha facilitat l'adequació de les condicions d'entorn per poder admetre els garrins a una edat més jove (Daza, Rioperez et al., 1999; Lainez, Balash et al., 1999).

2.2.3 L'engreixament

Al voltant dels 25 Kg els animals passen de la fase de transició a la fase d'engreixament fins el dia en què l'animal és transportat cap a l'escorxador. Si bé a la fase anterior els aspectes d'entorn estan molt marcats per condicions de sanitat i higiene, en l'engreixament el factor més important és l'alimentació i els aspectes medi ambientals.

Un dels principals problemes que es planteja a l'engreixament és determinar la formulació del pinso que es subministra a l'animal. Aquesta formulació depèn dels requeriments que tenen els animals al llarg del període d'engreixament. S'inicia amb un pinso ric en proteïnes perquè la capacitat d'assimilar-les i convertir-les en carn magre és més alta. Ara bé, a mesura que creix l'animal el contingut proteic del pinso pot disminuir perquè el porc no té la capacitat de convertir tan bé. Això força l'establiment d'esquemes d'alimentació que consisteixen en l'especificació dels tipus de pinso amb que s'alimenten els animals i el període durant el qual es subministrarà.

Un altre dels factors a considerar en la fase d'engreixament és la gestió del grup d'animals. Es solen agrupar dins de la granja seguint criteris de pes i/o edat, i sexes. Els animals es mantindran en el mateix grup fins els moment de l'enviament a l'escorxador. L'objectiu és facilitar la gestió de l'esquema d'alimentació i poder tenir els animals agrupats per edats i una determinada homogeneïtat de pesos ⁴.

Cal assenyalar també que existeix una variabilitat individual dins dels lots d'animals (en el consum, pes, qualitat de la canal, etc.) que va augmentant a mesura que avança la edat dels animals.

⁴ Aquest punt serà tractat quan es parli del model biològic de la fase d'engreixament porcí.

2.2.4 L'escorxador i l'especejament

Un cop finalitzada la fase d'engreixament els animals són enviats a l'escorxador, on passen d'animal viu a canal. Com a canal s'entén el cos, enter o partit per la meitat, de l'animal sacrificat, dessagnat, eviscerat i sense greix pelvic-renal, ni ronyons, ni diafragma. També es retira la llengua, els pèls, els unglots i els òrgans genitals ⁵. Tot seguit passen a la sala d'especejament on són transformats de canals en peces.

Hi ha molts factors que influencien el moment òptim d'enviar els animals a l'escorxador. Alguns d'ells són restrictius : els escorxadors no solen admetre animals mascles sencers amb un pes superiors a 105 kg perquè desprenen un olor sexual que fa difícil la comercialització de la seva carn. D'altres són incentius a buscar carns més bones pensant en les finalitats on es destinaran, com pot ser el premiar les canals més magres o penalitzar les canals que surten d'un rang de pesos imposat per l'escorxador.

Els escorxadors estableixen diverses maneres de fixar el preu de compra de l'animal, el que provoca l'aparició de diferents mercats.

Durant els darrers anys han aparegut criteris més objectius per valorar els animals un cop sacrificats ⁶ i porten a poder definir nous mercats i noves formes de valorar els animals.

2.2.5 La comercialització de peces

L'últim bloc de fases que es compona la cadena de producció porcina comença a partir de la sala d'especejament on les peces poden agafar tres destins: o bé va directament al consum en fresc, mitjançant les carnisseries detallistes o a les distribuïdores comercials, o bé passa a la fabricació d'embotits o productes més o menys elaborats (pernils cuits, pernils curats, etc.), que després seran venudes

⁵ Aquesta definició és extreta del Reglament CEE núm. 3220/84 del 13 de novembre de 1984 i d'una modificació de la Regulació de la Comissió Europea núm. 31/3/93 del 14 de desembre del 93.

⁶ Un cas d'això és l'aplicació d'aparells de mesura capaços de determinar quina és l'espessor de cansalada dorsal i així poder determinar el percentatge de magre sobre el qual es farà el pagament tant bon punt s'ha sacrificat l'animal (Dhorne and Daumas, 1993)

als mateixos detallistes i distribuïdors comercials (grans superfícies) o bé passa a l'exportació.

És l'últim graó abans d'arribar al destí últim de la carn porcina que és el consumidor final. Els itineraris que pot seguir la carn són diversos, però el destí final de la producció és el consumidor. (Figura 2.3) .

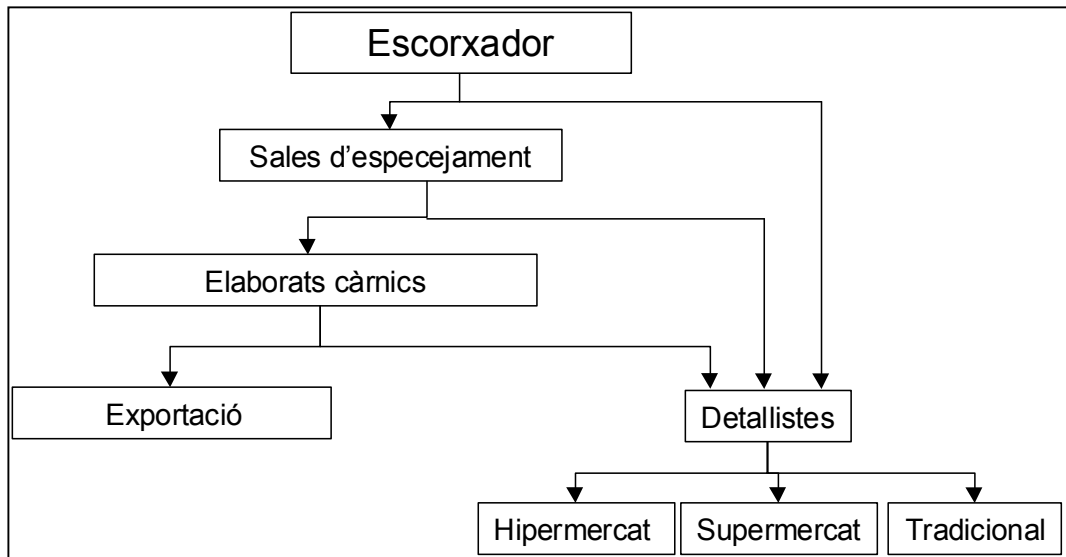


Figura 2.3 : Esquema del Bloc 4. Itineraris de comercialització i distribució de la carn porcina.

Fins als darrers anys la comercialització no tenia criteris de qualitat clarament definits. Degut a l'increment de la influència del consumidor s'han considerat en la valoració de les canals característiques tècnic - biològiques dels animals que abans no es tenien en compte com a criteris de qualitat. Aquestes porten a classificar els animals en funció de criteris de qualitat com poden ser el percentatge de magre. Una de les conseqüències que ha portat aquesta orientació cap al client ha estat la integració dels sistemes productius per poder coordinar millor les accions. També hi ha influït el fet de poder assegurar la comercialització entre els diferents països, provocant l'aparició de criteris supranacionals per determinar factors de qualitat (Gispert i Diestre, 1994).

2.3 El fenomen de la integració dels requeriments dels consumidors

El fenomen que ens porta al replantejament de la descripció del *Pork Chain* és la creixent integració dels requeriments dels consumidors que s'ha anat evidenciant en la producció industrial i que també s'ha estès en el procés de producció de carn porcina (Ouden, Dijkhuizen et al., 1996; Schrader i Boehlje, 1996). En efecte, tradicionalment, la integració de les necessitats dels clients ha estat estudiada des del punt de vista de sistemes de producció convencionals, però els canvis tecnològics i d'entorn introduïts en la producció porcina han tendit a un acostament cap a sistemes semblants a sistemes de producció convencionals.

En alguns països com Dinamarca la integració dels requeriments dels consumidors és molt forta degut a una sòlida estructura cooperativa en el sector (Hoobs, Kerr et al, 1998). Les eines que es poden utilitzar són cooperacions o l'establiment d'acords de contractació.

Aquesta tendència dels sistemes de producció porcina ha estat provocada per molts factors. Entre ells podríem destacar per una part l'espectacular augment de la productivitat a nivell biològic per poder respondre a l'increment de la demanda experimentat en els últims anys i per l'altra part l'interès de poder respondre als riscos que han anat apareixent arrel d'aquest augment de la producció. Aquests riscos són els que han incentivat les coordinacions i col·laboracions entre etapes de la cadena de producció per tal d'evitar la seva incidència en el flux d'animals i mantenir l'estabilitat en el sector.

Entre els diferents riscos es poden destacar el risc produït per la inestabilitat dels preus dels productes i els recursos, el risc intrínsec al control de la qualitat i la quantitat de productes que s'aprovisiona a cada etapa de la cadena i, finalment, el risc referit a la seguretat i higiene dels aliments que es produiran a partir dels animals que s'hauran produït en etapes anteriors (Schrader i Boehlje, 1996)

L'estratègia de buscar entesa i contactes amb els proveïdors contribueix, òbviament, a una disminució d'aquest riscos, entre altres avantatges, i la cerca d'una desitjada optimització de les diferents fases de la cadena de producció porcina (Ouden, Dijkhuizen et al., 1996).

La cooperació i establiment d'acords en el sector porcí permet connectar els diferents subsistemes per poder arribar al consumidor amb el que realment està demandant en les millors condicions econòmiques per a tota la cadena. Es tracta de planificar, organitzar, gestionar i controlar els fluxos de productes i informacions des de les fonts de subministrament fins a situar el producte en el punt de venda d'acord amb els requeriments dels clients (Arbonés, 1990). Atenent a aquesta definició àmplia d'integració logística alguns autors afirmen

que l'objectiu és l'optimització de tota la cadena de producció (Prida i Gutierrez, 1996).

La integració de les necessitats dels consumidors afecta únicament i exclusiva a les fronteres que s'estableixen entre fases de la producció. Entre les fases es generen dos fluxos que anomenarem flux de productes o referències i flux d'informació. Les relacions definides pels fluxos de productes i informacions que s'establiran a cada fase de la cadena es convertiran en estratègies de producció. Aquestes depenen principalment de la naturalesa del producte i de la tecnologia en que es basi el sistema de producció en aquell moment.

Així doncs, aquesta tendència a la integració cerca, teòricament, l'optimització de tota la cadena productiva. L'objectiu és millorar els resultats econòmics de cadascuna de les fases de la cadena, tot satisfent les demandes de totes les fases que hi apareixen. De tota manera cal precisar que des del punt de vista dels costos i de la rendibilitat no hi ha evidència empírica clara que justifiqui l'interès de la integració des d'una vessant estrictament econòmica.

L'objectiu d'aquesta part de la tesi és fer una síntesi de les principals causes que han propiciat la integració de la informació dels escorxadors i la comercialització en la fase d'engreixament porcí. Es pretén mostrar que, degut als canvis que s'han observat en quant a la definició del producte i a les possibilitats de producció, s'ha evidenciat un canvi d'estratègia o un canvi de paradigma en la fase d'engreixament porcí. Per tal de poder descriure aquest canvi anunciat, es presenta a continuació un marc teòric per poder definir les estratègies dels sistemes de producció ⁷ i fer l'aplicació al cas que ens ocupa de la fase d'engreixament porcí dins de la cadena de producció de carn porcina.

⁷ Cal assenyalar que és difícil trobar sistemes productius que utilitzin únicament una de les estratègies descrites. Possiblement utilitzin una combinació de les que aquí es presenten.

2.4 Gestió de la cadena de producció. Marc teòric de les estratègies de producció

Per situar les estratègies d'operacions en el marc dels sistemes productius s'ha cregut oportú fer una introducció a la gestió de la cadena de producció, que a efectes pràctics, és assimilable al que s'anomena cadena d'aprovisionament.

El sistema productiu ha de tenir uns objectius i una missió que establirà la política de l'empresa. Serà l'estratègia empresarial la que haurà de dirigir les energies, capacitats i recursos de l'organització a la construcció d'un avantatge competitiu sostenible sobre els seus competidors. De l'estratègia empresarial en derivarà una determinada planificació estratègica i, supeditada a aquesta, l'estratègia d'operacions que serà la part on centrarem el marc teòric que es vol presentar.

La Producció és defineix com el conjunt d'activitats que finalment portaran a la comercialització d'uns béns ⁸. En el procés, una matèria primera, juntament amb un altre conjunt d'elements, és convertida en un producte final. Els cinc elements a considerar input del procés productiu són : la matèria primera, els béns d'equip, les eines de producció, l'energia i la mà d'obra. Els outputs tradicionals són: els productes finals complets també anomenats referències, i el material de rebuig (Figura 2.4). La importància de cada element està en funció del bé o servei que s'estigui estudiant i del procés productiu que calgui per poder-lo fer.

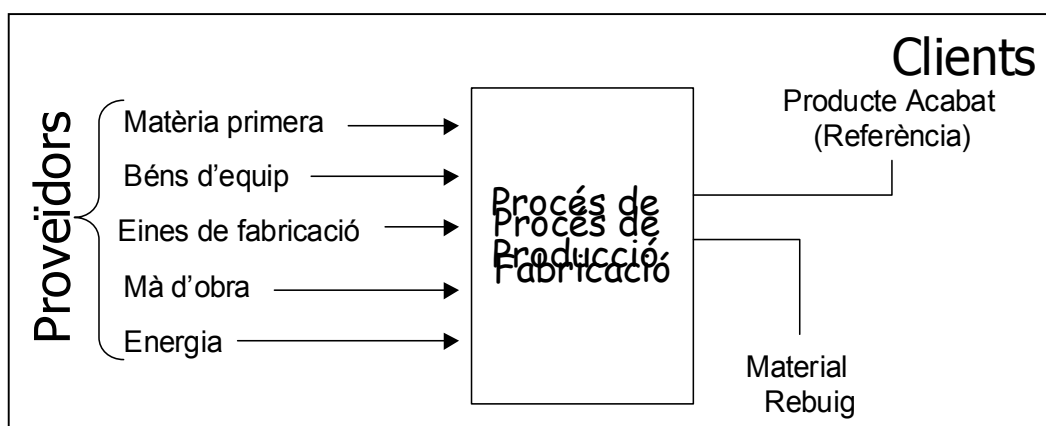


Figura 2.4: Sistemes de Producció. Font (Regh, 1994)

⁸ Són molts els llibres que es dediquen a descriure els sistemes de fabricació. Entre ells (Regh, 1994; Krajewsky and Ritzman, 1999; Stevenson, 1999; Wild, 1999)

En el marc de Teoria de Sistemes cal definir l'entorn del sistema de producció. Es considera entorn tot allò que està fora de la frontera marcada pel mateix sistema. En el nostre enfocament, es considerarà la frontera com el límit on les decisions que determini el sistema poden influir en el seu desenvolupament. D'aquesta manera, quedarà fora del sistema aspectes que segueixin el seu curs independentment de les decisions que prengui el sistema de producció.

No obstant, com que estem parlant d'un sistema obert, el sistema tindrà relacions amb l'entorn⁹. Unes seran de caire polític - social en la mesura que hi haurà unes condicions marcades per la llei, si es dóna el cas, altres poden ser de caire tecnològic i/o econòmic.

En el cas del porcí cal tenir present les relacions amb les administracions autonòmiques i europees en relació a les regulacions mediambientals que han de complir les explotacions porcínes.

Tanmateix, és conegut que hi ha dues relacions amb l'entorn que marquen de forma significativa un sistema de producció : les relacions amb el client i les relacions amb el proveïdor.

2.4.1 El client i el proveïdor

Definit de manera genèrica, es pot afirmar que el client és l'element de l'entorn que adquirirà els béns o serveis que subministri l'empresa i el proveïdor és de qui es reben les matèries primeres i els béns d'equip que són necessaris per l'obtenció dels béns i serveis.

El terme de gestió de l'aprovisionament s'utilitza per referir-se a la cadena que uneix els sistemes productius fins arribar al consumidor final, de tal manera que al llarg d'aquesta cadena, es tenen un seguit de sistemes de producció encadenats on uns són proveïdors dels següents de la cadena¹⁰.

En el sector porcí les granges reproductores i els productors de pinso són proveïdors de la fase d'engreixament i aquesta fase té de client, en primer terme, els escorxadors. Tanmateix, vist des de l'altre punt de vista, uns són clients del

⁹ Per veure les relacions de l'empresa amb l'entorn es pot veure per exemple Fernández (1993) i Machuca, García et al., (1994)

¹⁰ Els canvis en la visió de les relacions amb els proveïdors al llarg de la cadena de subministrament es fa referència a Bowersox i Closs (1996), Prida i Gutierrez (1996) i Soret (1997)

sistema anterior en la cadena. La relació que s'estableix entre un client i el sistema de producció es basa en dos fluxos : el de productes o referències i el d'informació.

2.4.2 Els fluxos dels sistemes de producció

S'ha dit que l'output generat desitjat pel sistema de producció s'anomena producte acabat o, de forma més general, referència. Aquesta referència haurà de respondre a un desig o un requeriment expressat pel client.

La representació de la cadena d'aprovisionament que es persegueix és la de seqüenciar els sistemes productius de forma que apareguin les relacions client – proveïdor entre els sistemes que conformen la cadena. Tal com mostra la Figura 2.5, les relacions s'estableixen en la mesura que el producte final d'un sistema es converteix en un element entrant en un sistema posterior. Amb aquesta visió de la cadena de producció apareixen dos fluxos : el *flux d'informació* que té la direcció de client cap a productor i que conté la informació necessària per definir la referència i el *flux de la referència*, que té el sentit contrari i conté la referència pròpiament dita, bé sigui un producte o un servei (on també hi pot anar associada una informació).

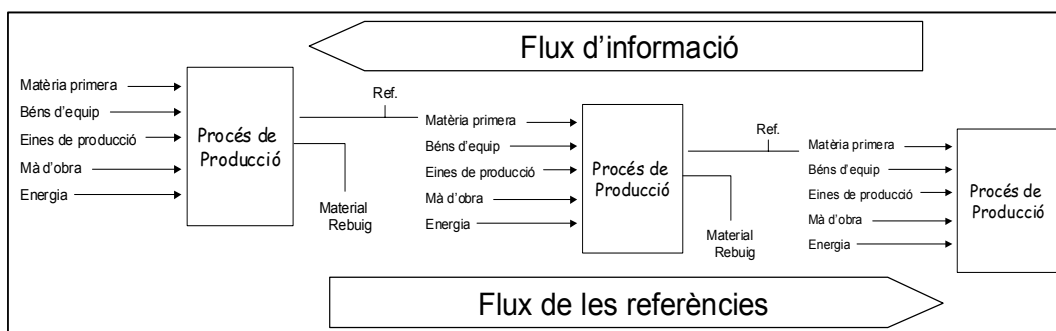


Figura 2.5: Evolució dels fluxos logístics al llarg del sistema productiu. Font: Elaboració pròpia basada en Prida and Gutierrez (1996) i Bowersox and Closs (1996)

2.4.2.1 El flux de la informació

El flux d'informació neix de la inquietud o necessitat del sistema client per una referència. Es pot donar el cas que la referència estigui absolutament definida per part del productor, o bé que el client pugui determinar alguns dels

paràmetres que conformaran el producte final. El nivell de definició d'aquesta referència serà un aspecte clau per poder discernir les estratègies de producció que es descriuran. Aquesta inquietud inicial provoca una demanda que arriba al sistema productiu i activa els processos necessaris dins del sistema productiu per poder-la satisfer.

Entre els processos que s'activen es poden distingir dos tipus: els de nivell intern, que es quedaran dins el sistema productiu, i els que sortiran fora del sistema productiu. Entre aquests darrers podem comptar amb el procés d'aprovisionament de matèries primeres, la recerca de tecnologia per millorar el processos de producció, l'assegurament de l'acompliment d'aspectes legiscats per l'administració, etc.

Es pot donar el cas que la informació que arribi del client per una referència influeixi de forma decisiva en aquests processos, com serà el cas quan les exigències d'un client determinin quins seran els condicionants en un procés de producció o bé impliquin la compra d'una matèria primera específica.

2.4.2.2 *El flux de la referència*

L'altre flux present en la relació és el *flux de la referència*, que també s'anomena flux de la mercaderia. Neix en el proveïdor, entra al sistema amb la recepció de la matèria primera, segueix amb el procés de transformació que sofreix dins del sistema productiu i finalitza amb l'expedició de la matèria primera transformada cap al client.

Ambdós fluxos passaran a través del sistema producció en direccions contràries. El més corrent és que, dins del sistema productiu, aquests dos fluxos estiguin regulats i connectats per la funció "PLANIFICACIÓ" que gestiona per una part les ordres internes al sistema que s'anomenen ORDRES DE PRODUCCIÓ i per l'altra les que sortiran del sistema que s'anomenen ORDRES DE COMPRA. L'esquema resultant és el que mostra la Figura 2.6 (Perreault i Vlastic, 1998)

2.4.2.3 *La funció de la Planificació*

La missió de la planificació serà generar, de la forma més adient, les ordres d'aprovisionament i de producció necessàries degut a l'estratègia escollida pel sistema de producció. La planificació, juntament amb la direcció i el control, és una de les funcions bàsiques de la gestió dels sistemes productius i relacions el futur amb les decisions actuals per obtenir els fins de l'empresa (Fernández, 1993)

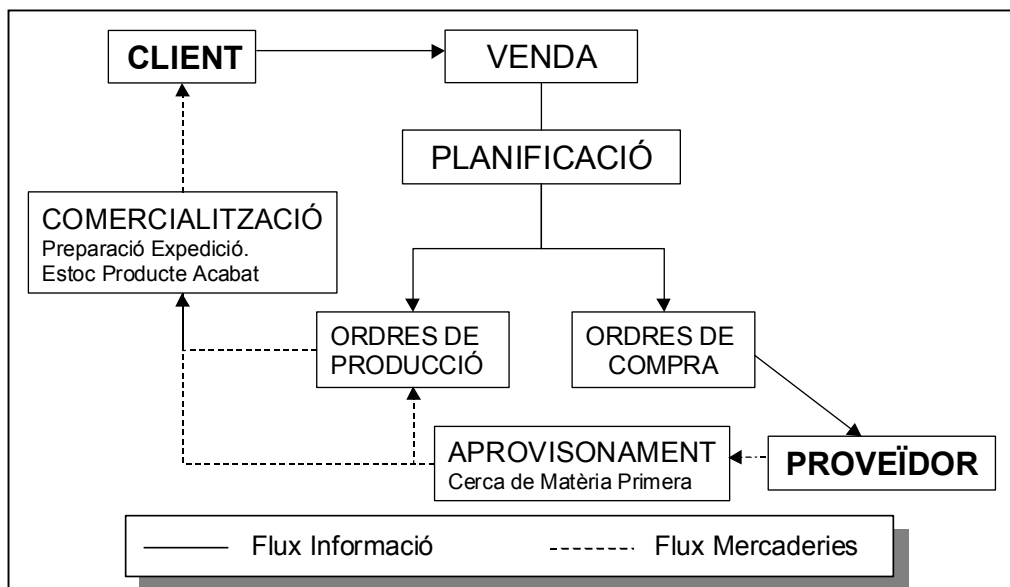


Figura 2.6. Fluxos dins del sistema de Producció. Font : Elaboració pròpia basada en Perreault (1998)

La funció de Planificació depèn de molts factors i és fortament complexa segons les característiques del sistema productiu que s'estigui treballant. Cal destacar que podem parlar de diferents nivells de planificació : a nivell estratègic (llarg termini), a nivell tàctic (mig – curt termini) i a nivell operacional (molt curt termini) . Les decisions que cal prendre a cada nivell són diferents però estaran relacionades de forma jerarquitzada (Machuca, García et al., 1994).

La descripció dels dos fluxos descrita anteriorment és comuna en tots els sistemes productius. No obstant, és possible classificar estratègies que segueixen els sistemes de fabricació per complir amb les demandes dels seus clients en funció del grau d'informació associada al producte, entre altres paràmetres.

2.4.3 Classificació de les estratègies dels sistemes productius

És molt difícil classificar les estratègies dels sistemes de producció degut que en poden existir de molts tipus. És molt possible que no existeixi cap dels sistemes que es descriuen a continuació en el seu estat pur, sinó que a la pràctica el que es troba són combinacions d'ells.

En el nostre cas, i degut a les implicacions que es destacaran posteriorment, es proposa utilitzar una classificació de les estratègies en funció de la manera en què satisfan les comandes dels clients. La classificació es basa en dos aspectes:

- 1) El nivell de definició que pot fer el client del producte (comprador), i
- 2) La incidència de la comanda en els paràmetres de producció.

El primer aspecte fa èmfasi en la relació que té el productor amb el seu client perquè aquesta relació determinarà fins a quin punt el client està disposat a rebre un producte estàndard, o bé més específic, depenent de les seves necessitats i exigències.

El segon aspecte és més a nivell de planificació del sistema o de l'empresa. Fa referència a si les característiques del procés de producció intern i l'aprovisionament de matèries primeres depenen de comandes específiques dels clients o bé són generades a partir de previsions o històrics sense la necessitat de comandes específiques.

Tot seguit es descriuran les estratègies dels sistemes de fabricació convencional : “*Engineer To Order*” (ETO), “*Make To Order*” (MTO), “*Assembly To Order*” (ATO) i “*Make to Stock*” (MTS). (Regh, 1994; Vollman, Berry et al., 1995; Cuatrecases, 2000)

Les diferències que hi ha entre cada estratègia són moltes, des de la distribució en planta, fins al sistema d'informació generador de les ordres de producció. De cara a la nostra anàlisi es destacarà la incidència i la influència del client dins del procés de fabricació i dins del procés d'aprovisionament. En termes de producció animal parlariem de fins a quin punt el productor considera el destí últim dels seus animals a l'hora d'aprovisionar-se i li comporta canviar el seu sistema productiu.

Es parteix de la base que el sistema de producció d'una referència, entenent-lo com a fabricació convencional, es compon de quatre fases: disseny, fabricació, muntatge i comercialització. No obstant, no tots els productes, degut a característiques intrínseques, poden tenir les quatre fases. Segons la fase en la que tingui l'origen el sistema productiu apareixeran les quatre estratègies que es descriuran tot seguit. Per simplificar les explicacions i la posterior adaptació al

cas de la fase d'engreixament porcí, s'ha cregut oportú unir les fases fabricació i muntatge i per tant explicar les estratègies MTO i ATO conjuntament. Com que l'objectiu de presentar el marc teòric és poder catalogar la producció porcina, es pot assegurar que el concepte ensamblatge no té sentit quan es parla de producció animal.

A continuació es fa una descripció de les esmentades estratègies de producció destacant-ne els aspectes anteriorment mencionats per tal de poder ressaltar els canvis significatius que ha sofert la producció porcina en els darrers anys.

2.4.3.1 ETO (*Engineer to order*)

En aquest cas el sistema productiu genera la referència des del seu disseny, per tant és el client d'aquella referència qui decideix totes les característiques que cal que tingui. Aquesta estratègia s'usaria en sistemes de fabricació de productes que estan en les primeres fases del seu cicle de vida, o bé és un producte complex que necessita moltes especificacions. L'èxit del seu funcionament radica en la bona interpretació de la informació que el client pugui aportar sobre la referència que desitja. En els processos de fabricació convencionals es diu que el disseny està inclòs en el sistema de fabricació (Regh, 1994).

El sistema productiu no s'activa fins que arriba una comanda d'un client i després destina els seus esforços en satisfer-la. Per tant, el nivell d'incidència sobre les ordres que generarà aquesta comanda és molt alt.

La comanda del client conté tota la informació necessària per la fabricació d'aquella referència. És feina del sistema productiu posar tots els mitjans i recursos necessaris per la seva consecució.

2.4.3.2 MTO (*Make To Order*) i ATO (*Assembly To Order*)

Aquesta estratègia es pot seguir quan la referència que es generarà està definida (totalment o en part) i el procés de producció està determinat i provat. Aleshores, el sistema de producció pot escurçar el temps de producció de les referències perquè el seu disseny ja és definit. El grau de participació del client es concreta en la definició exacte del producte final imposant les condicions que desitja. Si bé el productor no té tota la capacitat de decisió, en té més que en el cas anterior, perquè el client no pot decidir en termes de disseny.

El punt on s'inclouen les voluntats del client determina el nivell d'informació necessari per les referències. Si la definició de la referència final és molt específica el client té molta importància en la seva definició.

El sistema de producció que segueixi aquesta estratègia, haurà de tenir molt en compte al client en les seves exigències, perquè el seu producte serà escollit en la mesura que les compleixi. Es podria dir que el productor ha perdut part de la definició del producte, perquè ha passat a mans del client.

En aquests termes és de suposar que el client estarà disposat a pagar més per una referència on pot decidir alguna cosa davant d'una altra on no pot decidir res, que és el que genera l'estratègia MTS a què ens referim a continuació.

2.4.3.3 MTS (Make To Stock)

És l'estratègia de la gran majoria de béns de consum. La principal característica d'aquesta estratègia és la participació remota del client en els processos que usen els sistemes productius per poder aconseguir els productes finals. Es diu remota i no nul·la perquè se suposa que existirà un departament de marketing que decidirà innovacions i millores a les referències en funció de les inquietuds i necessitats dels consumidors potencials

El client s'alimenta del "pulmó" que és l'estoc final i el sistema productiu s'ha d'encarregar de mantenir el nivell d'estoc desitjat. Un dels criteris de decisió serà assolir el mínim cost de fabricació per maximitzar els beneficis.

En aquest cas apareix el producte "estandarditzat" on el client no pot fer les "seves" especificacions, per la qual cosa es diu que tot el poder el té el productor. La incidència de les comandes sobre els factors de producció serà baixa en la mesura que s'intentarà, des del sistema purament productiu, determinar els factors buscant la minimització dels costos.

Qualsevol sistema productiu se suportarà en un sistema d'informació que seguirà una combinació de les estratègies anteriorment descrites. Totes tenen els seus avantatges i els seus inconvenients, però la determinació per part de cada sistema de fabricació dependrà de molts factors ¹¹.

Com a resum del repàs de les estratègies descrites es vol presentar la Figura 2.7 que il·lustra un dels punt diferenciadors entre les estratègies. Es vol posar especial èmfasi en l'aspecte que s'ha esmentat anteriorment . En la figura es

¹¹ Per poder catalogar la millor estratègia per un sistema de producció caldrà considerar entre d'altres factors : les característiques de la demanda de les referències que es produeixin, el nivell de tecnologia per la producció i l'estructura sectorial, entre d'altres (Krajewsky and Ritzman, 1999)

compara el nivell d'informació aportada pel client en la definició del producte final entre les diferents estratègies.

Els dos pols oposats són l'estratègia ETO, on el grau d'influència sobre la definició del producte és més gran i l'estratègia MTS on el client només adquireix la referència sense poder influir en els seves característiques.

Feta aquesta recapitulació, es pot delimitar un marc teòric per al sistema de producció de carn porcina identificant les estratègies de producció que s'han portat a terme fins al moment i les estratègies cap a les que poden tendir les empreses en un futur.

L'anàlisi es farà per l'engreixament dels animals identificant quina és la nova estratègia que es planteja a les granges d'engreixament porcines.

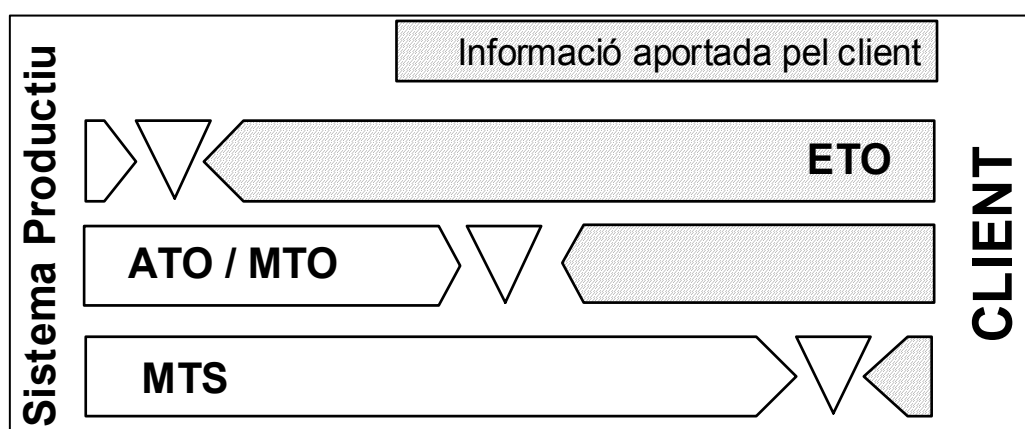


Figura 2.7 : Influència de la informació aportada pel client.. Font: Elaboració pròpia, adaptada de (Cuatrecases, 2000)

2.5 Canvi de paradigma. Nova visió de producció de carn porcina.

Havent vist de forma general tota la cadena de producció de carn porcina, l'estudi es centrarà en aquest apartat en la fase d'engreixament, objecte central d'estudi de la present recerca.

L'aplicació del model de sistema productiu a la fase d'engreixament porcí s'il·lustra en la Figura 2.8. L'element que es produeix, és a dir la referència que genera, és un animal engreixat. El client de l'engreixament és, en primer terme, l'escorxador i/o la sala de desfer. La funció planificació ha de gestionar a nivell extern els inputs d'aprovisionament de l'exterior i, a nivell intern, el maneig de la granja i la presa de decisions de quan enviar els animals cap a l'escorxador.

A part, dins de l'explotació s'hi tenen els béns d'equip i els factors de producció que són els mitjans (incloent la instal·lació i les màquines) amb els quals els animals seran engreixats, la mà d'obra que és el personal encarregat de la granja i, finalment, l'energia que es necessiti per mantenir el funcionament de l'explotació.

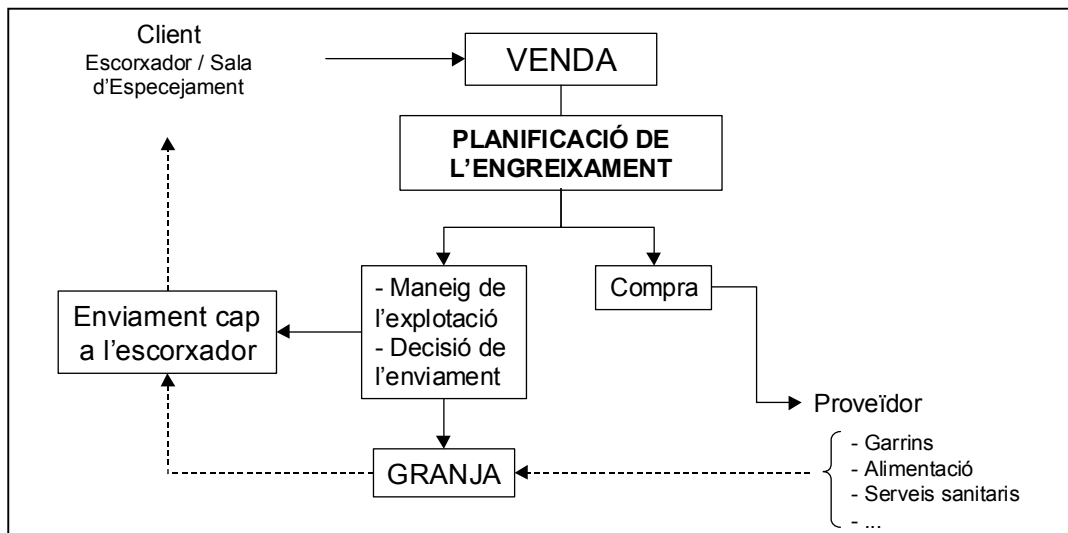


Figura 2.8 : Aplicació del model de sistema de producció a la fase d'engreixament porcí.

2.5.1 L'estratègia de producció desenvolupada fins al moment

Partint de l'esquema de la visió seqüencial (Figura 2.1), l'estratègia que han seguit fins al moment els productors de carn porcina, en la seva fase d'engreixament s'acostaria més a una estratègia MTS. Els productors de porcs produïen i enviaven els animals al mercat sense un destí concret. L'augment del consum de la carn porcina permetia al productor imposar les característiques de les referències que s'enviaven al mercat.

El regulador de l'oferta i la demanda era el mateix mercat que, depenent del "nivell d'estoc dels productes" modificava el preu per fer créixer la demanda i així tornar l'estabilitat al sector. La regulació era feta mitjançant el preu. Es partia de la base que els mercats haurien d'harmonitzar l'oferta i la demanda de forma òptima pel que fa a quantitat i qualitat mitjançant el sistema de preus. No obstant, les assumpcions teòriques en què es basa aquest mercat perfecte pressuposen informació perfecta, competència perfecta, entorns estables i comportaments racionals, que de fet, no es compleixen (Ouden, Dijkhuizen et al., 1996).

És palès un increment de consum experimentat per la carn de porc en els darrers anys. Certament és la carn que més es consumeix a la UE ¹². En aquest context, la producció ha anat en augment, servint al mercat un producte sense considerar gaire la qualitat. La producció de carn porcina era admesa pels clients sense gaire condicions i en aquest entorn el productor buscava la millora de la rendibilitat minimitzant els costos despreocupant-se de l'aprovisionament de garrins i del pinso. L'únic aspecte que es considerava era la conformació de la canal, essent aquest un criteri molt subjectiu. El nombre de productors va créixer i a partir d'un cert llindar es van començar a desenvolupar estratègies de diferenciació per poder cercar més mercat (Porter, 1985)

2.5.2 Principals factors que han incentivat el canvi d'estratègia

En els darrers anys han passat uns fenòmens que han afectat a la demanda de la carn porcina i han influït cap al canvi d'estratègia que es vol presentar. Encara que és difícil trobar una relació causa efecte, és acceptat que una de les causes que ha influït a tot el sistema agroalimentari és l'augment de la renda de la població. Amb aquest augment els consumidors demanen productes més elaborats, de més qualitat, millor presentació, etc (Caldentey, 1998)

¹² La previsió als països de la Unió Europea és passar dels 41.2 kg / pers. del 1997 als 45.1 kg / pers en el 2006 (Comission, 1999).

No obstant, des del nostre punt de vista i a partir de la revisió de la literatura, hi ha quatre factors principals que en el sector del porcí han incentivat el canvi de l'estratègia de producció: la valoració del magre per part dels consumidors, la incidència en el benestar de l'animal en l'etapa d'engreixament, l'increment de la importància en els aspectes relacionats amb el medi ambient i amb els riscos sanitaris i, finalment, la carrera engegada entre els distribuïdors per cercar diferenciacions entre els seus productes finals.

2.5.2.1 La valoració del magre

La carn del porc era considerada una carn poc saludable degut a l'alt grau de matèria grassa que contenia. Els escorxadors van començar a posar condicionants penalitzant les carns més grasses per incentivar la producció de carns més magres. Si bé des de sempre s'ha valorat la conformació muscular dels animals per valorar els animals, això no es va regular fins el 1994 any en què va aparèixer la normativa europea SEUROP. Aquesta normativa valora les canals segons el seu contingut de carn magre i és un sistema que permet l'intercanvi a nivell comunitari de canals. L'aplicació d'aquesta normativa SEUROP és cada cop més extensa i dóna un criteri molt més objectiu de la classificació de les canals. Aquest fet va contribuir a un increment significatiu del percentatge de magre en les canals sacrificades a la UE.

2.5.2.2 La incidència del benestar animal

Un altre dels aspectes on s'està incidint des del consumidor final és el tracte que es dóna als animals. És el denominat "benestar animal" (Ouden, Nijsing et al., 1997) que es pot classificar en dues vessants: els aspectes socials del grup d'animals i els aspectes de l'entorn.

Entre els aspectes socials es pot destacar l'edat que l'animal iniciarà el desalletament, Aquesta edat d'inici implica avantatges i inconvenients (García-Belenguer, Pérez et al., 1999; Oliver, 1999).

Pel que fa als aspectes de l'entorn es pot destacar la densitat dels animals a la granja, el grau d'il·luminació i ventilació. En general proveir més espai de sòl, dotar de palla per la distracció, d'un ritme d'il·luminació de dia – nit natural i d'un espai a l'aire lliure són considerats beneficiosos pel benestar animal (Fraser i Broom, 1990).

En resum, es tracta d'un conjunt d'aspectes que condicionen als productors pel que fa a l'engreixament dels seus animals. Entre aquests aspectes també s'hauria d'incloure els referents a assegurar la qualitat sanitària dels animals que

es destinen al consum. Aquesta influència del benestar animal ha implicat un augment del cost d'engreixament dels animals en el sector porcí.

2.5.2.3 Els aspectes mediambientals

Cada vegada més s'aprecia una pressió social que ve dels grups que vetllen pels aspectes medi-ambientals de la producció animal. La gestió dels purins és un fenomen que ha anat prenent importància en els darrers anys degut a la sobrepoblació d'animals en àrees concretes de l'estat i a la inquietud social en certes zones. És, de fet, un cost afegit en aquestes zones.

Es qüestiona si l'únic criteri que cal considerar per fer les formulacions de les dietes és l'econòmic. Per altra part, també s'han fet estudis per comprovar les millores que suposen pels animals tenir cura de l'entorn adequadament (Hill, Glone et al., 1998).

2.5.2.4 La cerca de la diferenciació

S'ha dit anteriorment que l'engreixament ha marcat el ritme de la cadena de producció. Darrerament, però s'observen canvis importants degut a la força dels supermercats quant a la diferenciació que estan buscant en els seus productes. Cada cop més s'estableixen especificacions per productes amb denominació pròpia, que no només integren el producte final sinó també la matèria primera, el tipus de porc i les condicions en la granja per a la sanitat del producte i del benestar animal (Diestre, 1999).

En aquesta situació pren molta importància la traçabilitat dels productes generats per les granges d'engreixament, sobretot per evitar o prendre la responsabilitat, dels riscos que suposen els productes d'alimentació.

A més dels criteris d'assegurament de la qualitat sanitària dels productes que s'elaboren, s'està plantejant un altre tipus de diferenciacions de qualitat de la carn. Entre aquestes especificacions es pot esmentar la caracterització dels animals per evitar l'olor sexual (Gill, 1998; Font, Gispert et al., 1999) i l'increment de la preferència pel magre en els darrers anys.

2.6 La nova visió de la fase d'engreixament i el canvi d'estratègia plantejat per la nova orientació

Havent exposat de forma general tota la cadena de producció de carn porcina, l'estudi es centrarà en la fase d'engreixament, objecte d'estudi del present treball per concretar quins són els aspectes que han propiciat aquest canvi d'estratègia i quins són els aspectes on cal que els productors centrin els seus esforços.

La nova visió de la producció de carn porcina consisteix en modelitzar el sistema productiu com una cadena de subministrament en la qual el que es pretén és optimitzar el conjunt de la cadena enlloc de cercar l'optimització de parts de la cadena. El primer factor que cal considerar és la integració de diferents fases de la cadena.

Hi ha autors que proposen la cooperació vertical o integració "incompleta" enlloc de la integració total, com una solució que veuen més aplicable a la cadena de producció de carn porcina (Ouden, Dijkhuizen et al., 1996). La integració incompleta o cooperació vertical es refereix a les relacions entre dos o més fases adjacents sense perdre el poder o control, en les quals les parts que tracten mantenen fonamentalment la seva independència, però comparteixen informació. Les maneres de cooperació vertical poden tenir moltes formes com: acords de subcontractació, *franchising* o *joint ventures*.

La visió que es vol presentar uneix alguns dels blocs que s'han descrit en la visió seqüencial de la Figura 2.1 degut a la integració de operacions que hi ha hagut darrerament. Per una part, la transició dels garrins, a partir del deslletament, s'ha integrat més a la fase d'engreixament, considerant aspectes mediambientals i de benestar animal. Això ha estat possible gràcies a les millores portades a terme en les instal·lacions que han pogut donar cabuda a aquests animals que requereixen un tracte més delicat. Per l'altra banda, a la fase final d'engreixament, l'escorxador ha aportat més informació a aquesta fase de manera que els requeriments dels animals sacrificats han pogut ser integrats en la fase d'engreixament. Es podria dir que hi ha hagut una compartició d'informació.

Conseqüentment es pot afirmar que els clients de la fase d'engreixament han aportat més informació de la que tenien en compte en el model seqüencial. Han considerat les necessitats de les operacions que conformen la cadena de carn porcina fins arribar al consumidor. A partir de l'escorxador, les operacions de la cadena són de dos tipus: els distribuïdors del producte per consum en fresc i la indústria càrnica. Com a proveïdors de la fase d'engreixament es tindran els proveïdors dels garrins i els proveïdors de l'alimentació.

2.6.1 La reacció davant la crisi

Els sistemes productius de carn porcina han hagut de reaccionar per incloure els punts que han incentivat el canvi. Per cada un dels quatre factors que s'han destacat en l'apartat 2.5.2 (carns magres, benestar dels animals, factors mediambientals, diferenciació) el sistema de producció ha pres algunes mesures que tot seguit seran examinades. La culminació d'aquestes mesures conformen el canvi d'estratègia que s'ha observat.

La inquietud del consumidor final demanant carns més magres i no tant grasses va ser recollida i va ser integrada en el sistema productiu a partir del consumidor de carn fresca. Les explotacions d'engreixament porcí van canviar o transformar el seu procés productiu, canviant l'alimentació, i donant més importància a l'elecció dels caràcters genètics en l'aprovisionament dels garrins per poder aconseguir carns més magres (Lumbreras, 1996).

Per incrementar la sensació de benestar dels animals s'ha tingut en compte aspectes dels transport dels animals cap a l'escorxador (Gispert, Diestre et al., 1996) (García-Belenguer, Pérez et al., 1999).

La voluntat de reduir l'impacte mediambiental de les explotacions porcines ha estat recollida dins el sistema de producció i, en alguns països, ha implicat la cerca de dietes que incloguin criteris de no-contaminació a més de criteris econòmics (Pomar, 1999). La formulació de dietes sota criteris de reducció de l'emissió de components nitrogenats a l'atmosfera és una pràctica que avança en explotacions porcines situades en àrees on la conscienciació social és alta com la Bretanya de França (Jongbloed et al, 1999).

Pel que fa a la diferenciació, el fet d'alimentar els animals correctament i tenir cura d'ells al llarg del procés d'engreixament també s'ha convertit en una marca de diferenciació a nivell de comercialització dels animals. Pel consum en fresc els escorxadors han reaccionat donant molta importància a la traçabilitat per tenir sota control l'origen dels productes que s'elaboren. És un aspecte que s'ha convertit en fonamental quan hi ha l'aparició d'un risc alimentari. El consum de productes carnis és molt sensible a les crisis.

La concentració de distribuïdors de productes de gran consum fa que tinguin més força davant als productors i poden exigir característiques més específiques dels animals. A la vista del que passa a d'altres països europeus, sembla que el sector detallista espanyol agafarà més força per tenir influència en les decisions de la cadena porcina, buscant la diferenciació del producte final.

Tanmateix, cal assenyalar que l'altre gran destí de la carn porcina, la indústria càrnica, ofereix la imatge d'una sèrie de grans sectors que no integren les necessitats dels consumidors i elaboren productes estàndards. Malgrat aquesta

imatge, a EEUU es dona el cas de granges que han elaborat productes diferenciats de la resta en base a criteris d'elaboració (Lynch, 1999).

Buscant la homogenització dels seus productes finals, la indústria càrnica ha posat altres especificacions. Entre elles es poden trobar un determinat percentatge de magre o una determinada mida de cuixa d'un animal pel curat del pernil o un determinat procés d'engreixament amb certificació de qualitat (Carrasco i Ferradás, 1997; Maza, Gaspar et al., 1999)

2.6.2 El canvi d'estratègia

La reacció ha estat la idea d'establir nínxols de mercat més específics per animals integrant les inquietuds d'un determinat conjunt de consumidors. L'estratègia adoptada ha de ser capaç d'integrar les exigències del client en forma d'especificacions del producte.

Si s'analitza els principals clients dels escorxadors es pot veure que les possibilitats de "definició de producte final" poden créixer en els propers anys: per una part hi ha les gran superfícies i per l'altra les indústries càrnies. El punt clau per a la integració dels requeriments del consumidor és el sistema de pagament dels porcs sacrificats i les condicions que es farà la negociació.

El poder de les grans superfícies és el factor amb més influència en la integració de la cadena. Aquesta influència estarà en mans d'unes poques empreses multinacionals i això portarà, entre d'altres, a les conseqüències següents: 1) treballaran amb pocs subministradors, 2) establiran especificacions per a productes amb denominació pròpia, que integraran el producte final, la matèria primera, el tipus de porc i les condicions de la granja, i 3) necessitaran productes diferenciats i tenir assegurat el seu subministrament.

Ja s'ha esmentat anteriorment, que l'estratègia que ha seguit tradicionalment la fase d'engreixament del sector porcí ha estat l'estratègia *Make to Stock*. Amb els canvis que s'han plantejat, es pot afirmar que aquesta fase a sofert un canvi de paradigma i tendeix a seguir una estratègia *Make to Order*. L'objectiu que persegueix aquest canvi és variar la planificació dels factors de producció i l'aprovisionament per assolir les referències que determini el client, buscant, en la mesura dels possibles poder satisfer cada comanda de lots d'animals de forma "individualitzada". La llei de la oferta i la demanda regulada pel preu s'ha mantingut en la mesura que el producte que s'estava oferint era poc diferenciat. No obstant, al convertir el producte amb un bestiar específic, cada productor haurà de buscar les especificitats de les quals n'obtingui un major profit

Des del nostre punt de vista el canvi d'estratègia queda palès en la Figura 2.9. Es presenta una matriu un funció de dos paràmetres : el nivell de definició que

pot fer el client del producte i la incidència de la comanda en els paràmetres de producció.

L'estratègia emprada fins el moment per la fase d'engreixament (*Make to Stock*) se situaria en la posició de baix nivell de definició del producte per part del client i baixa incidència de la comanda en els paràmetres de producció.

El camí seguit es deu, sobretot, a la integració dels requeriments del client que ha afectat a la planificació dels factors de producció. El primer recorregut explica l'increment d'orientació cap al client que va adoptar la producció porcina en el moment que va buscar maneres per incrementar la demanda de carn porcina. Exemples d'això serien les mesures preses per reduir el percentatge de grassa de les canals degut a l'increment de la definició del producte que va fer els clients dels productes. En certa manera es pot dir que el client va augmentar la "seva definició" de producte.

El segon recorregut implica un canvi més a curt termini en la mesura que adequa el sistema productiu a la comanda que en aquell moment es presenta a l'explotació. El productor es pot plantejar modificar la dieta optimitzant criteris marcats pel client o bé el fet de cercar el moment – i la política – d'enviar els animals a l'escorxador. Aquest darrer punt és el que serà objecte d'estudi en els propers capítols.

El canvi d'estratègia de producció s'ha donat, sobretot, quan les exigències dels clients han portat a variar paràmetres de producció¹³. Entre els paràmetres de producció que poden quedar afectats per les comandes dels clients val la pena destacar l'elecció d'una genètica concreta en funció del destí final de la carn produïda, la determinació d'una dieta específica per tenir cura del mediambient o el temps d'estada a la granja per assolir un rang de pesos molt específic marcat per l'escorxador

L'elecció d'aquests paràmetres de producció comporta un seguit de problemes que cal tractar sota criteris multi objectiu, perquè tal volta poden portar a òptims diferents. És necessari arribar a solucions satisfactòries que compleixin amb tots

¹³ Aquests canvis d'estratègia han estat evidenciats en treballs recents ja comentats fins ara (Pomar, Matte et al., 1991; Knap, Willam et al., 1997; Kure, 1997; Tibau, Puigvert et al., 1997; Puigvert, Castro et al., 1999; Torrellardona, 1999)

els condicionants que es demana al sistema. D'aquí que es proposi un sistema de Suport a la Decisió que contempli els aspectes biològics, els de factors de l'entorn productiu i els de caracterització de la demanda.

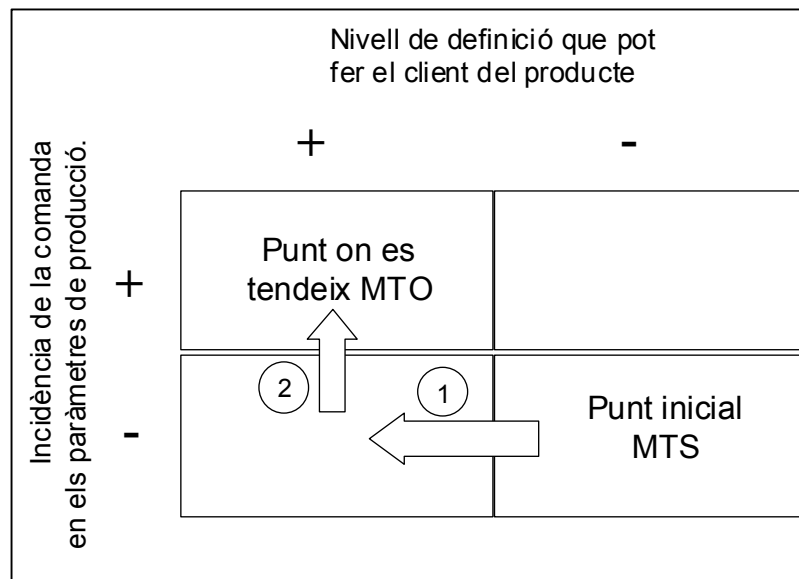


Figura 2.9 : Canvi de paradigma en la fase d'engreixament porcina.

3 Capítol 3. Modelització de la fase d'engreixament porcí. Característiques i enfocaments dels models existents. Revisió crítica.

3.1 INTRODUCCIÓ

3.2 ETAPES PER LA FORMULACIÓ DE MODELS

3.2.1 FORMULACIÓ DEL PROBLEMA

3.2.2 CONSTRUCCIÓ D'UN MODEL MATEMÀTIC

3.2.2.1 Les expressions matemàtiques

3.2.2.2 Les característiques dels models matemàtics

3.2.3 RECERCA D'UNA SOLUCIÓ A PARTIR DEL MODEL

3.2.3.1 Tècniques de resolució

3.2.4 VERIFICACIÓ DEL MODEL I DE LA SOLUCIÓ OBTINGUDA

3.2.5 ESTABLIMENT DE CONTROLS SOBRE LA SOLUCIÓ

3.2.6 POSTA EN MARXA DE LA SOLUCIÓ

3.3 SISTEMES D'AJUT A LA DECISIÓ (DSS) I EL SECTOR AGROALIMENTARI

3.4 REVISIÓ DELS PRINCIPALS MODELS EXISTENTS

3.4.1 MODELS CLÀSSICS

3.4.2 MODEL DE L'ESCOLA HOLANDESA

3.4.3 MODEL DE L'ESCOLA DANESA

3.4.3.1 Kristensen

3.4.3.2 Jorguensen

3.4.3.3 Broekmans

3.4.3.4 Henrik Kure

3.4.4 MODEL DE L'ESCOLA CANADENCA

3.4.5 APLICACIONS INFORMÀTIQUES

3.5 NECESSITAT D'UN NOU MODEL INTEGRADOR

3.1 Introducció

Davant del nou paradigma lligat amb el canvi de les estratègies de producció en la fase d'engreixament del sistema de producció de carn porcina en el qual es situa aquesta tesi, el que es proposarà és la construcció d'un model per tal d'establir un marc que faciliti un llenguatge comú entre les diferents àrees que componen la cadena de producció de carn porcina.

Són molts els aspectes que s'han de considerar. Entre d'altres es poden senyalar aspectes genètics, sanitaris, de gestió, de mercat, biològics, econòmics. En el present treball es posarà principalment l'èmfasi en la caracterització de la demanda i el maneig del lot d'animals en la fase d'engreixament. Per una part per tal de poder valorar els animals i per l'altra per tal de poder integrar les necessitats dels clients. Si bé el que es vol és optimitzar el rendiment econòmic de la fase d'engreixament, caldrà considerar els altres paràmetres que poden influir en major o menor mesura en les decisions finals.

Fins ara han estat diversos els autors que han creat models per poder donar solució al problema d'anàlisi econòmica de la fase d'engreixament porcí (Kure, 1997; Bailleul, 1998). La majoria dels models, però, sovint degut al fet que intervenen àrees tan diferenciades en tot el procés, fan referència a parts del problema. Manca un model global per determinar el maneig d'un lot d'animals en base als criteris objectius anteriorment esmentats.

Aquest capítol comença amb l'establiment d'un marc teòric de la modelització. Tot seguit es presenten els sistemes d'informació per a la presa de decisions, com annex del marc teòric de la modelització. Seguidament es farà l'estat de l'art a partir de la descripció dels models publicats fins al moment referits a l'engreixament porcí.

L'objectiu principal de presentar aquests models és poder ressaltar quins són els factors i aspectes que tracten els models existents així com les seves mancances i quins són els que poden ser estudiats en treballs futurs. Aquesta revisió dels models permetrà evidenciar els factors que per una banda caldrà que aportin el model tècnic – econòmic més integral que es planteja el nostre treball i per altra banda les característiques que cal que tingui el nou model per tal de poder aplicar el canvi d'estratègia exposat en l'anterior capítol i, en definitiva, fer possible la presa de decisions en l'activitat de producció porcina.

3.2 Etapes per la formulació de Models

Dins dels problemes de gestió de la producció i d'organització dels sistemes productius cal destacar els referents a la presa de decisions. Davant d'aquests problemes en els estudis d'investigació d'operacions s'han buscat solucions mitjançant la modelització dels mateixos ¹. Ara bé, aquests estudis s'han complementat, en els darrers anys, amb els sistemes d'informació donant lloc als anomenats sistemes de suport a la presa de decisions (en terminologia anglesa *Decision Support System DSS*) (Gil, 1996; Pomar, 1998)

El models matemàtics són, principalment, un conjunt d'equacions que descriuen o simulen un sistema del món real (Hillier i Lieberman, 1991). Així, el que es pretén és buscar una solució del model matemàtic per, després, poder transportar-la al sistema del món real.

Alguns dels models poden servir, entre d'altres utilitats, per millorar el coneixement dels processos productius i augmentar la rendibilitat de les empreses (Black, 1995). Tanmateix, la necessitat de models per tal de poder explicar els sistemes de producció ha anat en augment degut a la complexitat dels mateixos. Aquesta complexitat creixent fa que sigui difícil d'avaluar l'impacte econòmic de diferents estratègies de producció, perquè depenen d'un gran nombre de variables.

Per formular models s'ha partit d'una metodologia concreta (Hillier i Lieberman, 1991) però complementada per les aportacions d'altres autors que han treballat en processos de producció porcina (Huirne, 1990; Jalving, 1992; Dijkhuizen, Jalvingh et al., 1997; Bailleul, 1998; Pomar, 1998) (Lange i Schreurs, 1995). L'objectiu de l'exposició del procés de modelització és mostrar i justificar els passos que s'han fet per la construcció definitiva del model.

Les etapes necessàries per resoldre un problema mitjançant la modelització són:

- 1) Formulació del problema
- 2) Construcció d'un model matemàtic que representi el sistema

¹ Existeix extensa literatura de problemes de decisió sota l'òptica de la Investigació Operativa (Hillier and Lieberman, 1991; Winston, 1994; Taha, 1995)

- 3) Recerca d'una solució a partir del model
- 4) Verificació del model i de la solució obtinguda
- 5) Establiment de controls sobre la solució
- 6) Posta en marxa de la solució

A la pràctica, aquestes sis etapes pot ser que no siguin consecutives en la seva execució. Sovint s'executen de forma paral·lela o fins i tot de manera iterativa, és a dir, repetint la formulació del problema un cop s'han verificat que les solucions del model porten a solucions impossibles d'aplicar a la realitat. (Pomar, 1998).

A continuació es fa una valoració d'aquestes sis etapes i les seves característiques.

3.2.1 Formulació del problema

La primera etapa per iniciar la modelització és fer una descripció exhaustiva del problema indicant quins són els condicionants del plantejament. Normalment apareixeran diferents parts que componen el problema i, consegüentment, es pot pensar en diversos elements que composaran el model.

Un altre dels propòsits d'aquest primer pas és establir quins són els objectius que es pretenen. La definició clara dels objectius permetrà la recerca de solucions òptimes de tot el sistema, evitant solucions que siguin només òptimes per una de les parts o components del problema.

Finalment la formulació del problema ha de permetre determinar quines dades s'han de recollir i quines cal filtrar i retenir com importants per tal de quedar-se amb les que siguin més decisives amb l'estudi. Per portar a terme aquesta anàlisi de les dades rellevants és bo i necessari mantenir contacte amb experts en la matèria que es tracta i considerar-ne l'opinió (Tomaszewski, Dijkhuizen et al., 1997).

3.2.2 Construcció d'un model matemàtic

A partir de la formulació del problema cal crear el marc conceptual, és a dir, la representació de la realitat en forma de model. Així, un model es pot definir com una abstracció i simplificació de la realitat, i un model matemàtic com un conjunt

d'equacions que representen el comportament d'un sistema des del punt de vista majoritàriament quantitatiu (Bailleul, 1998).

Els models ha de tenir tres funcions (Dijkhuizen, Jalvingh et al., 1997)

- (1) Proveir d'una base objectiva per valorar i assimilar la informació disponible d'un sistema,
- (2) Detectar en quina part del sistema el coneixement essencial és inadequat, evidenciant la necessitat de que es realitzi més recerca, i
- (3) Assistir o ajudar en el control i el maneig del sistema

Un ajut per poder construir models és desglossar el problema en diferents parts per tal de reduir la dificultat de cadascun d'ells. La construcció del model es pot fer de tres maneres: O bé de baix a dalt (enfocament *bottom-up*), començant amb parts més senzilles i anar construint les seves relacions. O bé de dalt a baix (enfocament *top-down*) que comença amb un representació simple de tot el sistema i es va polint fins arribar als objectius que es desitgen. La tercera opció (enfocament *prototyping*) és fer una combinació dels dos anteriors de forma iterativa (Dijkhuizen, Jalvingh et al., 1997).

En aquesta segona fase s'ha de decidir com estan interconnectats els diferents elements del model que han estan descrits en el pas anterior. Cal indicar on és l'entrada i la sortida de la informació. Finalment, cal traduir l'esquema en equacions matemàtiques (Pomar, 1998)

En definitiva, el model matemàtic d'un problema industrial és el sistema d'equacions i expressions matemàtiques relacionades que descriuen l'essència del problema. Aquesta definició del problema és molt més concisa i objectiva del que podria ser la descripció verbal del problema.

3.2.2.1 Les expressions matemàtiques

Es diferencien les següents expressions matemàtiques dins del model : les variables de decisió, la funció objectiu, les restriccions i els paràmetres. Cada element del model, en funció de la mesura que hi participi, estarà dins d'alguna d'aquestes expressions (Hillier i Lieberman, 1991):

- La **Funció Objectiu**. Representa la expressió matemàtica que es vol optimitzar. Aquesta funció haurà d'expressar els objectius que s'han

determinat en la formulació del problema. El seu valor dependrà directament o indirecta de les variables de decisió.

- Els **Paràmetres**. Són les característiques dels elements que romanen constants en les restriccions i en la funció objectiu.
- Les **Restriccions**. Són les limitacions marcades pels elements del sistema i delimiten les solucions possibles
- Les **Variables de Decisió**. Aquestes variables formaran part d'algun dels elements del sistema sobre els quals es pugui prendre alguna determinació quantificable. Són les "incògnites" que cal cercar per resoldre el problema

Les variables de decisió del model es converteixen en accions concretes en la realitat. Per tant, el fet de buscar una solució en el model implica trobar una acció per resoldre el problema, i buscar la solució òptima vol dir portar a terme la millor acció possible per obtenir el millor rendiment de la funció objectiu dins les restriccions marcades pel problema.

El número de totes les expressions depèn del model i, sobretot, de l'eina matemàtica que s'ha escollit per trobar-li solució. Així doncs, es pot donar el cas que per reduir les dimensions del model per a què sigui més manejable es requereixin aproximacions i suposicions per simplificar-lo (Hillier i Lieberman, 1991).

3.2.2.2 *Les característiques dels models matemàtics*

Els models matemàtics poden tenir una sèrie de característiques que classifiquen el tipus de model i la tècnica que s'aplicarà per a la seva resolució. Aquestes dependran de factors com ara (Dijkhuizen, Jalvingh et al., 1997):

- La natura del problema
- Els recursos disponibles (temps, diners, eines d'anàlisis)
- La disponibilitat de les dades sobre el problema.

Es pot diferenciar entre tres tipus de característiques que definiran la naturalesa del model : estàtic o dinàmic, empíric o explicatiu i determinista o aleatori (France i Thornley, 1984; Black, 1995; Bailleul, 1998).

3.2.2.2.1 Models dinàmics i models estàtics

La primera classificació és entre els models dinàmics (on s'inclou el factor temps) en contraposició dels models estàtics. Els models dinàmics representen explícitament les variacions d'un sistema en funció del temps. Amb els sistemes estàtics no és possible fer simulacions de l'evolució temporal perquè no contenen el temps com a variable. En el camp d'activitat que ens ocupa els models estàtics són usats, per exemple, per la determinació de les necessitats alimentàries dels animals (NRC, 1998), encara que també es troben models dinàmics que tracten el mateix problema (Whittemore i Fawcett, 1974; Whittemore, 1986; Pomar, Matte et al., 1991).

Per un procés estocàstic ² com el que s'està volent modelitzar caldrà utilitzar un model dinàmic on el temps serà l'índex que ordenarà les dades del procés.

3.2.2.2.2 Models empírics i models explicatius

Els models empírics es basen en equacions que descriuen les correlacions i les associacions estadístiques entre dues variables o més i no expliquen els mecanismes subjacents que controlen el sistema. Per contra, els models explicatius ensenyen els mecanismes físics, químics o de la naturalesa que s'estigui modelitzant. Típicament dins un model empíric les variables utilitzades se situen en el mateix nivell que els resultats obtinguts.

Segons France et Thronley (France i Thornley, 1984), és possible trobar un model empíric que doni millors resultats en una zona concreta i unes situacions concretes que no pas un model explicatiu que adopti totes les solucions. Ara bé, el problema dels empírics es que poden donar uns resultats aberrants quan són utilitzats fora de les condicions sota les quals van ésser creats, en canvi els explicatius funcionen millor en aquesta situació.

Una de les raons que poden portar a crear models explicatius és quan, a més a més de dir quina serà la resposta a uns canvis en el inputs, calgui representar el sistema en si mateix amb la idea de comprendre'l millor pel fet que hi són representats els principals factors implicats en el comportament del sistema (Pomar, Matte et al., 1991). En contraposició, el model empíric s'adequa més

² Per procés estocàstic s'entén una col·lecció indexada de variables aleatòries $\{X_t\}$ on l'índex t pren valors d'un conjunt T donat. (Hillier and Lieberman, 1991)

quan es persegueix la variació de la resposta davant els canvis en les entrades sense importar les raons d'aquests canvis en la resposta.

3.2.2.2.3 Models deterministes i models probabilistes

Els models deterministes fan una predicció definitiva de les quantitats de les variables utilitzades, mentre que els models probabilistes contenen una distribució de probabilitat o bé elements aleatoris per tractar amb la incertesa i variabilitat del comportament del fenomen.

Existeix certa controvèrsia en la literatura en relació als models estocàstics que contenen distribucions de probabilitat. Si ens referim a la producció animal, alguns autors consideren que, de fet, són models deterministes perquè prediuen el resultat per un sol animal que representa la mitjana d'un grup d'animals similars (Black, 1995). Ara bé, com que també s'expressa la variabilitat i la incertesa associada en aquell fenomen no se'l pot considerar determinista pur. Aquesta dificultat d'interpretació pot portar a subestimar el potencial d'aplicacions que té aquesta tipologia de model (Dijkhuizen, Jalvingh et al., 1997). També Black va rebre alguna crítica de part de Jorgensen (Jorgensen, 1998) quan Black afirma que només es poden aplicar elements estocàstics en els inputs o en els outputs, i no en els valors dels càlculs intermedis.

Els models probabilistes purs són imprescindibles quan cal tractar amb variables extremadament aleatòries, com pot ser la pluja (Bailleul, 1998). Quant més gran és la incertesa, més gran serà la necessitat de treballar amb models probabilistes en processos estocàstics. No obstant, els models tenen tendència a ser difícils de realitzar i poden ser molt complexes. L'ús d'aquests models pot portar problemes deguts a la quantitat i la qualitat de la informació necessària per fer-los funcionar.

Amb les característiques que s'han anomenat fins el moment es poden fer moltes classificacions. N'hi ha algunes altres que voldríem també esmentar, encara que el seu rol en els models que es volen presentar no sigui determinant. Entre aquestes característiques en destaquem (Mocholí i Sala, 1999):

- Si l'objectiu és d'únic objectiu o és de multiobjectiu,
- Si existeixen restriccions o bé la funció és lliure,
- La linealitat de les funcions,

- Si les funcions són contínues o discretes, sobretot en el cas que el temps hagi de ser representat.

3.2.3 Recerca d'una solució a partir del model

Trobar una solució matemàtica al model no és el problema més feixuc perquè si la formulació del model ha estat correcta existeixen diferents algorismes que poden donar-hi solució. Donar una solució al model es transformarà en una acció dins els problema que s'està tractant. De tota manera, s'ha d'intentar, en la mesura del possible, que la solució obtinguda del model tingui una bona aproximació a l'acció òptima per al problema. Es pot donar el cas que la solució òptima marqui un nivell d'exactitud tan elevat que sigui molt costós o gairebé impensable de dur a terme a la pràctica.

Aquest fet dóna peu a la discussió sobre si cal buscar la solució òptima, és a dir la millor, o si per contra és preferible buscar una solució satisfactòria. En aquesta discussió han d'entrar altres paràmetres que depenen del problema : la transcendència de la solució, la permisivitat de l'error o el cost de l'assoliment entre d'altres. La qüestió rau en la precisió que demana el *trasllat* de la solució òptima a la realitat. Per tant, a la pràctica, es tendeix a parlar de "*satisfezer*" (satisfer + optimitzar) (Hillier i Lieberman, 1991). L'objectiu és, doncs, buscar una solució el suficientment bona perquè sigui traslladable a la realitat. Tal volta al qui decideix li interressi prendre solucions satisfactòries en un temps raonable, per tant això pot condicionar el mètode de derivar la solució del model

3.2.3.1 *Tècniques de resolució*

Existeixen diferents tècniques per resoldre els models. Aquestes, condicionaran el plantejament del model, per tant, s'ha de tenir en compte a l'hora de formular el model. La primera distinció que cal remarcar és la diferència existent entre la optimització i la simulació. L'optimització determina la solució òptima donada la funció objectiu i les restriccions, mentre que la simulació calcula les sortides del sistema d'un conjunt de variables en el qual hi ha pre-definint un escenari o una estratègia (Dijkhuizen, Jalvingh et al., 1997). Per tant la simulació no porta a una solució òptima, només avalua el comportament del sistema. El que si pot, és estimar les diferències entre dos escenaris d'un mateix sistema.

Dins de l'optimització de models s'utilitza el terme de la programació matemàtica per referir-se als procediments matemàtics per resoldre problemes d'optimització deterministes, estàtics i d'un sol objectiu (Mocholí i Sala, 1999) Encara que els

problemes de programació matemàtica es puguin classificar de moltes maneres, el criteri més comunament acceptat és el de tenir en compte el tipus de funcions que intervenen en el problema i les condicions sobre les variables. D'aquesta manera es fa referència a la *programació clàssica* quan, independentment de quina sigui la funció objectiu, les restriccions són totes igualtats i es parla de *programació no lineal* quan es permet que les restriccions puguin ser desigualtats. Per últim cal destacar que s'utilitza el terme *programació lineal* quan tant la funció objectiu com les restriccions són lineals.

Per la resolució dels dos primers tipus de programació existeix el mètode de Lagrange. Per trobar la solució dels problemes lineals existeix el mètode simplex que cerca la millor solució rastrejant els punt d'intersecció de les diferents restriccions lineals. L'ús de la programació lineal és generalitzat entre els sistemes d'optimització perquè permeten determinar de manera ràpida i de manera molt fiable la combinació dels factors que donaran el màxim de la corba objectiu. El seu ús, però, queda limitat a l'hora de resoldre problemes de sistemes biològics perquè aquests últims solen tenir comportaments no lineals.

No obstant, la relaxació cap a un problema estàtic no sempre és possible o permisible. En conseqüència, quan s'ha de considerar la variable temps i l'estat del sistema varia amb les decisions que es van prenent, es parla de la **programació dinàmica**. És una família de models que va ser introduïda per primer cop per Bellman (Bellman, 1957). En un capítol posterior es fa referència a les característiques d'aquest tipus de formulació.

La tècnica de resolució més adient varia d'acord amb les característiques del procés. Per resoldre els models plantejats des de l'òptica de la programació dinàmica en un temps finit l'algorisme recurrent *Value Iteration* proposat pel mateix Bellman s'ajusta bé com a tècnica de resolució del model (Kristensen i Jorgensen, 1995; Kristensen, 1996)

Si es considera que el temps no és finit, o dit d'una altra manera, les etapes continuen indefinidament, apareix una altra família de models de programació dinàmica que s'anomenen processos markovians de decisió descrits per primera vegada per Howard (Howard, 1960). L'algorisme de resolució d'aquests models és la *Policy Iteration*, introduït pel mateix Howard.

Darrerament han aparegut noves tècniques que han pogut tractar problemes cada cop més grans i més complexos. Més recentment ha sorgit una nova formulació per problemes tractats amb programació dinàmica : els processos markovians jeràrquics (Kristensen, 1992; Kristensen i Jorgensen, 1995) (Kristensen, 2000). Aquests recullen els avantatges computacionals del *Value Iteration* i l'exactitud i eficiència del *Policy Iteration*.

Ara bé, de la mateixa manera que abans s'ha dit que els models probabilistes purs, poden requerir grans quantitats de dades i informació, es creu que els plantejaments molt sofisticats poden portar a models i resolucions tan complexes que perdin l'aplicabilitat per a la qual van ésser creats.

3.2.4 Verificació del model i de la solució obtinguda

Es parla de **validació interna** per referir-se a la coherència del model amb el mètode emprat i que cada equació tingui la seva lògica per ella mateixa, i la **validació externa** que és la comparació amb el món real i tracta al model com una caixa negra.

De tota manera hi ha autors que en el sentit pràctic defineixen com a model creïble aquell que és vàlid i serveix per prendre decisions (Law i Kelton, 1991)

Hi ha autors que critiquen la poca atenció que es presta a la validació interna que s'està fent d'alguns models. El fet d'oblidar les bases teòriques en les que se sustenta una determinada formulació matemàtica pot conduir a conclusions errònies després del seu desenvolupament matemàtic (Pla, Pomar et al., 1999)

De fet la formulació d'un model no queda tancada només amb la realització pels diferents passos que s'estan comentant. La verificació del model implica buscar les desavinences entre el modelat i la realitat. Aquestes, en el cas que existeixin, s'hauran de modificar i incorporar en el pas de construcció del model o fins i tot en la reformulació del problema.

La manera de validar el model inclou: 1) la manera en què el model és usat; 2) el test amb què s'ha validat el model; 3) les dades que han servit com a base de la comparació i 4) el criteri per valorar la validesa o no del model (Dijkhuizen, Jalvingh et al., 1997)

Encara que no existeixin desavinences, un estudi dels resultats (validació) deixarà a la llum els punts més febles del model. Després cal fer una revisió i plantejar si el model està d'acord amb els objectius. S'entra en un cicle de millora del sistema amb noves equacions que ajustin més el model als objectius plantejats fins que s'arribi a una versió que es consideri prou satisfactòria (Pomar, 1998)

3.2.5 Establiment de controls sobre la solució

Amb la solució trobada a partir de les eines matemàtiques, s'han de determinar quins seran els paràmetres que poden fer variar la solució òptima. Es tracta d'una anàlisi de sensibilitat del resultat per tal de determinar quins són els paràmetres més crítics del model per obtenir una solució (Hillier i Lieberman, 1991). Aquests paràmetres, que s'anomenen paràmetres sensibles, hauran de ser avaluats per tal d'esbrinar en quina mesura es permet la seva variació sense modificar la solució òptima.

En sistemes de simulació l'anàlisi de sensibilitat permetrà veure quin serà l'impacte de la variació de cada paràmetre per separat, o conjuntament, sobre el resultat propiciat pel model.

3.2.6 Posta en marxa de la solució

Si el model ha arribat a aquest punt és perquè ha respost a les preguntes per les quals va ésser creat. Per tant, com que el model pot proposar solucions a partir d'uns paràmetres plantejats, pot ser integrat com una eina en un sistema de suport a la decisió (Dijkhuizen, Jalvingh et al., 1997). Com s'ha dit anteriorment el model treballarà amb paràmetres i variables de decisió. És molt possible que alguna vegada algun paràmetre no correspongui directament amb algun factor de la realitat. Aquesta és la raó per la qual haurà d'existir un procés previ per transformar les dades de la realitat amb paràmetres i variables per entrar al model. De la mateixa manera haurà d'existir un procés posterior per transformar els resultats del model en valors que determinin una solució per l'usuari del Sistema de Suport a la Decisió.

3.3 Sistemes d'Ajut a la Decisió (DSS) i el sector agroalimentari

Els sistemes d'ajut a la decisió són sistemes informàtics que assisteixen a la tasca de prendre decisions en entorns on el volum d'informació és considerable. L'efecte que tenen sobre els processos és difícil de mesurar. Entre els processos agroalimentaris han existit reticències a implantar sistemes d'informació, encara que cada vegada més les granges tenen més coneixement tecnològics i de gestió (Santos, 1991).

Una conseqüència de l'increment tecnològic present en la nostra societat ha estat la necessitat de controlar la informació per prendre decisions millors i més ràpides. Per poder agilitar i sistematitzar les decisions a prendre es fa necessari dotar d'una estructura a les qüestions que hom ha de decidir. A més, per avaluar l'ús d'un sistema d'informació és essencial tenir una estructura en què basar la decisió (Nuthall, 1997).

Les dades sobre rendiment d'utilització d'aquestes eines són econòmicament satisfactòries. Així, segons un estudi sobre l'adopció de sistemes d'informació en alguns subsectors de la ramaderia es van trobar uns retorns de la inversió que es movien entre el 220% i el 348% en granges de truges i del 52% a 205% en vaques de llet (Tomaszewski, Dijkhuizen et al., 1997)

Històricament, a partir de 1980 amb l'aparició dels PC es desenvoluparen molts sistemes d'informació en el sector agroalimentari. Els creats en relació amb temes de producció animal creixen de manera exponencial, però són relativament pocs els que arriben a ser computeritzats o implementats. Molts dels que desenvolupen aquests tipus de programes no treballen suficientment amb els usuaris potencials per saber les necessitats que realment tenen (Nuthall, 1997). Però el cert és que quan un productor veu els beneficis que ha portat a d'altres produccions les indicacions del Sistema de suport a la Decisió és més propens a incorporar-los en el seu sistema de producció.

És conegut que els ordinadors disposen d'una capacitat més gran de càlcul que el ser humà per fer el tractament d'una manera ràpida i precisa de quantitats massives de dades. No obstant les persones tenim més capacitat per reconèixer esquemes i relacions d'interès entre els diversos factors que influeixen en la presa de decisions, aportant intuïció i emetent sentències (Gil, 1996). Quan algú es planteja establir criteris per resoldre un problema ha de ser conscient d'aquestes dues facetes i, a l'hora de crear una eina perquè l'ajudi a prendre decisions, ha de ser capaç de complementar ambdues.

Els Sistemes de Suport a la Decisió són sistemes interactius basats en l'ús de sistemes informàtics que ajuden als qui han de prendre decisions utilitzant dades i models per resoldre problemes, aparentment, sense estructura (Sprage i Watson, 1986). Es pot afirmar que l'objectiu d'un Sistema de suport a la Decisió, serà completar les capacitats de decisió de la persona humana valent-se de la potència que aporten els ordinadors per al processament de les dades. No obstant, és important tenir en compte, quan es dissenya un Sistema de Suport a la Decisió, que s'ha de tenir clar quines seran les funcions que seran assignades a l'ordinador i quines al decisor humà.

Els requisits i característiques bàsiques que un Sistema de suport a la Decisió hauria de complir són (Gil, 1996) :

- 1) Ser senzill perquè el pugui utilitzar la mateixa persona que ha de prendre les decisions
- 2) Mostrar la informació en formats i terminologia familiar per l'usuari
- 3) Ser selectiu en les provisions d'informacions (per evitar la sobrecàrrega)

D'altra banda, les característiques que hauria d'acomplir el Sistema de suport a la Decisió són : 1) Recolzar la presa de decisions, de manera que es busqui l'equilibri entre el decisor i l'ordinador; 2) Ser interactiu i flexible, en la mesura que el decisor pugui introduir canvis en el model que suporti el sistema i permeti analitzar diferents escenaris; 3) Millorar el model mental de l'usuari, perquè la capacitat humana pot centrar-se en les decisions clau deixant les decisions ja modelades en mans del Sistema de Suport a la Decisió; 4) Poder accedir a les bases de dades de l'organització, recorrent a dades històriques de passades decisions i per últim 5) Tenir capacitat de modelització i anàlisis.

Huirne (Huirne, 1990) dóna més importància a la funció d'ajudar que no pas a la de substituir al responsable de prendre les decisions. A més el Sistema de Suport a la Decisió és un sistema per gestionar la informació decisions i per tant permetrà recuperar dades i poder avaluar solucions alternatives durant el procés de resolució del problema. Conseqüentment, l'aplicació del sistema d'ajut a la decisió impliquen l'ús de programari i maquinari per millorar l'efectivitat de la presa de decisions.

Les decisions que són principals candidates a aplicar un sistema de suport a la decisió són les referides a situacions altament repetitives. Com que el procés bàsic de decisió és el mateix cada vegada, es pot fer un model que s'adeqüi al procés.

Entre els beneficis potencials d'aquests sistemes respecte els mètodes tradicionals es vol destacar que són més ràpids i poden millorar la precisió i la objectivitat en la presa de decisions.

De tota manera el terme valor del sistema d'informació utilitzat de forma general pot tenir una certa ambigüitat. Si bé es donen casos, com els exposats anteriorment, d'alt retorn de la inversió, cada productor ha de determinar quin el seu sistema d'informació ideal. El valor depèn en gran manera de la qualitat i l'ús de la informació – la qualitat pot ser des de perfecte fins a enganyosa (per tant amb més cost) i només és la història la que pot ajudar a decidir per la utilitat d'una font d'informació (Nuthall, 1997).

3.4 Revisió dels principals Models existents

Podem distingir diferents tipus de models depenent del nivell de la cadena de producció del qual s'estigui parlant. Quant a l'engreixament, hi ha força models de creixement dels animals (Moughan, Verstegen et al., 1995). Aquests, encara que també solen incloure un apartat econòmic, aborden sobretot aspectes biològics.

En aquest apartat es descriuran els models de creixement d'animals existents a la literatura, que facin especial referència a l'engreixament porcí i en els quals la vessant econòmica tingui un major pes. El propòsit és destacar de cada model els aspectes següents : objectius del model, com es formula el problema, i, finalment quina és la tècnica de resolució utilitzada i quins són els aspectes que s'hi van incloure.

S'han classificat els models en cinc apartats per tal de clarificar l'explicació. El primer fa referència als models clàssics, i els tres següents apartats corresponen a les principals escoles on s'han desenvolupat models: Escola Holandesa centrada a Wageningen (The Netherlands), l'escola Danesa centrada a The Royal Veterinary and Agricultural University Conpenhagen (Denmark) i l'escola canadense on el màxim exponent és la Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'alimentation, Université Laval (Quebec).

El darrer apartat correspon a presentar tres aplicacions informàtiques que s'han detectat a la literatura que donen resposta als beneficis econòmics esperats quan es determinen les condicions de l'engreixament. Són aplicacions basades en els models descrits que, sense optimitzar, mesuren l'eficiència econòmica de les explotacions.

3.4.1 Models clàssics

En producció porcina diversos models matemàtics han estat desenvolupats per simular i optimitzar la utilització energètica i proteica en el creixement. El primer model al qual es farà referència de forma més o menys extensa serà el de Chavas (Chavas, Kliebenstein et al., 1985). Hi ha altres models com els de Whittemore (Whittemore i Fawcett, 1974; Whittemore, 1986) que no es desenvoluparan, si bé s'hi ha fet referència.

El plantejament del model de Chavas va ser l'optimització d'un problema subjecte a unes restriccions. Fins aquell moment les eines per analitzar la producció de les granges s'havien basat en premisses estàtiques. Chavas va

voler introduir la dinàmica temporal en la resposta. En un primer moment es va formular un model per qualsevol tipus d'animal. Posteriorment es va desenvolupar clarament orientat en el cas de l'engreixament porcí.

Chavas pretenia modelitzar el creixement dels animals mitjançant equacions diferencials i poder-ne derivar les implicacions econòmiques. L'objectiu del treball era poder esbrinar quines havien de ser les condicions que calien per l'engreixament, principalment l'alimentació i, alhora, determinar el moment òptim de fer el reemplaçament d'un animal a la granja. És important destacar que l'objectiu incloïa la determinació del maneig de l'alimentació.

L'eina proposada per Chavas és dinàmica, perquè, per naturalesa, el procés de creixement en el qual el temps influencia fortament en la resposta és dinàmic. Per modelitzar la producció de forma dinàmica Chavas va considerar la producció com un model que seguia una equació diferencial que caracteritzava el procés d'engreixament determinant l'estat de l'animal com el pes al llarg del procés:

$$\begin{aligned}x'_t &= f(x_t, u_t, t) \\ h(x_t, u_t, t) &\leq 0\end{aligned}$$

On :

x_t és el pes en el moment t que defineix l'estat del sistema,

$x'_t = dx_t/dt$ és el rati de creixement per unitat de temps en el moment t , i

u_t és el vector de quantitats input en el sistema p.e. alimentació

$h(x_t, u_t, t)$ és la funció que restringeix les solucions possibles, que depèn de tots els factors anteriorment mencionats.

La influència de l'alimentació i l'edat en el procés d'engreixament queda palesa en la formulació matemàtica del procés on el rati de creixement està en funció de l'estat en què es troba aquell moment l'animal (x_t), dels inputs que se li donen en aquell moment (u_t) i el temps (t).

Fawcett (Fawcett, 1973) presenta dos arguments claus a favor d'aquesta formulació; el primer és que permet l'ús d'informació nutricional en l'especificació del creixement biològic i el segon és que queden més clars els canvis en la resposta davant els canvis de l'input al llarg del temps.

Per modelitzar les implicacions econòmiques del model de creixement Chavas va establir la fórmula del valor d'un animal des de la seva introducció a la granja

fins al moment que fos reemplaçat a l'instant T. Aquest valor (π) representa el benefici de cada animal i el va calcular d'aquesta forma:

$$y_t = g(x_t, u_t, t)$$

$$\pi = \int_0^T (q_t y_t - r'_t u_t) e^{-it} dt + P_T x_T e^{-iT} - I$$

On:

y_t són els productes generats durant el procés de producció. Es vol destacar que $g()$ és la funció de producció que depèn de l'estat (x_t), dels inputs (u_t) i del temps (t)

T és el temps de reemplaçament,

q_t el preu dels productes generats durant el procés de producció

r_t és el cost de l'input u_t ,

e^{-iT} és el factor de descompte,

P_T és el preu de l'animal en l'estat de pes x_T

x_T és l'estat final de l'animal. Cal dir que $P_T x_T$ és el *savage value*³.

Per poder formular la funció objectiu del model Chavas va considerar un horitzó infinit on es representaven els successius animals que ocuparien el procés de producció. Per tant la funció objectiu que volia maximitzar va ser,

$$\text{Max } F = \sum_{j=0}^{\infty} \pi e^{-ijT} = \frac{1}{1 - e^{-iT}} \pi$$

subjecte a les restriccions anteriors, on:

j representa els successius animals que passen pel procés,

T és el temps de reemplaçament,

e^{-iT} és el factor de descompte,

³ En la formulació de la programació matemàtica el terme *savage value* per referir-se a la valoració de l'estat final

El resultat és un problema de maximització restringida a les equacions inicials que descriuen el procés de creixement. Les condicions necessàries d'aquesta optimització són conegudes : condició d'optimitat, equació d'influència i condició de transversalitat. A partir de les equacions que es deriven per maximitzar el problema s'extreuen les condicions que han de complir les dues variables de decisió que pretén cercar el model.

Per cercar la combinació òptima de l'alimentació dels animals al llarg del procés d'engreixament Chavas arriba a la conclusió que per la seva determinació només influiran les expressions que representen relacions tècniques, com són: la funció del rati de creixement. $x'_t = f(x_t, u_t, t)$ i la funció de producció $g(x_t, u_t, t)$ per cada producte y_t .

Per determinar el temps òptim de reemplaçament Chavas va confirmar el següent principi de reemplaçament: l'animal ha de ser mantingut fins l'edat per la qual l'ingrés marginal net és igual al cost d'oportunitat del reemplaçament.

$$\pi \frac{i}{1 - e^{-iT}} = \frac{d(P_T X_T)}{dT} - i P_T X_T + q_T g_T - r_T u_T$$

On

- La part de l'esquerra significa el cost d'oportunitat i estaria representat com una part del benefici que s'espera amb l'horitzó infinit (π).
- La part de la dreta és l'ingrés marginal com la variació del *savage value* ($d(P_T X_T)/dT$) menys el seu cost d'oportunitat ($i P_T X_T$) més el profit obtingut en l'últim període ($q_T g_T - r_T u_T$)

La aportació més important de Chavas és el fet de quantificar que el creixement depèn dels inputs que es posin al llarg del temps incorporant la idea de no tenir uns paràmetres de creixement constants al llarg del temps ni fixats per períodes sinó que estan en funció del temps i de l'alimentació donada al llarg del temps. El que resulta del seu model és la determinació de quin ha de ser la combinació de l'aliment al llarg del procés d'engreixament i la possibilitat de trobar el temps òptim d'estada en la granja. Conseqüentment s'obté a quin pes hauria de sortir tot determinant el benefici esperat per animal.

De l'aplicació específica del model que va fer Chavas a la producció porcina es vol destacar els principals aspectes de la seva formulació i les principals conclusions.

En quan als aspectes de formulació val a dir que la funció de producció, $y_t = g(x_t, u_t, t)$, que representa els productes que es generen durant el procés d'engreixament porcí és nul·la perquè no es genera cap producte per la seva comercialització com podria ser la llet en les vaques o la llana en les ovelles. L'única font possible d'ingressos considerada és el sacrifici al final de la vida de l'animal en funció del pes en viu. Els íputs (u_t) són la combinació de dos aliments: la quantitat de soja i la quantitat de cereals ingerida. El sexe no va ser considerat com a característica de l'animal per diferenciar la funció de consum i creixement

En quan a les conclusions cal remarcar que en els estudis de Chavas va permetre comprovar l'acompliment de la restricció de l'apetit en tot el període. Dit d'una altra manera, del seu resultat es desprèn que no existeixen raons econòmiques que incentivin a restringir l'alimentació. Això implica que els porcs poden ser alimentats *ad libitum* (sense restriccions). Chavas també va arribar a la conclusió que les combinacions en l'alimentació han de ser molt més proteiques en les primeres etapes de l'engreixament i més pobres en les darreres, degut a la pèrdua progressiva de capacitat de transformació en energia. La tercera conclusió subratlla la forta influència del preu final en la determinació del pes de sacrifici.

Chavas també va portar a terme una anàlisi de sensibilitat en relació als canvis que sofreixen diferents resultats en funció dels inputs. Ens agradaria destacar l'increment del temps de marketing (T) i del pes (X_T) amb l'increment del preu del garrí i la disminució del temps de marketing (T) i del pes (X_T) amb l'increment del preu de venda de l'animal. Des del nostre punt de vista es tracta d'una manera clara i entenedora de veure la influència dels diferents factors de producció en les decisions preses.

A tall de resum, els aprenentatges que es poden assolir amb el seu treball, són en dues direccions : 1) La conveniència d'incorporar models de creixement biològic en els estudis econòmics de processos de producció de natura biològica tenint en compte que aquests processos són dinàmics per naturalesa; i 2) referent a la nutrició, els avantatges de confeccionar dietes per trams de creixement degut a les característiques variants de l'animals (x_t) al llarg del temps i fer les variacions de les dietes han de ser el més continues possible i si han de ser discretes, que ho siguin en espais de temps el més curts possibles.

3.4.2 Model de l'Escola holandesa

Aquesta escola Holandesa de modelització està concentrada principalment a la Universitat de Wageningen i personificada en investigadors com ara Aalt

Dijkuizen, Gerard Giesen, Alien Jalvingh i Ruud Huirne, entre d'altres. Aquests investigadors han desenvolupat models per poder establir sistemes de suport a les decisions en aspectes relacionats amb la producció porcina, principalment en la formulació de models estocàstics per prendre decisions pel reemplaçament.

Huirne, en particular, es centra en la determinació d'un model de programació dinàmica (Huirne, Beek et al., 1990) per decisions sobre les truges reproductores. La decisió que cal establir en un moment donat és si cal reemplaçar una truja o bé si val la pena mantenir-la durant un cicle més de producció. El fet de plantejar-lo de manera estocàstica li va permetre tenir en compte aspectes com ara la indisposició involuntària degut a malalties, la variació de les expectatives de producció, com és la mida de la camada.

Giesen ⁴ va modelitzar el funcionament d'una granja d'engreixament per poder prendre decisions sobre el moment d'enviar els animals a l'escorxador. El seu model també permet, sota unes condicions molt estrictes, fer la simulació de les estratègies establertes. El model està implementat en un programa informàtic anomenat BAM i ha estat d'ús comú en granges holandeses durant la dècada dels 90. El model es basa en avaluar un lot d'animals durant el seu procés d'engreixament. El model de creixement del lot d'animals està definit per un model explicatiu desenvolupat dins la mateixa Universitat (Kanis i Koops, 1990). La quantitat i qualitat de les dades – que es mostren a la Taula 3.1 – que fa servir per construir el model són molt correctes, distingint entre dos nivells de decisió, l'operacional i el tàctic.

Dins el que es va anomenar el nivell tàctic s'inclouen tres tipus d'informacions: la tècnica, l'econòmica i la referent al maneig. En la informació tècnica cal caracteritzar el comportament biològic dels animals. És a base de paràmetres senzills i comuns en l'entorn de l'engreixament animal. Pel que fa a la informació econòmica, és relativament pobre. No hi ha un desglossament dels costos implicats en la producció porcina i només considera el cost del garrí i el cost de l'alimentació, si bé cal afegir que aquests són els més importants. Referent a la informació sobre maneig, el tractament que en fa el model és, des del nostre punt de vista, molt interessant perquè descobreix la vessant pràctica per la qual va ser creat aquest model. Un dels aspectes a destacar és que divideix el procés d'engreixament en períodes setmanals, posant l'èmfasi en el fet que una granja només es pugui buidar un dia de cada setmana. Per tant la decisió a prendre és

⁴ Les publicacions són en Holandès (Giesen, Baltussen et al., 1988), però el model ha pogut ser estudiat gràcies a una beca obtinguda per l'autor de la tesi per anar a fer una estada de recerca al Departament de Farm Management de la Universitat de Wageningen.

Dades a nivell tàctic:
Informació tècnica
Rati de creixement [600 - 900] grams / dia
Rati de conversió d'aliment [2.25 – 2.75] kg pinso/kg crescut
Pes d'inici [20 – 33] kg
Pes mitjà de lliurament
Variació dels animals a 90 Kg en viu.
Informació de l'aliment, preu pinso
Informació econòmica
Preu del garrí
Rati d'interès
Informació de maneig
Percentatge de mortalitat
Dies de neteja entre dos lots
Setmanes de duració del buidament
Dades a nivell operacional
Preus de la carn, en funció de pes, percentatge de magre i conformació.

Taula 3.1 : Paràmetres que usa el Programa de Gestió BAM. Font Giesen [Giesen, 1988 #161].

si s'acaba amb l'engreixament dels animals o ha de continuar una setmana més. El model també té en compte que caldrà buidar la granja per preparar-la per al següent lot.

A nivell operacional es disposa de la informació necessària per determinar els ingressos al final de l'engreixament del lot. El sistema de preus per conèixer els ingressos és adequat en la mesura que depèn d'una classificació per pes, una altra per conformació i una tercera per qualitat de la canal mesurada per la quantitat de magre. Dels models que s'han estudiat, aquest és el que conté la descripció més completa que s'ha trobat de cara a determinar els ingressos dels animals.

Per tal de treballar amb la variabilitat d'animals dins del lot, Giesen utilitza la divisió del lot en deu grups (amb el mateix nombre d'animals per grup) classificats des dels més pesats fins als més lleugers. Aquesta forma de tractar la variabilitat és bona, certament, però a nivell pràctic no és prou operativa. La idea de Giesen de dividir el grup d'animals en deu grups pot portar més feina que no els ingressos que suposa. Una altra de les crítiques que ha rebut és la poca claredat de la forma que s'ha de fer aquesta distinció (Broekmans, 1992).

Finalment, caldria destacar dues característiques que, des del nostre punt de vista, són rellevants del model de Giesen : la introducció del concepte de programació dinàmica en prendre decisions en diferents etapes en el procés

d'engreixament i, sobretot, el nivell de pragmatisme que assoleix el model. Per contra, s'apunta una manca de rigor en el model de decisió.

3.4.3 Model de l'Escola Danesa

Està concentrada al voltant de la xarxa DINA (Danish Informatics Network in Agricultural Sciences) i liderada per The Royal Veterinary and Agricultural University Copenhaguen. Pel que fa a la recerca en temes de modelització en la presa de decisions, Jorguesen i Kristensen en són els exponents més destacats. També altres autors com Broekmans i Kure són destacables pels seus treballs, basats en models dels anteriors, centrats en el porcí i més concretament en la gestió de l'engreixament.

Els dos primers autors han desenvolupat eines matemàtiques per poder donar solució als models que plantegen. Aquí es presentarà l'opció d'aquest grup de recerca pels models de programació dinàmica en la seva forma de processos de decisió markovians, anomenada *Hierarchic Markov Processes*, cadenes de Markov jeràrquiques (HMP), i l'assoliment de l'eina per poder donar solució a aquests models (Kristensen, 1994). Aquesta eina (Kristensen, 1994), com es descriurà més endavant, és una combinació del *Policy Iteration* de Howard (Howard, 1960) i el *Value Iteration* de Bellman (Bellman, 1957).

Basant-se en el treball sobre els HMP han aparegut diferents treballs als quals també es farà esment : el model de Jorguensen per tractar la influència de la precisió del pes (Jorgensen, 1993), el model de Broekmans on inclou fluctuacions dels preus (Broekmans, 1992) i finalment el model de Henrik Kure (Kure, 1997). Tots aquests models destaquen pel fet d'usar processos de decisió markovians i d'utilitzar les tècniques de resolució que permeten treballar amb models més grans que els desenvolupats per l'escola holandesa.

3.4.3.1 *Kristensen*

Kristensen va plantejar totes les seves tècniques i eines sobre la base de tractar el problema de reemplaçament d'un animal. El problema pot ser tractat sota el criteri d'horitzó finit, quan el productor sap que acabarà la seva producció després de N etapes o bé amb l'horitzó infinit (o indeterminat) on llavors el més adient es trobar una política òptima a portar a terme mentre duri la producció.

Kristensen afirma que l'enfocament seqüencial i la natura estocàstica de la programació dinàmica en la forma de processos de decisió markovians fan que

sigui el mètode vagi bé com a estructura per al suport a la decisió operacional en producció animal (Kristensen, 1994). La raó és que aquests processos permeten per una banda tractar amb les variacions aleatòries de les característiques dels animals i per altra imposar els condicionants que marquen els cicles naturals de producció.

L'enfocament seqüencial implica la divisió del procés en etapes i la determinació en cadascuna d'elles dels possibles estats en que es pot trobar un animal. Aquest estat haurà de representar les característiques dels animals que vagin passant per les diferents etapes. Com que les decisions són fetes a partir de les característiques de l'animal, és important que totes les variables que poden influir en el futur benefici que ens aportarà un animal estiguin representades en el model. Algunes de les característiques que componen l'estat de l'animal són, directament, valors numèrics observables de la realitat com pot ser la mida d'una camada i d'altres són el resultat d'efectes combinats de permanent (però desconegut) potencial productiu i fluctuacions aleatòries temporals. És important separar variables categòriques i numèriques perquè el seu tractament es diferent.

Per a aquests models l'interès per saber i definir l'estat de l'animal és molt gran, perquè els processos de decisió markovians es basen en el càlcul de la funció objectiu a partir de les probabilitats de transició. En aquest mateix sentit, Kristensen, juntament amb Jorgensen, ha estat estudiant el problema de reconèixer l'estat d'un animal mitjançant les observacions i els errors que aquestes poden portar (Jorgensen, 1996).

El problema que sorgeix quan es vol plantejar una solució en el sentit d'un procés de decisió markovià és que apareixen dues qüestions relacionades entre elles. En primer lloc quines (i sobretot quantes) variables s'han d'usar per poder representar l'estat d'un animal en el model. La segona qüestió es refereix és l'anomenada "desgràcia de la dimensionalitat" ("*curse of dimensionality*") deguda a la impossibilitat de poder treballar amb una gran quantitat de variables. Quantes més siguin les variables que es vulguin considerar perseguint la idea de representar més fidelment la realitat en el model, més importància agafarà la segona qüestió convertint el problema en irresoluble computacionalment. Aquest fet provoca que els models es converteixin en tant grans que es fa difícil poder-los tractar amb les eines informàtiques.

L'eina matemàtica que ha desenvolupat Kristensen, anomenada processos de Markov jeràrquics, és introduïda per tal de salvar aquest problema. L'objectiu és combinar els avantatges del mètode *Value Iteration* que és excel·lent en el marc d'horitzó finit i permet gran nombre d'estats amb els avantatges del Policy

Iteration que soluciona l'horitzó infinit i que, per contra, la seva formulació més complicada només permet pocs estats (Kristensen, 1994).

L'eina desenvolupada consisteix en una sèrie de processos de decisió markovians anomenats subprocessos agrupats en un sol procés de decisió markovià anomenat procés principal. Cada subprocés representa un cicle de producció i és un procés de decisió markovià amb un horitzó de temps finit, però amb un gran nombre d'estats. D'aquesta forma tindrem un conjunt de subprocessos cadascun dels quals representa una possibilitat del cicle de producció que s'estigui modelitzant. Per a cada subprocés es tindrà la política que determinarà l'optimització del cicle sota les seves condicions marcades pel subprocés. Per altra part, el procés principal és un procés de decisió markovià amb un nombre infinit d'etapes, però, en cada etapa, es tindrà un nombre finit d'estats. Cada estat possible serà un subprocés dels que s'hagin considerat. Tot seguit es detallarà la descripció del subprocés de manera més formal que fa Kristensen (Kristensen, 1994).

Un subprocés és un procés de decisió markovià finit en el temps amb N etapes i un espai finit d'estats $\Omega_n = \{1, \dots, u\}$ per cada etapa n , $1 \leq n \leq N$. En cada etapa cal escollir una acció quan un estat del procés és detectat. El conjunt d'accions D_n de l'etapa n és assumit finit també.

Una política s d'un subprocés és una funció que assigna a cada etapa " n " i estat " i " $\in \Omega_n$ una acció $s(n, i) \in D_n$. El conjunt de totes les polítiques possibles d'un subprocés es notat per Γ .

Quan l'estat " i " és observat llavors l'acció " d " és presa i un guany r_i^d és assolit. Tot seguit caldrà definir $p_{ij}^d(n)$ com la probabilitat de transició d'anar des d'un estat específic " i " en el temps " n " a un estat específic " j " en el temps " $n+1$ " quan l'acció $d = s(n, i)$ és presa a l'estat " n ". Essent $\beta_i^s(n)$ el factor de descompte segons l'estat i , la acció d i en l'etapa n és té que la funció que es vol optimitzar per cada subprocés és :

$$f_i^s(n) = r_i^s(n), \quad n = N$$

$$f_i^s(n) = r_i^s(n) + \beta_i^s(n) \sum_{j=1}^u p_{ij}^s(n) f_j^s(n+1), \quad n = 1, \dots, N-1$$

Seguidament es presenta la descripció de Kristensen del procés principal. Per definir el procés principal Kristensen assumeix que es tenen v subprocessos possibles, cadascun amb el seu conjunt de paràmetres definits anteriorment. El procés principal és un procés de decisió markovià amb infinit número d'etapes i

tenint un espai finit d'estats $\{1, \dots, v\}$. Cada etapa en aquest procés principal representa un subprocés particular. Els conjunts d'accions del procés principal són els conjunt Γ_τ on $\tau = 1, \dots, v$ de totes les possibles polítiques de cada subprocés per individual. Una política σ és una funció que assigna a cada estat τ del procés principal una acció $\sigma(\tau) \in \Gamma_\tau$. La matriu de transicions del procés principal és de dimensió $v \times v$.

Pel procés principal la funció objectiu a optimitzar resulta dels guanys esperats dels corresponents subprocessos.

$$f_i^\sigma(n) = \sum_{i=1}^u p_i(0) f_i^s(1) \quad s = \sigma(\tau)$$

$p_i(0)$ és la probabilitat de trobar l'estat i a la primera etapa del subprocés.

La tècnica de HMP està especialment dissenyada per l'estructura de problemes de reemplaçament on les etapes successives dels subprocessos corresponen a l'edat de l'actiu en qüestió (l'animal). Mitjançant la selecció apropiada dels espais d'estats en els subprocessos i el procés principal és possible trobar solucions òptimes, fins i tot, en models molt grans.

La idea és treballar amb l'algorisme *Value Iteration* amb els subprocessos on les etapes són finites i apareixen un gran nombre d'estats. En canvi, pel procés principal, com que es tracta d'un horitzó infinit i d'un nombre finit d'estats s'adequa més l'algorisme de resolució *Policy Iteration*. Amb això es soluciona el problema de la dimensionalitat.

Cal fer en relació al model de Kristensen una consideració respecte Huirne. En efecte, el mètode de reemplaçament de truges en una granja reproductora descrit per Huirne (Huirne, Beek et al., 1990) és, en molts aspectes, similar a l'algorisme de HMP però no el va acabar d'explicar en tots els detalls.

3.4.3.2 Jorguensen

Jorguesen va fer una aplicació del mètode HMP en el cas de l'engreixament del porcí. Es va definir cada subprocés com un període de producció en un lot en la granja d'engreixament. Es van definir tants subprocessos com situacions diferents es vulgui avaluar en el procés principal. Cada subprocés té N etapes, que corresponen al número de setmanes després de la inserció a la granja, i l'estat correspon al número d'animals que resten en el lot. Caldrà cercar quina és la política òptima per cada subprocés, sota les seves condicions. Després caldrà

esbrinar la política òptima en l'horitzó infinit en el recorregut dels diferents subprocessos que correspondrà als diferents estats del procés principal.

Una de les aplicacions que s'ha fet del mètode HMP en la producció porcina és en l'avaluació de la importància de la precisió de la pesada en el moment d'enviar els animals a l'escorxador. El treball consistí en dotar al problema d'un estructura de procés de decisió markovià i poder usar la tècnica HMP per aïllar la variabilitat en l'error de precisió en la pesada del pes viu de l'animal abans d'enviar-lo a l'escorxador (Jorgensen, 1993) .

El pes de l'animal en viu és una de les variables més importants quan és decideix el lliurament a l'escorxador. El sistema danès utilitza un programa de suport a la decisió que calcula el pes òptim de sacrifici, oblidant que aquest pes de sacrifici no és observable, perquè és conegut després del sacrifici, però determinable a partir del pes viu observat.

La motivació del treball era plantejar, doncs, la recerca de tècniques per millorar la precisió de les observacions realitzades pels productors de porcs i poder disminuir, així, l'error en la determinació del pes dels animals a partir de variables observades. Les tècniques emprades van des de sistemes de control electrònic dels animals que permeten tenir una mesura del pes viu de l'animal d'una manera continua, fins la determinació del pes per l'observació de la confirmació de l'animal. També existeix la possibilitat de la observació dels animals via vídeo (Stuyft, Schofield et al., 1991). Aquests mètodes tenen diferents precisions i diferents costos per tant es pot entendre l'interès en avaluar la influència que té la precisió en els beneficis esperats de la plaça que ocupen els animals.

Per atacar el problema Jorguensen va definir cada subprocés com un període de producció en la granja d'engreixament dividit en N etapes, que corresponien al número de setmanes després de la inserció a la quadra. L'estat corresponia al número d'animals que restaven a la quadra. La política òptima de cada subprocés determinava quina acció prendre en cadascun dels estats en què es pot trobar en cada etapa. Els animals serien enviats a l'escorxador quan el seu pes viu observat passés un cert pes llindar o quan els animals arribessin a una certa edat. Un factor clau de la política proposada era el pes llindar a partir del qual es prendria l'acció d'enviar un animal a l'escorxador per a cada subprocés. Es van definir el conjunt de decisions en l'etapa n com dues accions:

- 0, significa que només els animals que passin el pes llindar són enviats a l'escorxador, i

- 1, significa que la quadra serà buidada i el subprocés estarà acabat (tots els animals que restin al lot seran enviats a l'escorxador encara que no estiguin per sobre del pes llindar)

La determinació de la política consisteix en decidir el pes llindar i quina acció prendre en cadascun dels estats en què es pot trobar en cada etapa. El valor del pes llindar és escollit amb la idea d'optimitzar el valor present del subprocés. Una política serà la combinació del pes llindar i la funció que assigna a cada estat i de l'etapa n una decisió $d = s(n, i) \in D$.

La funció per calcular el valor dels animals al final del període d'engreixament és la següent:

$$r_i^s(n, Y_t) = - \text{Pr } Feed \cdot E(\text{FeedCons}) - \text{Pr } Piglet + Value$$

$$Value = \int_{-\infty}^{+\infty} \rho \cdot \text{Pr } Canal(\rho) \cdot \text{Pr } obab(SW = \rho)$$

on

$\text{Pr } Feed$ és el preu del pinso,

$E(\text{FeedCons})$ és el pinso consumit que s'espera que l'animal hagi consumit,

$\text{Pr } Piglet$ és el preu del garrí, i

$Value$ és la funció que a al valor de l'animal a l'escorxador (ingrés esperat). Aquest és composta de :

ρ que és el pes de la canal,

$\text{Pr } Canal(\rho)$ és el preu del kg de canal dependent de ρ

$\text{Probab}(SW=\rho)$ que és la probabilitat que el pes de l'animal en el sacrifici sigui igual a ρ .

Aquest enfocament només considerava el cost de l'alimentació i el cost del garrí, encara que deixava oberta la possibilitat d'incloure altres costos com són el treball i les despeses veterinàries. El mètode de treball va consistir en comparar el valor actualitzat dels ingressos esperats en un horitzó infinit (procés principal

del HMP), variant dos conceptes : la precisió de la pesada i el número de porcs per quadra.

El resultat dels treballs de Jorguensen mostren que, en general, la influència del número de porcs per quadra, en l'estratègia d'enviament i en l'ingrés resultant, disminueix ràpidament. Jorguensen afirma que amb una mida de lot realista la influència del número de porcs és negligible. Els resultants obtinguts per lots de 32 animals, màxim en l'estudi, són representatius de lots d'animals més grans (Jorgensen, 1993)

Un altre dels resultats que obté Jorguensen és la confirmació que el valor de la informació de la mesura dels pesos en el moment d'enviar els animals a l'escorxador és baix. El cost de sistemes de identificació electrònica per saber el pes dels animals és superior al valor que aportaria aquesta dada. A partir d'aquest resultat no caldria reforçar les inversions en equipament per pesar els animals durant el procés d'engreixament i és justificaria només el seu ús per determinar les polítiques d'engreixament. De tota manera, cal dir que el control del pes dels animals al llarg del procés és bo per poder detectar de manera ràpida l'aparició d'alguna malaltia (Jorgensen, 1996).

Finalment, cal apuntar que Jorguensen admet que la heurística va utilitzar de considerar un pes llindar fix no porta a una política òptima. La variabilitat d'índexs de conversió presents dins d'un lot implica que els porcs que creixen més ràpid haurien de ser lliurats en un pes més alt que no els altres animals. Per això Jorguensen creu més convenient aplicar un mètode que plantegi el pes llindar en funció de l'edat de l'animal.

3.4.3.3 *Broekmans*

Un altre dels autors que es vol destacar en el camp de l'aplicació de l'HMP és Broekmans. A partir del model de Jorguensen, Broekmans va incorporar la possibilitat de tenir preus variables (Broekmans, 1992). L'objectiu del seu treball consistia en poder comparar els canvis d'estratègia que resultaven d'introduir tres o quatre valors dels preus dels garrins, dels animals a l'escorxador i de l'alimentació.

Broekmans va estudiar la influència de tenir tres i quatre valors de preus pels tres conceptes. El que resulta és una combinació de 27 i 64 grups de preus possibles respectivament. Per tractar la incertesa es buscava que la probabilitat del procés principal d'estar en un grup en l'estat estable fos igual per tots els grups. Els resultats no van donar diferències significatives ni en la mitjana del pes llindar, ni en la mitjana de dies després dels quals cal acabar el període de

producció, ni en el percentatge mitjà de lliuraments per sobre el pes llindar, ni tampoc en relació al percentatge mitjà de lliuraments sense acabar el subprocés ni en el valor present de la producció futura.

La diferència entre els models amb preus variables (27 i 64 grups) i preus fixes rau en l'estratègia de lliurament en relació al valor present de la producció futura. Una conclusió important a la que arriba el model i que pot ser considerada com una màxima en la producció sota condicions d'incertesa és la següent : la tendència serà a fer els períodes de producció més llargs quan les situacions són més favorables (baix preu de l'aliment i alt preu del porc al final) i en canvi, en situacions on l'entorn no és tan pròsper (alts preus d'alimentació i baixos d'animals), es tendirà a reduir els cicles de producció (Broekmans, 1992)

A partir dels resultants obtinguts, sembla que no tingui molt d'ús pràctic incloure preus variables en el model existent per optimitzar les estratègies per enviar els animals a l'escorxador. Les variables principals de les estratègies no van tenir gaire variacions significatives respecte el model amb el preus fixos. Els càlculs amb preus variables semblaven donar millors resultats des del punt de vista teòric però l'efecte fou massa petit per poder ser observats amb valors mitjans.

Encara hi ha molts problemes que han de ser resolts abans de trobar una solució satisfactòria per tenir en compte els preus futurs i les variacions d'aquests preus. Broekmans insisteix en la importància d'enfocar els esforços cap a la incorporació de preus futurs en els models existents per fer un Sistema de suport a la Decisió per la producció de porcs. Finalment cal esmentar l'interès de Broekmans en donar pautes de cara a crear un model prou capaç per resoldre problemes però sense oblidar que l'usuari final ha de ser el mateix productor d'animals.

3.4.3.4 *Henrik Kure*

El darrer autor de l'escola danesa del qual es farà esment, és Henrik Kure. Aquest autor ha desenvolupat un model clarament relacionat amb el problema de la present tesi (Kure, 1997). L'objectiu dels seus treballs ha estat el de desenvolupar una sistema d'informació per la gestió del marketing dels animals al final de l'engreixament basat en dos subsistemes : un sistema de gestió de la certesa de l'estat dels animals i un sistema d'ajut a la decisió.

Kure defineix el problema d'enviar els animals a l'escorxador amb dues preguntes independents una de l'altra :

- i) Com seleccionar i en quin moment enviar al mercat els animals individualment?, i
- ii) Quan s'ha d'acabar d'enviar tots els animals i s'ha d'acabar l'engreixament? (sense considerar altres aspectes de proveïment de garrins)

El problema i) es podria solucionar tractant-lo com un problema bàsic de maximització del benefici en funció de dues variables : el temps i el sistema de preus. Aquest problema podria ser resol independent de ii). El criteri d'optimització és simple però la naturalesa del cas particular d'enviar els porcs a l'escorxador complica el problema en els següents aspectes:

- a) La variabilitat biològica
- b) Les característiques que es valoren dels animals són latents, és a dir no es coneixen fins després de la mort
- c) El mètode de selecció dels animals
- d) Els errors en les observacions

Per solucionar aquests aspectes entren en joc els processos estocàstics i incerteses en el sistema. La solució de i) es troba mitjançant l'anàlisi i el càlcul de marges esperats a partir de models de creixement dels animals que representen totes les característiques que determinen el seu estat.

Trobar la millor solució al problema (ii), que seria cercar la política de decisió òptima és, bàsicament, un problema de reemplaçament la solució del qual ja ha estat presentada (Jorgensen, 1993), a partir de tractar el conjunt d'animals com un actiu i amb un horitzó de temps infinit. Però hi ha uns altres aspectes que també compliquen la resolució del problema:

- e) Les variacions causades per les seleccions fetes en i)
- f) la inflexibilitat a curt termini de l'aprovisionament de garrins
- g) El tipus d'operacions que es permeten fer a la granja
- h) La variació estocàstica en el proveïment de garrins, en el nombre de garrins.

Com estava expressat en d'altres models anteriorment mencionats (Chavas, Kliebenstein et al., 1985) el marketing no pot ser optimitzat independentment de la resta del sistema. El canvi d'estratègia dels sistemes de producció porcina

esmentats en el capítol II s'enfoquen cap a una optimització conjunta de la producció i el marketing que podria portar a millor solucions que si s'optava per la optimització de cadascun per separat.

Kure, doncs, va plantejar el mateix problema que Jorguensen, però tenint en compte més factors que els considerats per aquest darrer. Les suposicions en les quals es va basar el model de Kure, entre d'altres, són:

- L'únic objectiu que el productor vol assolir és la maximització del seu benefici
- Els porcs són assumits com individus independents dins del lot.
- Els preus i la taxa d'interès és assumit constant i independent al llarg del temps.
- Els impostos i els temes veterinaris no són considerats.
- Els costos per porc són assumits com independents de l'actual gestió de l'enviament; no hi ha restriccions (ni financeres ni físiques) en el número d'animals a enviar a l'escorxador.

Sota aquestes suposicions, els objectius que es va marcar el treball de Kure van ser tres. En primer lloc la creació d'un model per fer de base d'un Sistema de Suport a la decisió per enviar els animals a l'escorxador integrat dins un sistema d'informació de gestió. En segon lloc, poder utilitzar les dades específiques per poder ajudar a la decisió a l'hora de seleccionar i enviar al mercat porcs de manera individual i per gestionar l'aprovisionament i demanda de garrins. I, finalment, el tercer objectiu va ser el d'assolir una eina per optimitzar i analitzar la gestió de l'enviament al mercat dels animals incloent les condicions abans especificades (a – h)

L'establiment del marc del problema en la seva formulació és considerat de manera general molt encertat per nombrosos autors. El plantejament temporal és el mateix que el seguit pels autors danesos (Giesen, Baltussen et al., 1988; Kristensen, 1992; Jorgensen, 1993). Divideix el procés en etapes setmanals i després decideix quina és l'estratègia a seguir per enviar la totalitat del lot cap a l'escorxador. El model treballa suposant que les característiques dels animals estan distribuïdes de forma normal en la població que forma un lot. Basant-nos en l'anàlisi de les dades empíriques presentades en els estudis, aquesta assumció, en general, no pot ser rebutjada. Si bé és una forma de treball similar a la de Giesen (Giesen, Baltussen et al., 1988), Kure justifica aquesta hipòtesi.

Per Kure, molts dels errors que poden provocar la no - distribució normal, poden ser eliminats escollint el lot d'animals amb criteris lògics.

Com ja s'ha esmentat en la formulació del seu model Kure tracta de manera especial dos aspectes del procés d'engreixament dels animals: (1) la selecció individuals dels animals i (2) l'aprovisionament dels garrins.

Quant al primer aspecte, la selecció d'un sol animal per enviar-lo a l'escorxador en l'etapa n es farà sempre i quan l'ingrés marginal net ($MNR_n(m)$) esperat en aquella etapa n de posposar l'enviament una etapa més sigui negatiu. De manera formal definim l'ingrés marginal net esperat com:

$$MNR_n(m) = r^m \cdot ERI_n(m) - EVCI_n(m) - ERI_n(0)$$

on n és l'etapa ($n = 1, \dots, N$)

r és el factor de descompte ($r = (1+i)^{-1}$) (i és l'interès en base setmanal)

$ERI_n(m)$ és l'ingrés esperat d'un animal enviat a l'escorxador a l'etapa $n+m$ havent-lo seleccionat a l'etapa n

$ERI_n(0)$ és l'ingrés esperat d'un animal enviat a l'escorxador a l'etapa n havent-lo seleccionat a l'etapa n

$EVCI_n(m)$ és el cost variable esperat d'un animal de l'etapa n a l'etapa $n+m$.

Per poder establir l'optimització del benefici de la totalitat del lot, no es permet el reemplaçament dels animals individualment, és a dir, no es podrà tornar a omplir la secció de nous garrins fins que hagi estat buidada de la totalitat dels porcs del lot anterior.

Els criteris per seleccionar els porcs de manera individual que Kure va analitzar en el seu treball van ser :

- I. No se seleccionen individualment sota cap criteri.
- II. La selecció es fa en base al pes viu observat
- III. La selecció es fa en base al pes viu observat i al percentatge de magre de la canal.
- IV. La selecció es fa disposant d'informació perfecta (situació irreal)

A partir d'aquesta formulació l'autor va obtenir les probabilitats que marcaven que els animals fossin triats, sota els criteris esmentats, abans que s'arribés a l'última etapa. En l'última etapa, tots els animals restants serien portats a l'escorxador.

El segon aspecte que Kure té en especial consideració en la formulació dels seu model és l'aprovisionament de garrins. Per avaluar-ne el seu impacte Kure va analitzar tres casos:

- A) El número de garrins és conegut i l'instant en què arriben és un moment determinat. Implicarà que es tindrà el mateix període d'engreixament per a tots els successius lots.
- B) El número de garrins és conegut però l'instant en què arriben pot canviar, per tant el període d'engreixament pot variar d'un lot a un altre.
- C) El número de garrins no es coneix a priori i el període pot variar. És el cas amb major incertesa.

Tot seguit només descriurà extensament el cas A. Els altres dos es deixaran apuntats, però no es descriuran en detall perquè queden fora de l'àmbit d'aquest estudi.

En la formulació en base a la programació dinàmica Kure va partir de dividir el període d'engreixament en diferents etapes ($m= 1$ fins n). En cadascuna d'aquestes calia triar si enviava part del lot (els animals seleccionats) a l'escorxador o bé si valia la pena allargar el seu engreixament una etapa més.

Assumint que la seqüència de lots en una secció serà ininterrompuda (considerant l'horitzó del problema infinit), la formulació de la funció que dona el valor net present (NPV (n,k)) d'una secció que conté k porcs a l'etapa n és:

$$NPV_m(n, k) = -K \cdot PC_n + RNPV_m(n, k)$$

$$RNPV_m(n, k) = \begin{cases} \sum_{l=0}^k p_{l,n|k} \cdot [ESNR_n(k, l) + r \cdot NPV_m(n+1, l)] & n < m \\ ETSNR_M(k) + r^M \cdot NPV_m(1, k) & n = m \end{cases}$$

$$PC_n = \begin{cases} PC & n = 1 \\ 0 & n = 2, \dots, N \end{cases}$$

on :

m és l'etapa final d'enviar els animals a l'escorxador

n és l'etapa actual i comptador de la funció recurrent

k és el nombre d'animals que resten a la secció a l'etapa n

$RNPV_m(n,k)$ és el valor del net present "recurrent"

$p_{l,n|k}$ és la probabilitat que quedin l animals després de la selecció en l'etapa n quan quedaven k porcs. Depèn del criteri de selecció abans esmentat.

$ESNR_n(k,l) = (k-l) \cdot ERSM_n - k \cdot EVC_n$ és l'ingrés esperat en l'etapa n dels $(k-l)$ porcs seleccionats menys els costos variables dels k porcs que resten.

$ESNR_m(k) = k \cdot ERTM_m - k \cdot EVC_m$ és l'ingrés esperat d'enviar tots els animals a l'escorxador. Cal fer notar que només apareix quan l'etapa n coincideix amb l'etapa terminal m .

$ERSM_n$ és l'ingrés esperat per una plaça d'animal havent fet la selecció.

EVC_n són els costos variables des de l'etapa $n-1$ fins n

$ERTM_n$ és l'ingrés esperat per una plaça d'animal quan està a l'etapa final.

PC és el cost de compra o de reemplaçament per la introducció d'un nou garrí. Cal dir que aquests inclouen tots els costos associats des de la compra del garrí fins al moment que es permet enviar un animal a l'escorxador.

K és la mida estàndard i fixa del lot d'animals

M és el temps, mesurat en etapes, des de la inserció fins al moment que es permet enviar els animals a l'escorxador

A partir d'aquesta formulació en programació dinàmica, Kure imposa les condicions plantejades anteriorment. Pel cas A, considerant que tots els lots successius finalitzen en la mateixa etapa, demostra que la funció que cal optimitzar és l'ingrés net mitjà per plaça d'animal en funció de la setmana, la formulació del qual és la que segueix :

$$ANR^* = \max_{m \in \{1, \dots, N\}} \left\{ \left(-PC + \sum_{n=1}^{m-1} r^{n-1} \cdot [G_n \cdot ERSM_n - H_n \cdot VC_n(W_n)] + r^{m-1} \cdot H_m \cdot [ERTM_m - VC_m(W_m)] \right) \cdot \frac{i}{1 - (1+i)^{-(m+M-1)}} \right\}$$

on :

m és l'etapa final d'enviar els animals a l'escorxador, a més és qui enumera les diferents etapes.

n és l'etapa actual i comptador de la funció recurrent

r és el rati d'interès per fer

G_n és la probabilitat de ser seleccionat a l'etapa n (i no anteriorment)

$ERSM_n$ és l'ingrés esperat per una plaça d'animal havent fet la selecció.

H_n és la probabilitat de no selecció abans de l'etapa n

VC_n són els costos variables des de l'etapa $n-1$ fins n , que estaran en funció de l'estat W_n en l'etapa n

$ERTM_m$ és l'ingrés esperat per una plaça d'animal quan està a l'etapa terminal.

M és el temps, mesurat en etapes, des de la inserció fins al moment

Les altres variables de la formula són deduïbles a partir de que s'ha exposat fins el moment.

El que cal destacar d'aquesta darrera expressió és que expressa l'ingrés esperat mitjà d'una plaça d'engreixament òptim independentment de la mida del lot i de la distribució associada a ell (Kure, 1997).

L'avantatge del model és que no depèn de la mida del lot en una etapa. Respecte al model anterior han desaparegut els elements recurrents, per tant per la resolució es poden emprar altres camins que no siguin el *Value Iteration*. El mètode que Kure utilitza per aquest segon model l'anomena Optimització Determinista perquè els càlculs estan fets sobre les esperances de les distribucions enlloc de treballar sobre les distribucions pròpiament dites.

En els altres casos (B i C) Kure aplica el que ell anomena Optimització Probabilista. Utilitza Programació Dinàmica Recursiva que consisteix en una eina introduïda per ell que generalitza la Programació Dinàmica (Kure, 1995)

A partir dels models anteriorment presentats, Kure compara les diferències entre seleccionar animals de manera individual al final de la fase d'engreixament segons els criteris esmentats anteriorment i el fet de no seleccionar-los. Com a resultat del seu model es pot observar, mitjançant simulacions, quins són els resultats dels condicionants que imposa en un moment donat. Les diferències dels ingressos nets mitjans de cada mètode de selecció els interpreta com els costos d'oportunitat d'aplicar un mètode enlloc d'un altre. En el cas de no selecció (selec. I) amb el cas de selecció per pes (selec. II) es valora una millora del 5% en el ingrés net mitjà per plaça i setmana. Però, de la mateixa manera

que Jorguensen, Kure no justifica pesar els animals abans d'enviar-los a l'escorxador perquè n'hi ha prou amb l'estimació visual. Una altra resultat que sorgeix del treball de Kure és el fet que usar el mateix pes llindar en totes les etapes porta a una pèrdua (en totes les situacions)

La principal conclusió dels treballs de Kure, coincideix amb Chavas (Chavas, Kliebenstein et al., 1985) : el problema del maneig de l'enviament dels animals a l'escorxador no pot ser optimitzat de forma independent de la resta del sistema de producció. Kure fa una aportació quant a l'aprovisionament dels garrins, però a més, cal considerar aspectes d'alimentació i de possibilitats de mercats on enviar els animals.

El fet que hagi usat simulacions per estimar les integrals ha comportat una gran quantitat d'estadístiques que són valuoses per validar el model, però són supèrflues quan el model és aplicat a problemes pràctics.

A més de la elaboració del model de suport a la decisió d'enviar els animals a l'escorxador i de la formulació de la tècnica de resolució recursiva (Recursive Dynamic Programming), Kure ha fet altres aportacions. Entre elles, cal destacar ha estat l'aplicació de filtres de Kalman per cercar dades per aplicar models de simulació (Kure, 1997). Això té molt sentit, en la mesura que fa augmentar la confiança en les dades que genera el mateix sistema.

3.4.4 Model de l'Escola Canadenca

Dins l'escola Canadenca destaca Pomar amb treballs sobre corbes de creixement treballades sobretot sota la vessant nutricional (Pomar, Matte et al., 1991). No obstant, el caràcter econòmic del model de Pomar ha estat desenvolupat en el treball doctoral de Philippe Jean Dit Bailleul (Bailleul, 1998). Dins dels objectius del projecte s'inclouen aspectes econòmics per tant en el marc dels objectius d'aquesta tesi és un model que cal considerar i analitzar.

Bailleul parteix del fet que la finalitat de la seva modelització de l'engreixament porcí és l'estudi de l'alimentació. Centra el seu estudi en cercar estratègies per ajustar l'alimentació a les necessitats de l'animal per tal de millorar la rendibilitat de la fase d'engreixament del porcí. Per això el seu objectiu principal és optimitzar l'ingrés net de l'engreixament dels porcs, centrant-se sobretot en el cost de l'alimentació. Per complir aquest objectiu ha desenvolupat un model explicatiu i dinàmic basat en equacions no lineals per explicar el comportament esperat dels animals segons l'alimentació determinada .

Concretant, les finalitats del projecte són: Desenvolupar un model matemàtic capaç de: (1) predir les necessitats dels animals per una situació de creixement en condicions òptimes; (2) determinar els aliments millors per satisfer les necessitats dels animals; i (3) avaluar l'impacte de l'alimentació i de la règim en els resultats zootècnics i econòmics dels animals. Tot seguit utilitzar el model desenvolupat per determinar la conducta del creixement permetent maximitzar el marge net de la producció porcina en diferents condicions de creixement.

De fet, es pot afirmar que es centra en la reducció dels costos de producció a partir de reduir les despeses en alimentació.

Un fet remarcable és que el model és explicatiu, la qual cosa li permet estudiar més a fons les implicacions de l'alimentació en el resultat del creixement de l'animal. Els models explicatius permeten aprofundir en els factors que afecten en el creixement dels animals intentant separar els efectes directes dels efectes creuats amb altres factors.

La descripció del procés d'engreixament en el model no s'allunya de les descripcions dels models analitzats fins ara. El cicle de creixement es divideix en N períodes. En cada període s'inclou una dieta que es considera constant, però, entre períodes, la dieta pot variar. Es caracteritza l'evolució d'un seguit de variables biològiques d'un animal marcat pel seu genotip. En l'apartat econòmic, el model considera els preus dels aliments i els costos fixes i variables de l'explotació, de forma que estableix les característiques pròpies dels sistemes de producció de porcs d'engreixament.

Els passos que segueix l'algorisme del model són quatre. En primer lloc determina, a partir de les característiques genètiques de l'animal, **l'estimació de l'energia** / proteïna que necessita l'animal al llarg del temps. En segon lloc, Amb la informació de l'energia es procedeix a la **formulació de les dietes**. Seguidament, en tercer lloc, s'està en disposició per iniciar la **simulació del creixement** de l'animal i la composició de l'animal en funció de la dieta i dels paràmetres de la simulació. Finalment és possible **estimar l'ingrés net** associat a l'animal simulat.

D'aquests quatre passos, donada la orientació nutricionista de l'autor, el primer és el més desenvolupat. És on es calculen les necessitats dels animals que després serviran per a calcular les dietes. El propòsit és l'estimació de les necessitats de proteïna per aconseguir la retenció màxima. El model és determinista i dinàmic i treballa amb la descomposició del pes viu dels animals (LW_t) en quatre conceptes: la massa proteica (P_t), la massa dels lípids (L_t), les cendres (A_t) i l'aigua. (H_t)

$$LW_t = \frac{P_t + L_t + A_t + H_t}{0.95}$$

$$A_t = 0.179 * P_t \quad (R^2 = .921)$$

$$H_t = 5.053 * P_t^{0.858} \quad (R^2 = .955)$$

Aquest model va ser adaptat del model desenvolupat per Pomar (Pomar, Matte et al., 1991). Cal dir que els resultats de les equacions són molt propers als assolits en d'altres investigacions (Whittemore, 1983; Pomar, Matte et al., 1991).

A partir dels resultats, es formula la dieta buscant el cost mínim per satisfer les necessitats del porc durant el període d'engreixament. El mètode usat és el de la Programació Lineal en el qual les variables de decisió són les composicions de les dietes que es donaran al llarg del procés d'engreixament, la funció objectiu és el cost de les dietes i les restriccions fan referència a la quantitat de nutrient de cada ingredient que pot entrar a la dieta.

Amb un model similar a l'utilitzat per fer l'estimació de les necessitats de nutrients, es procedeix a la simulació del creixement d'un animal d'acord amb el programa d'alimentació marcat.

Finalment, s'arriba al pas on es calcula l'ingrés net esperat per cada animal. El mateix model de creixement determina les variables necessàries pel càlcul de l'ingrés. Aquestes variables són el greix intramuscular (GRIN) i el pes de la canal (CW), i estan calculades en funció d'equacions com les que segueixen:

$$GRIN = 20.591 - 1.026 * P_t + 0.472 * L_t$$

$$CW = 0.756 * LW_t$$

on

P_t és el pes de massa proteica

L_t és el pes de massa lípida.

CW és el pes de la canal

LW_t és el pes viu de l'animal

El preu de la canal serà funció de dos paràmetres: a) el percentatge de magre de la canal, determinat a partir del GRIN, i b) el pes de la canal. La formulació de l'ingrés net és :

$$FeedCost = \sum_{n \in N} C_n + C_m \cdot \sum_{t \in T_n} q_t$$

$$R = CW * P_{WC} + ASRA - FeedCost - FC - PC * \sum_{n \in N} T_n$$

$$R_{ANUAL} = \frac{R}{\sum_{n \in N} T_n + buidat} * 365$$

on

FeedCost és el cost del pinso consumit de tot el període d'engreixament.

C_n és el cost de la dieta del període *n*

C_m és el cost unitari de la dieta del dia *t* del període *n*

T_n és el temps que dura el període *n*

q_t és la quantitat diària de pinso que es menja l'animal en el període *T_n*

R és l'ingrés net per animal venut

CW és el pes de la canal

P_{CW} és el preu de la canal que depèn del pes i del percentatge de magre

ASRA és l'assegurança d'ingrés (dada provinent del Quebec)

FC cost fix de l'animal

PC cost proporcional a l'estada de l'animal en l'etapa d'engreixament

R_{ANUAL} és l'ingrés net per any i per plaça d'animal.

Buidat Temps durant el qual la granja no està ocupada per cap animal.

El model ha estat verificat pel que fa a la consistència matemàtica de les seves expressions. Ara bé no ha pogut ser validat com un model sencer degut a la dificultat de trobar un experiment adequat a la complexitat del model. El que sí s'ha realitzat són comparacions de parts del model, com el de la de l'estimació de les necessitats d'energia, amb altres models existents en la literatura i els resultats han estat satisfactoris. L'èxit dels resultats del model de creixement han portat a acceptar la validació del submodel econòmic degut a la seva forta dependència (Bailleul, 1998).

El model descrit aporta valor en la mesura que incorpora informació en la utilització d'energia i amino àcids en porcs. El mateix autor destaca la seva principal utilització com a guia per a dissenyar estratègies d'alimentació per animals en la fase d'engreixament. No obstant, aquest autor incorpora un aspecte que no havia estat considerat fins el moment. S'ocupa, encara que no

del tot explícitament, de l'especialització dels mercats en un tipus concret de producte i apunta que aquest mercat destí pot fer variar el preu dels productes a tenir en compte.

3.4.5 Aplicacions informàtiques

Les aplicacions informàtiques que es volen ressaltar són tres. Totes elles tenen l'estructura de programa d'ordinador i són :

- 1) BAM, l'aplicació resultant del model de Giesen (Oenema, Giesen et al., 1990)
- 2) Porc_Expert, l'aplicació desenvolupada a partir del model de Pomar (Pomar, Harris et al., 1991)
- 3) L'aplicació PorkMa\$ter desenvolupada per la Universitat de Guelph i el Ministeri de agricultura d'Ontàrio. (Lange i Baidoo, 1997)

A excepció del BAM que ja ha estat tractat com a model en l'apartat anterior, les aplicacions calculen els guanys esperats sota les condicions imposades per l'usuari.

El programes es limiten a fer els càlculs dels costos i els ingressos esperats basats en els valor mitjans perquè no tenen en compte la variabilitat en el grup d'animals. Després de fer els càlculs poden determinar pes òptim d'enviament de la totalitat del lot d'una sola vegada.

Són molt aptes per fer anàlisis de casos variant les condicions d'inici. Un exemple d'això és el treball de Goldsmith et al (Goldsmith, Pomar et al., 2000) on a partir de diferents condicionants d'inici poden treure conclusions de com afecten les diferents estratègies en el resultat final. Es planteja avaluar el càlcul del pes òptim d'enviament cap a l'escorxador en la província del Quebec quan la funció a optimitzar és la combinació del màxim benefici del productor (NPV_{productor}), del processador (NPV_{processador}) i del medi ambient (NPV_{medi ambient}).

$$\text{Slaughter weight} = \text{Max} \{ f(\text{NPV}_{\text{productor}}, \text{NPV}_{\text{processador}}, \text{NPV}_{\text{medi ambient}}) \}$$

Combinant 3 tipus genètics d'animals, 4 programes d'alimentació i 2 qualitats de pinso – resulten 24 estratègies possibles – va trobar les condicions més bones, pels tres agents implicats.

La conclusió a la que arribar Goldsmith és que la millor estratègia que satisfà la funció objectiu és la de un tipus genètic d'alta qualitat, una programa

d'alimentació en tres fases i una formulació de la dieta basada en els aminoàcids.

L'altra aplicació que es vol presentar és el treball de De Lange i Marty (Lange i Marty, 1999). El seu estudi consistí en aplicar diferents escenaris utilitzant l'aplicació informàtica PorkMa\$ter. Dels resultats conclou que millorar el creixement de magre i reduir l'impacte de les malalties en el desenvolupament de l'animal són els mitjans més efectius per millorar els beneficis d'una explotació que es dedica a l'engreixament.

Els resultats de la simulació també indiquen que és més important posar l'atenció a les estratègies d'enviament, això és reduir la variació en els pesos de les canals i determinar el pes òptim de sacrifici, que desenvolupar programes nutricionals multifase o programes nutricional diferenciats pels sexes.

Aquests són exemples de les utilitzacions que es poden portar a terme quan es té un model implementat en un sistema informàtic: poder avaluar diferents estratègies per poder valorar econòmicament cadascuna d'elles.

3.5 Necessitat d'un nou model integrador

En el capítol anterior s'ha exposat el canvi de paradigma que ha sofert la producció porcina en els darrers anys. La tendència és anar configurant les diferents fases de la cadena de producció porcina en base a les exigències dels consumidors, destí últim dels productes carnis.

Els models danesos han estat concebuts sota la vessant del sistema de producció de carn porcina danès, el qual és molt més integrat que el desenvolupat en l'estat espanyol. Gran part de la producció danesa és exportada al Japó (91% en volum; 95% en valor) en forma de peces de carn congelades (Hobbs, Kerr et al., 1998).

El canvi de paradigma que es fa esment en el capítol II, no s'ha de fer a Dinamarca perquè la integració de les necessitats dels clients ja està assimilada per la cadena. La forta estructura cooperativa de la producció porcina ha ajudat a establir canals d'informació entre processadors, escorxadors i productors de tal manera que en cada pas de la cadena de subministrament es donen les condicions necessàries per optimitzar-la. Aproximadament el 97% de tota la producció per la indústria càrnia és generada per quatre cooperatives que pertanyen als productors. A més totes elles formen la Danske Slagterier que és una organització que agrupa les quatre cooperatives. En aquesta organització s'agrupen totes les fases de la cadena productiva i determinen les característiques dels animals que cal enviar a cada mercat. Fins i tot aquesta organització dirigeix la recerca quan copsa una necessitat en el mercat. Un exemple d'això és el fet de buscar les condicions necessàries per aconseguir una carn més vermella perquè és valorada en el Japó que la carn més pàl·lida. Aquesta recerca es va dirigir en el camp de la selecció genètica i en el camp del maneig dels animals en l'escorxador per reduir l'estat d'estrès al qual estan sotmesos.

La conclusió que es vol treure d'aquesta exposició de la cadena de producció de carn porcina danesa és la diferència principal existent entre l'únic mercat danès (el marcat per Danske Slagterier) i la varietat de possibles mercats que es troben a l'estat espanyol. Això fa que els models danesos no tinguin en compte la caracterització de la demanda que és un dels tres eixos que conformen el model complet.

Com s'ha vist en el model de Henrik Kure és possible considerar les variacions en l'aprovisionament en quan a número de garrins i el moment de l'ingrés, però no en el tipus d'animals que es produirà perquè és un animal molt estandarditzat dirigit a un mercat molt determinat.

Els models analitzats no separen clarament els aspectes a considerar per millorar la gestió de la cadena de producció porcina en el seu conjunt per orientar la producció cap als requeriments del clients. La necessitat d'integrar tots els passos de la cadena de producció de carn porcina exigeix crear un model que, si bé no aprofundeix tan en aspectes concrets, dóna un caràcter més global a l'anàlisi del procés transversal de producció.

Un altre fet remarcable dels models presentats, a excepció del de Giesen, és la poca aplicabilitat que tenen a l'hora de prendre decisions pràctiques. La quantitat d'informació necessària per poder-los aplicar és massa gran respecte la informació que disposa una explotació mitjana. Un punt relacionat amb la manca d'aplicabilitat és el fet que no consideren un seguit de factors del maneig que representen l'entorn del sistema productiu i condicionen les possibles solucions pràctiques i aplicables del problema.

Per poder valorar un sistema de suport a la decisió cal tenir clar quins són els beneficis que comporta el seu ús. El concepte de retorn de la inversió de les aplicacions informàtiques el tenen més clar els usuaris industrials o manufacturadors que els científics. Quan es desenvolupen sistemes d'ajut a la decisió és important implementar bé, en la direcció correcta, la informació que es posseeix. (Nuthall, 1997). Cada productor ha de determinar el valor dels sistemes possibles, però no és fàcil poder-los avaluar, encara que existeixen diferents mètodes (Verstegen, Huirne et al., 1995).

Alguns dels models analitzats requereixen d'un conjunt d'informació a nivell tàctic i operacional que seria força complicat d'obtenir en un entorn productiu real. Fora bo perseguir un mètode que permetés cercar el pes llindar depenent de l'edat de l'animal (Jorgensen, 1993).

Dels models presentats es vol destacar que l'escola danesa té la seva força en les eines per resoldre els models matemàtics plantejats i l'exactitud en què treballen és molt respectable des del punt de vista matemàtic. De tota manera, les exactituds assolides amb *Value Iteration* no es poden rebutjar sota un punt de vista de significació econòmica. (Kristensen, 1994).

Giesen, desenvolupa un model per prendre decisions sobre el maneig dels animals en el moment de la fase d'engreixament, però deixa de banda aspectes de l'entorn que poden ser importants. De tota manera el model de Giesen és el model que més s'ajusta a les condicions que es volen imposar. No obstant, es va resoldre de forma imprecisa en el moment que va dividir el lot d'animals en deu grups i es va limitar a tractar els deu grups de forma independent donat que poden existir diferències en el preu esperat dels animals d'un grup quan es considera un rang massa gran.

Per treballar en aquesta mateixa direcció caldria disminuir el rang de pesos que representa cada grup i d'aquesta forma augmentar el número de grups. En el model que es proposarà es preveu considerar dividir el lot d'animals en grups les característiques dels quals varien a cada increment de pes d'un quilo, i d'aquesta manera no s'ha de fixar el número de grups a priori.

El darrer treball que s'ha destacat ha estat el de Baulliel. Aquest es centra molt en la nutrició dels animals, determinant la formulació de les dietes a partir de l'estimació de l'energia que necessita l'animal. Deixa els aspectes econòmics com una conseqüència del seu treball sense considerat diferents mercats on enviar els animals.

Un dels punts on tots els models han coincidit és en tractar les decisions dins d'una estructura setmanal, és a dir, dividir el període d'engreixament en setmanes i prendre les decisions només en aquests paràmetres.

A part dels models que s'han presentat, també s'han anomenat tres aplicacions que s'han desenvolupat a partir d'aquest models. Certament l'objectiu d'aquestes aplicacions informàtiques és buscar la practicitat que s'ha trobat a faltar en els models danesos. Concretament s'han destacat el BAM – la qual ja s'ha exposat la seva mancança – el Porc Expert i el Porkma\$ter.

Aquestes dues aplicacions desenvolupades determinen l'evolució d'un lot d'animals durant el seu període d'engreixament. També determinen els rendiments econòmics esperats de l'explotació, però només seguint una estratègia tot dins – tot fora. Si bé Porc Expert té una rutina que determina el moment òptim, no permet establir diferències entre diferents estratègies d'enviament. Dins els paràmetres del Porkma\$ter és necessari fixar el pes al qual es vol enviar els animals al mercat a fi de calcular els rendiments econòmics esperats.

Les limitacions dels models ens han portat a la creació d'un nou model on es puguin integrar **les variables biològiques del lot**, els **factors d'entorn** que poden influir en el benefici esperat i les diferències entre **els diferents mercats** que estan a l'abast del productor.

La nostra recerca vol contribuir a dotar d'un **sistema d'ajut a la decisió** per poder prendre decisions en **la fase d'engreixament porcí** en base a criteris objectius de les exigències dels consumidors.

El present estudi s'ha orientat al desenvolupament d'un **model senzill i aplicatiu** basat en els punts clau per poder descriure el procés amb la **mínima informació** necessària.

Les principals característiques del model que es vol presentar i que s'han trobat a faltar en la literatura consultada són:

- a) La **integració de variables biològiques i productives** i la seva **interacció** amb els **paràmetres de mercat** i d'entorn en el marc d'un sistema de decisió específic de la fase d'engreixament porcí.
- b) Caracteritzar dins el model les **diferents alternatives de mercat** on comercialitzar els animals o les canals.
- c) Comparar resultats econòmics de **diferents alternatives de producció** en mercats determinats.
- d) Establir **pesos òptims de sacrifici** en funció de les característiques dels animals i les exigències del mercat.
- e) Deteminar la influència sobre els resultats econòmics de considerar el benefici esperat per un animal considerant **un sol engreixament versus** el considerar els **engreixaments successius** d'un any.
- f) Avaluar **estratègies d'enviament a l'escorxador** en funció de l'evolució de pesos (i la seva dispersió) i característiques de les canals.
- g) Analitzar l'efecte, sobre els resultats econòmics, de la **variabilitat intrínseca dels animals del lot** en fase d'engreixament.
- h) Realitzar **anàlisis de sensibilitat econòmica** segons variacions en les paràmetres biològics, costos de producció i/o canvis en el preu de mercat.

4 Capítol 4. Model Integrador de la Fase d'engreixament porcí

4.1 INTRODUCCIÓ

4.2 FORMULACIÓ DEL MODEL

4.2.1 ÍTEMS DE LA FASE D'ENGREIXAMENT PORCINA

4.2.2 VARIABLES DE DECISIÓ DEL MODEL

4.2.3 CARACTERÍSTIQUES DEL MODEL

4.2.4 TÈCNICA DE RESOLUCIÓ

4.3 ÀMBIT TÈCNIC - BIOLÒGIC

4.3.1 DEFINICIÓ DE LOT

4.3.2 EVOLUCIÓ DEL CREIXEMENT

4.3.3 TRACTAMENT DE L'ESTAT DEL LOT

4.3.4 LES VARIABLES DEL MODEL BIOLÒGIC

4.4 ÀMBIT DE L'ENTORN PRODUCTIU

4.4.1 FACTORS DE MANEIG DE L'EXPLOTACIÓ

4.4.2 FACTORS D'ÀMBIENT DE L'EXPLOTACIÓ

4.4.3 COST DELS FACTORS DE L'ENTORN PRODUCTIU

4.5 ÀMBIT DE CARACTERITZACIÓ DE LA DEMANDA

4.5.1 CRITERIS DE QUALITAT DE LA CANAL I DE LA CARN

4.5.2 LA VALORACIÓ DELS ANIMALS EN EL MOMENT DE L'ENVIAMENT

4.1 Introducció

Davant el fenomen de la integració en la cadena de producció porcina, s'ha fet front al problema de com integrar la caracterització de la demanda d'animals en la fase d'engreixament del porcí. En aquest context es tracta de saber en quin moment i en quines condicions s'hauria d'enviar un grup d'animals a l'escorxador per tant d'assolir el màxim de profit al llarg del temps, tenint en compte el destí últim dels animals sacrificats.

L'abast del que es pretén modelitzar és bastant gran i es proposa tenir en compte aspectes de tres grans àmbits de coneixement. Per una part tindrem aspectes biològics, d'altres d'econòmics i d'altres relatius a la caracterització de la demanda. Tots aquests aspectes estaran integrats dins el model que serà la base del sistema que ajudarà a prendre decisions – sistema de suport a la decisió (*Decision Support System DSS*) que s'ha fet esment en l'anterior capítol (Gil, 1996) – de cara a optimitzar l'estratègia a seguir en l'enviament dels animals a l'escorxador.

En l'esquema global del sistema de suport a la decisió – Figura 4.1 – es presenten els tres àmbits de forma diferenciada: El primer es refereix als aspectes biològics i tècnics que haurà d'explicar la caracterització i el comportament del grup d'animals; el segon bloc explica els factors de l'entorn productiu que influiran en la fase d'engreixament; i, el darrer àmbit que s'inclou en el model, permetrà definir les caracteritzacions del perfil d'animal que s'està demandant en el mercat.

Aquesta darrera part del sistema de suport a la decisió influirà de forma decisiva en la determinació dels ingressos i en el valor dels grups d'animals presents en l'explotació, i això en l'elecció de l'estratègia. Els òptims de sacrifici depenen entre altres coses de la genètica dels animals, perquè responen de forma diferent davant l'entorn, i del destí que es té pensat pels animals al final de la seva fase d'engreixament (Tibau, Soler et al., 1998; Castro, Puigvert et al., 2000).

Els tres àmbits esmentats, de forma conjunta, formaran el sistema global per poder decidir les estratègies a les quals poden optar els productors per cercar el màxim profit de les seves explotacions porcines. La base del model global i sobre la qual es fonamentarà l'estructura per prendre la decisió és una funció que representa els beneficis que s'esperen del conjunt de porcs durant la seva fase d'engreixament ateses a unes condicions de mercat.

Per construir el model que donarà solució al problema que ens ocupa es seguirà el procediment que s'ha definit en l'anterior capítol. Al llarg de diferents etapes es separaran les variables i els paràmetres que afectaran a cada àmbit d'estudi,

encara que, tanmateix, hi haurà variables i paràmetres que estaran a les fronteres entre àmbits. Es passarà a la descripció, de forma independent, dels tres àmbits involucrats en el model del sistema de suport a la decisió.

Primerament es presentarà l'àmbit tècnic-biològic on es pretén modelitzar el comportament del lot d'animals mitjançant consideracions biològiques i tècniques. La definició i la descripció de les variables que cal considerar per descriure el creixement i el comportament del grup d'animals serà el fonament de la informació que sustentará el sistema de presa de decisions. L'estudi d'aquest àmbit ha de permetre el coneixement de la caracterització dels animals al llarg del període d'engreixament. Per descriure el comportament d'un animal es valoraran diferents variables que conformaran el que anomenarem **l'estat de l'animal**. Per poder saber l'estat dels animals al llarg de la fase d'engreixament s'ha recorregut a un model que parteix d'unes dades productives reals i ajusta aquestes variables productives a equacions polinomials. S'ha utilitzat aquest model perquè, des del nostre punt de vista, és el que s'ajusta més a les hipòtesis fetes per poder treballar conjuntament amb el model de decisió.

El segon àmbit és el dels factors de l'entorn productiu on caldrà considerar tots

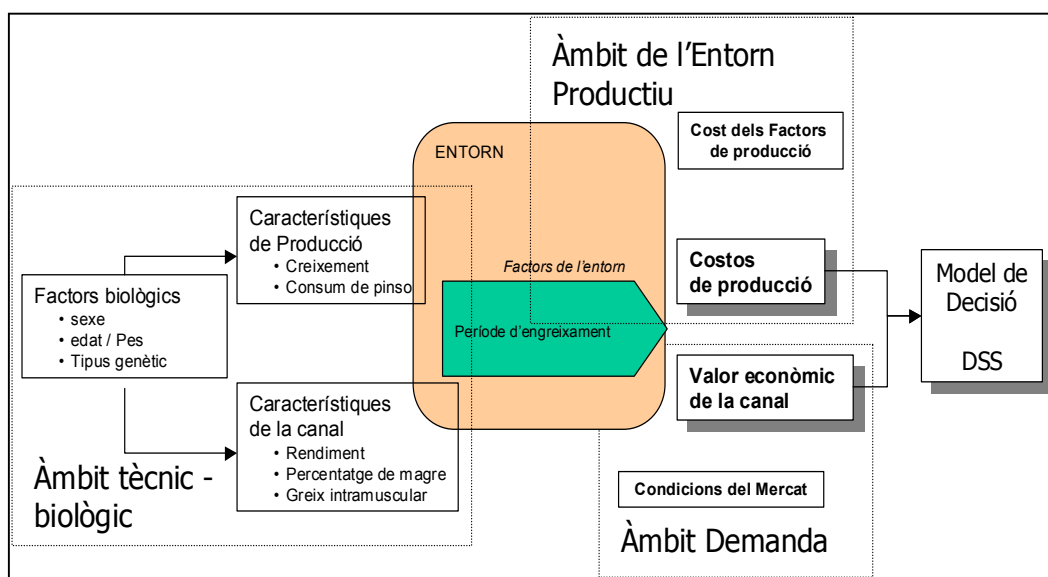


Figura 4.1 : Esquema del Model de Decisió complet. Composició dels tres àmbits.

els atributs externs a l'animal. Aquests aspectes afectaran al comportament dels animals per la qual cosa caldrà que estiguin contemplats en el model biològic. La part on es farà més èmfasi serà la que s'ocupa de la comptabilització dels costos

que suposen els recursos que es dediquen a l'explotació porcina. És important tenir en compte l'estat de l'animal al llarg del procés. Aquesta informació l'aportarà el model biològic. No obstant, juntament amb els paràmetres de l'entorn productiu es podran saber els costos – amb el seu desglossament – i la seva evolució al llarg del procés d'engreixament

El darrer punt que el model global vol integrar fa referència als criteris que s'usaran per tal de definir la demanda. Aquests criteris s'hauran de considerar per tal de poder determinar el valor dels animals en la fase d'engreixament. La valoració segons diferents criteris provoca que les lleis del mercat no adequin de forma precisa el producte amb la seva demanda específica, la qual cosa provoca la recerca de certa especialització per poder buscar avantatges competitius (Porter, 1985).

Tal com s'ha esmentat, la producció tradicional ramadera no ha estat gaire exigent amb l'homogeneïtat del producte. Actualment, però, la demanda si bé és més específica, també és cada cop exigeix productes més homogenis pel que fa a buscar estàndards de qualitat. Aquest fet, que s'escapa una mica del que podria ser la producció animal clàssica on els animals eren diferents i estaven oberts a un mercat més obert, ha provocat el canvi d'estratègia de producció al qual s'ha fet esment en el capítol II.

La tendència és, doncs, anar sectoritzant el mercat per tal d'integrar més les necessitats definides dels consumidors en el sistema productiu. Es tendeix, cada vegada més, a buscar l'obtenció d'unes característiques que cal que compleixi l'animal, bé sigui en aspectes de qualitat de carn, bé en aspectes del seu maneig. Això portarà a la definició de mercats objectiu per als animals portats a sacrifici. La integració d'aquestes necessitats convertides en exigències influirà de forma decisiva en el criteri de decisió en la fase d'engreixament del sector porcí. La definició de la demanda implicarà la determinació del valor dels animals en la fase d'engreixament. La clara definició dels mercats afectarà a la decisió final de l'enviament dels animals a l'escorxador en la mesura en que pot modificar el valor i el destí dels animals.

Així doncs, la decisió estarà basada en la interacció de tres àmbits que són els que cal integrar en el model complet:

- (1) El comportament dels animals en un entorn. Es definirà a partir d'un model biològic de creixement i consum de pinso.
- (2) La classificació dels factors de l'entorn productiu i el seu impacte econòmic per poder comptabilitzar els costos de l'engreixament en un entorn determinat.

- (3) La caracterització dels mercats on es poden enviar els animals al final de la fase d'engreixament incorporant els requeriments dels clients.

Les expressions matemàtiques que conformen el model de decisió desenvolupat juntament amb la tècnica de resolució, seran exposades en el següent capítol. La tècnica és l'anàlisi de la funció del Cost – Benefici (Marge net) al llarg del temps.

Les aplicacions del model creat permetran obtenir resultats econòmics de l'anàlisi de diferents línies genètiques d'animals i de diferents sexes. Una opció serà buscar quin tipus genètic és el més adient per enviar a un determinat mercat avaluant el comportament biològic i els resultats econòmics que impliquen. Una altra opció és, per un determinat tipus genètic, analitzar els resultats econòmics en diferents mercats. De la mateixa manera també es podran avaluar l'impacte de variacions en condicions d'entorn com són aspectes ambientals, sanitàries o alimentaris.

El darrer cas serà avaluar les diferències econòmiques atribuïbles al maneig de dividir l'enviament del lot en diferents etapes i el maneig de "tot dins – tot fora". En el cas de l'enviament del lot d'animals en diferents etapes consistirà en la implementació de l'algorisme *Value Iteration* buscant l'aplicabilitat del sistema de suport a la decisió a la realitat de les empreses catalanes.

4.2 Formulació del Model

En aquest apartat s'exposarà, en base a la metodologia exposada en el capítol anterior, el procés utilitzat per a l'establiment del model complet. A partir de la formulació del problema, el primer pas és definir quin és l'objectiu que es pretén solucionar. Aquest objectiu ha de permetre discernir quines han de ser les dades que cal recollir del sistema i poder plantejar la subdivisió del problema en parts més senzilles de tractar.

El problema que es planteja la tesi (sense considerar les restriccions) es pot formular amb la pregunta següent :

“En quin moment i en quines condicions cal enviar els animals al mercat per obtenir el màxim profit, tenint en compte el destí últim dels animals ?”

La funció que s'optimitza és econòmica però depèn de variables de diferents àmbits L'anàlisi realitzada de les dades rellevants, evidencia tres grans aspectes que cal tenir en compte, que coincideixen amb els esmentats en la introducció:

- 1) L'evolució dels animals al llarg del procés d'engreixament, sobretot en les etapes finals – Àmbit tècnic – biològic.
- 2) Els criteris per determinar el valor dels animals – Àmbit dels entorns de producció. Es sol acceptar que aquest depèn de dos factors:
 - a) Ingressos depenent del mercat on s'enviïn
 - b) Costos associats a l'engreixament
- 3) Les condicions dels animals per accedir a diferents mercats - Àmbit de caracterització de la demanda.

Degut als diferents orígens dels factors que afecten al model de Decisió, s'ha cregut convenient fer la construcció del model seguint l'estratègia de baix a dalt (*bottom-up*). S'ha començat amb els components més senzills (que s'han anomenat àmbits) i, a continuació, s'han anat construint les seves relacions, tot buscant el punt d'unió de cadascuna de les parts per poder integrar-ho tot en un únic model.

Els tres àmbits han estat desenvolupats de forma independent, perquè cadascun té la seva pròpia evolució. No obstant, es destacaran els punts que tenen en comú per tenir el model integrat i poder prendre les decisions de forma objectiva. La aportació de cada àmbit al model de decisió ha estat orientada a la valoració econòmica i quantitativa del grup d'animals que realitzen l'engreixament.

4.2.1 Ítems de la fase d'engreixament porcina

Per poder descriure la implicació de cada àmbit vers el model de decisió, cal especificar quins són els paràmetres i les variables que cal tenir en compte i quines són els que interaccionen entre els àmbits del model.

Diferents autors han estudiat i determinat quins són els ítems relacionats amb la fase de l'engreixament sota diferents perspectives ¹. Cadascun dels models desenvolupats per aquests autors ressalten els ítems més relacionats amb el seu àmbit d'aplicabilitat.

Per aquesta tesi, però, els ítems s'han catalogat entre els diferents àmbits per poder classificar-los i buscar les relacions que s'estableixen en el model de decisió integrat. Del conjunt d'ítems es pot observar els diferents orígens dels fenòmens que afecten a la fase d'engreixament porcí.

A la Taula 4.1 es presenta una enumeració dels ítems que cal considerar en la fase d'engreixament porcí classificats en quatre categories:

- 1) **Maneig**, pels aspectes referents als ítems que marquen la gestió de l'explotació; es distingeixen tres apartats:
 - **Inici** com els factors de l'inici de la fase d'engreixament.
 - **Acabament** com els factors que determinaran l'acabament de la fase d'engreixament.
 - **Enviament** com els condicionants de marcaran l'acabament.
- 2) **Evolució de l'Engreixament**, pels referents als que es valoren durant l'engreixament; es destaquen dos apartats:
 - **Els condicionants de l'engreixament** com els paràmetres biològics que determinaran el comportament biològic dels animals al llarg de la fase d'engreixament

¹ Ouden ha estudiat en profunditat les implicacions del benestar animal (Ouden, Nijsing et al., 1997), L'equip de l'Irta en quan a la gestió tècnico-econòmica d'explotacions porcines de producció de garrins amb el programa GTEP – IRTA (Pla, Pomar et al., 1999), Giesen amb el model BAM exposat en el capítol III (Giesen, Baltussen et al., 1988), Pomar amb el programa de simulació de programes alimentaris Porc Expert (Pomar, Harris et al., 1991) i De Lange amb el programa de simulació Pork Ma\$ter (PorkMa\$ter, 1997)

- **Els costos de l'engreixament** com els paràmetres econòmics que afectaran a la determinació de la funció a optimitzar.
- 3) **Escorxador**, pels que fan referència al moment de portar els animals a sacrifici; i
 - 4) **Altres**, on s'hi inclouen els paràmetres més generals i difícils de catalogar.

L'objectiu d'aquesta enumeració i classificació és cercar l'àmbit des d'on es pot controlar les conseqüències de l'ítem i així poder imputar cada ítem dins d'un àmbit en particular. Hi ha ítems que estaran entre dos àmbits, i, per tant, s'haurà de considerar la seva interacció.

En primer lloc es vol destacar els ítems – incògnita, és a dir, les variables de decisió del model : Són el ítems que fan referència al **Maneig – Acabament**. El model haurà de determinar els el pes i l'edat dels porcs que seran enviats a l'escorxador, l'estratègia en què es farà l'acabament i els ingressos esperats d'aquell lot d'animals.

Sabent ja quines són les variables de decisió, es presentaran els paràmetres que condicionaran el model classificats pels tres àmbits que s'han anomenat. El primer grup d'ítems es refereix a l'animal quan està viu i s'imputen a l'àmbit tècnic – biològic. Entre ells podem comptar els que fan referència al maneig – inici, que definiran els trets característics comuns del grup d'animals que s'engreixen, els ítems de l'Evolució – condicions d'engreixament que indicaran el resultat tècnic – biològic del grup d'animals i els ítems referents a variables biològiques dels animals portats a l'escorxador.

El segon grup d'ítems que es presenta fa referència a animals sacrificats i són els paràmetres i variables s'assignen a l'àmbit de caracterització de la demanda. Aquests són els referents a l'escorxador, principalment pel que fa al preu de venda i a les condicions addicionals que posin cadascun dels mercats que es caracteritzaran. La diferenciació entre mercats fa referència a les variables biològiques que es fan servir per a fixar el preu de venda, per tant, en aquest punt es té un dels punt d'integració de l'àmbit tècnic – biològic i l'àmbit de caracterització de la demanda.

1.1 Maneig – Inici		2.2 Evolució – Costos	
	Pes garrí entrada		Cost mig garrí
	Edat d'inici creixement		Cost de l'alimentació
	Caràcter genètic dels animals		Cost granja – granger
1.2 Maneig – Acabament			Impostos i interessos
	Número porcs sortint		Cost medicament
	Pes porcs sortint		Cost manteniment
	Edat d'acabament		Altres costos
	Total dies engreixament	3. Escorxador	
	Ingressos esperats		Rendiment al sacrifici
	Número de cicles per any		Pes de sacrifici
1.3 Maneig – Enviament			Qualitat de la canal
	Interval del primer a l'últim lliurament		Qualitat de la carn
	Número màxim de lliuraments per cicle		Preu de venda
2.1 Evolució – Condic. Engreixament			Condicions addicionals
	Rati de creixement diari	4. Altres	
	Desviació del creixement		% de porcs sense lesions
	Índex de conversió		Buidatge sanitari
	Consum mig diari		Condicions de transport
	Relacions de grup		Aspectes sanitaris
			Rati de pèrdues (% mortalitat)

Taula 4.1 : Conjunt de ítems que cal considerar en la fase d'engreixament porcí. Font: Elaboració pròpia basada en (Giesen, Baltussen et al., 1988; Noguera, Estany et al., 1994; Ouden, Nijsing et al., 1997; Pomar, 1998)

La resta d'ítems pertanyen a l'àmbit de l'entorn productiu i fan referència a qualsevol factor, extern a l'animal, que afecti al seu rendiment productiu. Els ítems d'aquest àmbit afectaran en tres direccions : a) pel que fa al maneig de l'explotació que afectarà a l'estratègia a seguir, per tant condicionaran l'estructura de la solució al problema, b) als factors d'ambient que afectaran al model biològic i condicionaran l'evolució del seu resultat i c) el cost dels factors de producció que afectaran a la funció a optimitzar.

La descripció dels paràmetres específics per cada àmbit es faran en els apartats següents on s'estudiarà cada àmbit de forma independent. S'ha vist que hi ha

ítems que estaran en més d'un àmbit i és sota aquesta visió que apareix l'enfocament integrador del model complet de decisió.

4.2.2 Variables de decisió del Model

Les condicions de mercat han anat variant en els darrers anys. Es tendeix a crear un producte homogeni, dins d'un rang de pesos petit i sota uns trets concrets entre els quals es destaca un determinat percentatge de magre de la carn. Aquests condicionants poden arribar a ser de definició dels paràmetres de producció. El canvi d'estratègia del que s'ha parlat en el segon capítol sembla portar a l'increment de la importància d'altres factors de producció que fins el moment no es tenien tan considerats. Entre aquests factors es podrien comptabilitzar els referents a la granja, com poden ser condicions de maneig, condicions medi - ambientals del tractament dels porcs, etc.

El model proposat pretén poder actuar sobre les variables de maneig que fan referència al moment d'acabar el procés d'engreixament, i aquestes són:

- El pes dels porcs que són enviats al mercat.
- L'edat d'acabament.
- El nombre de porcs enviats a l'escorxador en un moment donat.
- El total dies de l'engreixament.
- El número de cicles per any

Però a més es tenen dos resultats que són part de la solució del model : els ingressos els ingressos esperats d'aquell grup d'animals i els ingressos anuals d'un comportament parell del lot d'animals.

A priori, aquestes variables tenen relació entre elles. Ara bé aquesta relació no té perquè ser directa i constant: el pes d'enviament dels animals a l'escorxador no ha de ser constant per tots els animals del lot. La funció objectiu que es voldrà optimitzar serà el valor del conjunt del grup d'animals que desenvolupen un engreixament al llarg del temps.

De tota manera, les expressions relacionades amb aspectes de maneig, de factors de producció i de condicions de mercat restringiran el valor d'aquestes variables, i per tant, existiran restriccions en cada àmbit.

Pel que fa a les variables del Maneig - Acabament a que es feia referència es poden reduir a dues decisions que són :

- 1) Determinar quins són els marges de pesos d'animals, (si pot ser en dies) de cara a enviar els animals a l'escorxador per treure'n el màxim rendiment, i
- 2) Avaluar l'interès de la possible divisió del lot d'animals per tal d'obtenir més beneficis que mantenint el lot sencer. L'objectiu de la divisió va lligat a la idea d'enviar al mercat animals més homogenis.

Aquestes dues decisions haurien d'estar basades en criteris objectius de valoració del marge net de la fase d'engreixament de la producció porcina i també en la consideració del benefici de la plaça ocupada per l'animal en els engreixaments successius.

4.2.3 Característiques del model

El model global es formarà, com s'ha pogut veure en la Figura 4.1, a partir de la intersecció dels tres àmbits esmentats. En l'àmbit tècnic – biològic el més important és el model que representa l'evolució dels animals en l'explotació. El model biològic escollit és dinàmic, empíric i determinista en la mesura que es coneixerà l'evolució de la mitjana del lot d'animals. Ara bé el podem considerar probabilista en la mesura que tractarem la variabilitat dins d'aquest lot d'animals. És important destacar que el model biològic haurà de tenir en compte la influència de l'entorn sobre la manera d'evolucionar dels animals (Knap, 1999), l'estudi del qual correspondrà al segon àmbit.

La funció objectiu del model de decisió serà el valor econòmic del lot, per tant serà la funció que es voldrà maximitzar. Per a determinar el valor dels animals al llarg del procés d'engreixament ens haurem de basar en l'estat dels animals. Per una banda es podrà calcular els costos d'engreixament, tenint en compte l'entorn productiu determinat pel segon àmbit. Per l'altra banda també es podran calcular els ingressos a partir de l'estat de l'animal i la caracterització de la demanda que s'analitzarà en el tercer àmbit.

4.2.4 Tècnica de resolució

Per al cas més senzill, el d'enviar en una sola etapa la totalitat del grup d'animals, s'ha establert una anàlisi de cost – benefici. Per al problema d'enviar-los en diferents etapes s'ha plantejat la resolució del model mitjançant l'algorisme de *Value Iteration* degut a que s'ha considerat un horitzó finit buscant la maximització dels beneficis del productor al llarg de l'any.

En la resolució s'ha fugit de complexitats matemàtiques i s'ha prioritzat els aspectes pràctics i simples. L'objectiu és el de tenir una **eina** que porti a una

solució satisfactòria i traslladable sense massa complicacions al sistema real i que permeti comparar diferents situacions possibles. A més tal volta és preferible una solució satisfactòria enfront una maximització, buscant quina informació suficient és realment necessària. (Nuthall, 1997)

4.3 Àmbit tècnic - biològic

El que pretén aquesta primera part del model és “conèixer l'evolució d'unes característiques del grup d'animals que s'està engreixant en un moment i en un entorn concret”. Es treballarà amb un conjunt de característiques biològiques i tècniques les quals formaran el que s'ha anomenat “l'estat de l'animal”.

4.3.1 Definició de lot

La base sobre la qual es treballa és el lot – grup d'animals que inicien conjuntament el seu engreixament en una mateixa quadra. La formació dels lots d'animals es fa amb criteris de unificar trets característics, com poden ser el sexe o la raça. Això implicarà poder parlar de lots més homogenis que respondran de forma més adequada a la demanda. La determinació dels lots (entesos com a grups d'animals) serà definit per uns trets comuns determinats de forma lògica (Kure, 1997). Un dels condicionants imposats pel maneig és que no es permet la mobilitat d'animals entre lots.

Pel que fa a saber les característiques biològiques dels animals presents en el lot es parlarà de l'estat dels animals. De tota manera, en el nostre model mai es parlarà d'un animal com un individual, sinó que es farà com a part del lot al qual pertanyi. Si la descripció de les característiques biològiques és de tot un grup d'animals parlarem de “l'estat del lot” entenent com a tal el grup d'animals.

Un lot estarà definit per unes característiques comunes dels animals que hi pertanyen. Aquestes seran les característiques del garrins entrats entre els que s'hi poden comptar la raça i el sexe. Un estudi de la Universitat de Purdue demostra clarament els efectes del tipus genètic i el sexe en el consum voluntari d'aliment (Shinckel, 1994). Aquestes marcaran el comportament esperat del lot al llarg del període d'engreixament i les expectatives que s'esperen de l'animal.

4.3.2 Evolució del creixement

Quan es planteja la situació de l'engreixament dels porcs s'està parlant d'un lot d'animals que entren essent garrins en una granja i quan surten ho fan amb un increment de pes de més de 60 kg, per ser enviats a l'escorxador. El fenomen que transcorre dins de la granja és el del creixement de l'animal en la seva etapa d'engreixament. Durant aquesta etapa hi ha un seguit de variables que van evolucionant al llarg del temps per cada animal. Algunes d'aquestes variables són observables, com pot ser el pes o el consum de pinso i altres no són

directament observables com, per exemple, el percentatge de magre d'un animal o el greix intramuscular.

L'estat d'un animal és un conjunt de variables que defineixen el comportament de l'animal en un moment donat. És possible tractar les variables que conformen l'estat de l'animal com una variable aleatòria que es distribueix segons una distribució Normal, sempre i quan es tendeixi a crear lots de forma lògica basant-se en la data de naixement dels animals i la varietat genètica.

4.3.3 Tractament de l'estat del lot

Les variables que definiran l'estat d'un animal durant l'etapa de creixement poden ser modelitzades des de dos vessants: explicativament, basats en models mecanicistes, o previsorament, basat només en models empírics (Kure, 1997).

Per una part els *Models mecanicistes* són normalment models deterministes que estan basats en el coneixement dels processos fisiològics i les lleis de la física i la química que regeixen la natura. Normalment es componen d'un gran nombre de paràmetres del model difícils d'interpretar i estimar (Moughan, Verstegen et al., 1995). Aquests models no solen ser adients per decisions de gestió i control.

D'altra banda els *Models empírics* són models estadístics que descriuen les relacions entre les variables al llarg del temps sense descriure els processos que provoquen el comportament. Aquests models són estocàstics (les variacions dels atributs també són modelitzats) i les variables són fàcils d'observar i els paràmetres són molt més senzills d'estimar que el en cas anterior.

4.3.3.1 Variabilitat dels fenòmens biològics

La dificultat de representar l'estat d'un animal rau en la incertesa dels fenòmens biològics. Si ens fixem en una variable com pot ser el guany de pes diari en un moment donat, el resultat d'un individu és diferent del d'un altre individu per causes diverses. Quan es vol passar a fer una descripció de les característiques d'un cert animal i, encara més, descriure la seva evolució temporal, cal cercar quins són els factors que fan variar la resposta dels animals davant diferents situacions per poder tractar el seu efecte de forma independent.

La causa de la variabilitat entre animals, de qualsevol tipus, és deguda a dos factors: el genotip i l'ambient. Per genotip s'estén les característiques genètiques de les diferents races porcines existents. Per ambient entendrem els trets distintius que tindrà l'explotació – externs a l'animal – i que poden influir en els resultats productius de l'animal.

4.3.3.2 Tractament de la variabilitat

Si bé hi ha dues maneres per modelitzar el creixement, també hi ha dues maneres per representar el comportament d'un grup d'animals, que és l'objectiu del model que es presenta.

Es pot descriure el comportament d'un grup d'animals considerant l'evolució d'un sol animal (Kanis i Koops, 1990) i després introduir-hi elements aleatoris, en el cas que el model no els contempli, i poder simular el comportament del lot a partir de les singularitats de cada individu. L'altra variant per tractar la variabilitat és tractar el lot de forma que inclogui la variabilitat intrínseca existent pel fet de tractar-se d'un fenomen biològic. Això vol dir treballar amb un model que tracti directament el grup com una població on les seves variables es distribueixen seguint un model estadístic variable al llarg del temps (Giesen, Baltussen et al., 1988; Castro, Puigvert et al., 2000)

La principal diferència de procediment amb el model tractant el lot com a grup d'animals o com a suma d'individuals és la pèrdua d'informació deguda a l'agregació de dades. Quan es fa la simulació es pot aconseguir tota la informació referent a un sol individu (simulat) i després agregar les dades per tal de poder obtenir informació resumida de l'evolució dels valors mitjans del grup. Però el que s'està seguint en aquest treball és buscar el comportament del grup d'animals, sense parlar d'individualitats.

S'ha considerat millor per poder aplicar el model de Suport a la Decisió sobre un lot d'animals és usar un model empíric que modelitzi el comportament del grup en el seu conjunt, tractant les variables d'estat com a variables aleatòries distribuïdes segons una normal (Kure, 1997; Puigvert, Castro et al., 1999). Una altra de les raons que ha portat a treballar amb grups és la facilitat de poder caracteritzar parts del lot a partir de l'expressió que caracteritza la totalitat del grup independentment del número concret d'animals del lot. La influència del número d'animals en la política d'enviament al mercat és negligible quan es tracten de mides de lot realistes (Jorgensen, 1993).

Així doncs, el concepte de variabilitat biològica dins del lot es tradueix en què es pot determinar un rang de valors que representen l'estat dels animals en un precís moment de l'engreixament. Aquest rang serà més o menys gran en funció de la homogeneïtat que es pugui disposar en la definició del grup d'animals. El desitjable és tenir aquest rang de valors el més petit possible per poder tenir el procés sota control. Per aconseguir això s'ha tractat els lots d'animals relacionats genèticament per la qual cosa s'evita (o es minimitza) la variabilitat genètica dins del grup i només cal tenir en compte la variabilitat de l'entorn.

La creació de lots segueix, doncs, criteris d'agrupació lògics, com són el sexe i la variant genètica i després es tracta la variabilitat dins del lot com una desviació

del comportament normal. En qualsevol cas es considerarà el valor mitjà d'un lot d'animals, però subjectes a una desviació que influirà decisivament en la presa de decisions a l'hora de plantejar-se la divisió del grup per enviar animals amb característiques finals més homogènies.

4.3.4 Les variables del model biològic

Les variables explicaran l'evolució del creixement. Per cada etapa es disposarà del valor de totes les variables que componen l'estat dels animals del lot (Castro, Puigvert et al., 2000). Històricament s'ha parlat de l'índex de conversió com una bona mesura per poder avaluar l'evolució dels animals en la fase d'engreixament (Ridgeon, 1993). L'índex de conversió es defineix com la quantitat de pinso que cal que mengi un animal per augmentar un quilo el seu pes. Aquest índex inclou els dos valors més característics d'aquesta fase de la cadena porcina. Així, les dues variables principals del model biològic escollit són :

- El pes dels animals (LW, de *Live weight*)
- El consum acumulat de pinso (FI, de *Feed Intake*)

El valor d'aquestes variables el determinarà una funció que dependrà del temps. No obstant, el valor de la funció representarà el valor mitjà del grup d'animals, per la qual cosa, cada funció haurà d'anar acompanyada d'una altra funció que determini el valor de la desviació de la població que forma aquell lot d'animals. Ambdues variables seguiran la distribució normal.

$$\mu_{LW} = f_pes(t, TG) ; \sigma_{LW} = f_desv_pes (t, TG);$$

$$\mu_{FI} = f_consum (t, TG) ; \sigma_{FI} = f_desv_consum (t, TG)$$

$\forall t > \text{edat inicial a l'exploració}$

$$LW_t \sim N(\mu_{LW}, \sigma_{LW})$$

$$FI_t \sim N(\mu_{FI}, \sigma_{FI})$$

$\forall t > \text{edat inicial a l'exploració}$

Aquestes corbes de creixement i consum de pinso en funció de la genètica de l'animal (TG) i estan subjectes a les condicions de l'entorn que es veuran en el següent apartat. En la Figura 4.2 es pot observar l'evolució de una de les variables al llarg del procés de creixement del lot d'animals.

En termes productius, es podria dir que LW i FI són les mesures de productivitat i per això se'ls sol anomenar els índex tècnics de l'engreixament. El seu valor òptim implicaria un creixement ràpid i un baix consum de pinso, que correspondria a un índex de conversió baix.

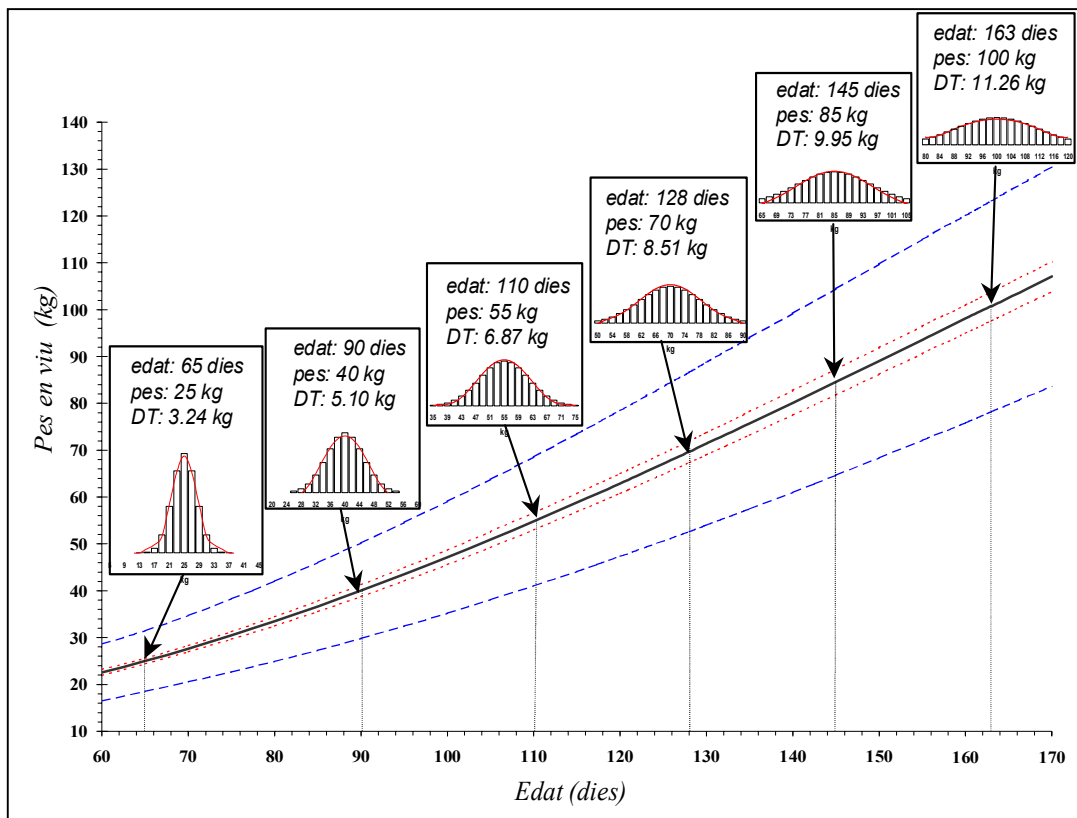


Figura 4.2: Evolució de la caracterització de les variables del pes en viu. Font (Puigvert et al. 1999)

Ara bé hi ha d'altres variables que afecten a la qualitat de la canal i de la carn i que també han de ser incorporades en la determinació de l'estat de l'animal. Algunes d'elles són decisives en la definició d'alguns mercats. Aquestes variables són, a diferència de les dues anteriors, no observables durant el procés, però estan fortament lligades a l'evolució del pes dels animals. Les variables que completen l'estat del lot són les següents:

- El rendiment esperat de la canal (Pes de la canal / Pes viu)
- El percentatge de magre esperat (Qualitat de la canal)

- La proporció de les peces nobles
- Qualitat de la carn (el greix intramuscular, gust)

Amb aquesta definició d'estat de l'animal es pot fer la representació d'un lot d'animals en diverses dimensions. Una representació bidimensional que resultarà interessant és la que es mostra en la Figura 4.3. S'hi pot veure l'estat d'un lot en un moment determinat de l'engreixament considerant el pes per un costat i la característica de qualitat del percentatge de magre per l'altre. La tercera dimensió mostra la distribució d'animals presents al lot sota aquella caracterització.

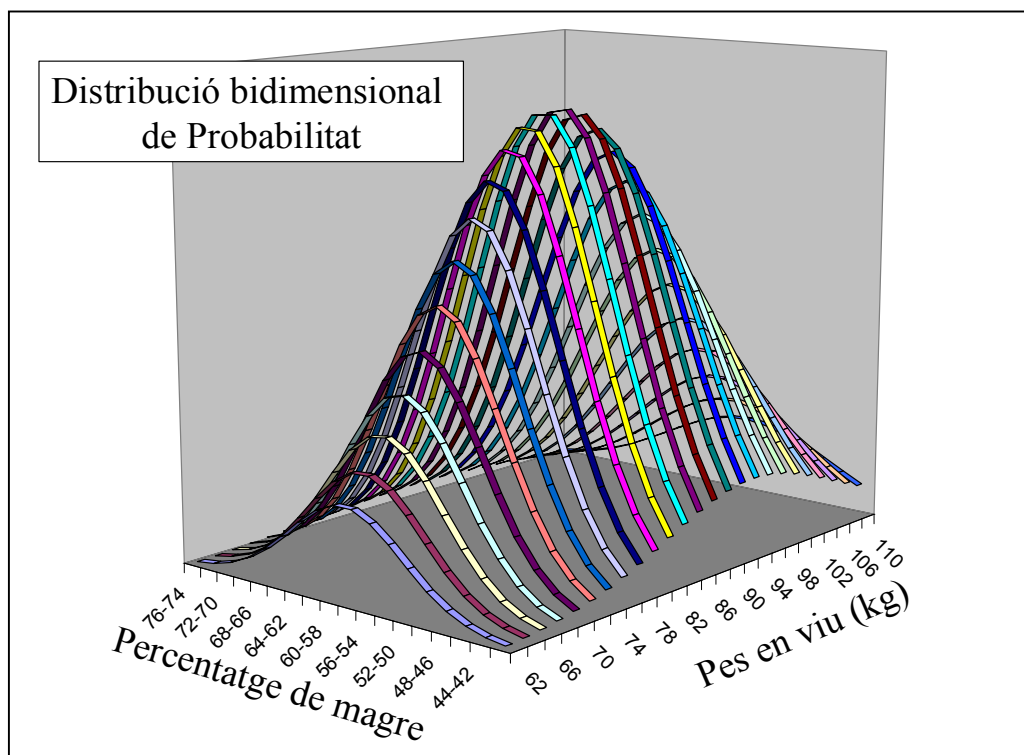


Figura 4.3: Representació bidimensional d'un lot d'animals (genotip maternal) d'edat = 140 dies, pes $\sim N(85.9, 13.35)$ i el percentatge de magre variant respecte el pes.

Resumint, el model biològic es caracteritzarà per:

- Definir les característiques del lot (tipus genètic i sexe) entrant a la fase d'engreixament per tal de determinar les trets genotípics,

- b) Determinar quina serà l'evolució de l'índex de conversió (el binomi LW, FI) per caracteritzar les variables que es podrien observar durant el procés,
- c) Determinar les variables que només seran observables després del sacrifici.
- d) Fixar les condicions d'entorn sota les quals l'evolució del l'índex de conversió té un grau de confiança admissible.
- e) Establir criteris de qualitat de canal i qualitat de carn per tal de poder catalogar els animals en funció de la demanda.

4.4 Àmbit de l'Entorn Productiu

Tal com s'ha dit, el model de decisió que es vol crear té com a objectiu ajudar a prendre la decisió de quin moment seria el més convenient per enviar un lot d'animals a l'escorxador. Aquesta està sotmesa a l'evolució dels animals durant el període d'engreixament. Com qualsevol fenomen natural aquest comportament pot variar per raons d'entorn i per motius genètics (Knap, 1999). En aquest apartat es presentaran els paràmetres que caldrà tenir en compte per poder avaluar l'impacte dels factors de l'entorn productiu sobre les decisions referents a l'enviament dels animals a l'escorxador.

L'entorn productiu inclou les decisions preses a priori que marcaran restriccions del sistema de suport a la decisió. A més, l'entorn productiu ha d'abastar qualsevol aspecte que pugui afectar al rendiment productiu de l'animal i suposi un cost per a la seva producció durant l'etapa de creixement.

Distingirem tres apartats dins dels factors d'entorn. En primer terme s'analitzaran els factors referents al maneig dels animals. Aquests tindran una influència directa sobre l'estructura del resultat que doni solució al problema. El maneig ha de permetre la divisió del lot d'animals en diferents grups per fer l'enviament en diverses etapes. Seguidament s'analitzaran els factors d'entorn que únicament afectaran a l'estat dels animals i, conseqüentment als índexs tècnics. La incidència d'aquests factors s'haurà de considerar en el model biològic. Finalment, en el darrer apartat s'exposaran els costos que han de participar en la funció objectiu relacionats amb els paràmetres de l'entorn i les variables del model biològic.

Pel model de decisió que s'està proposant, però, els paràmetres d'entorn seran entrades del model i d'algun d'ells es podrà decidir sobre el seu valor. No obstant, caldrà tenir-los en compte perquè són restriccions de la solució final. Aquestes condicions d'entorn influiran en el model de decisió en tres vessants: en l'estructura de la solució; en la influència sobre el model biològic; i en la participació en la funció objectiu

4.4.1 Factors de Maneig de l'explotació

Quan s'estudia la fase d'engreixament de forma aïllada només cal tenir present que es parteix d'un lot de garrins. L'origen d'aquest garrins dependrà si l'explotació forma part d'un cicle tancat o bé són adquirits en granges reproductores. Kure en el seu estudi es qüestiona les situacions quan l'aprovisionament de garrins és incert i no és constant (Kure, 1997).

El factor clau del maneig dels animals engreixats és el que s'anomena "tot dins – tot fora". En aquest sistema la data de finalització de l'engreixament és única per tot el grup d'animals. Després es procedeix a la neteja de la instal·lació, anomenat buidatge sanitari, que sol durar 10 dies, i tot seguit s'omplen les instal·lacions de nou amb un nou lot de garrins per iniciar el seu engreixament.

L'inconvenient sorgeix quan la variabilitat dels pesos del lot sortint és molt gran, aleshores el preu de venda és penalitzat pel fet que el productor s'ha sortit molt dels marges de pesos marcats per l'escorxador. El productor, doncs, necessita cercar estratègies per poder enviar els porcs amb rangs de pesos més ajustats a la demanda.

L'estratègia alternativa més freqüent és el maneig dels animals per grups dins del mateix lot amb la idea de possibilitar l'enviament en dues o més etapes. L'increment de maneig, que abans es feia tot d'una sola vegada, hauria de quedar compensat pels incentius de vendre els animals en uns marges de pesos més valoritzats. Un cop finalitzat l'enviament dels últims animals es procedeix al buidatge sanitari de la mateixa manera que a l'anterior sistema. A la Figura 4.4 s'esquematitza les dues estratègies alternatives.

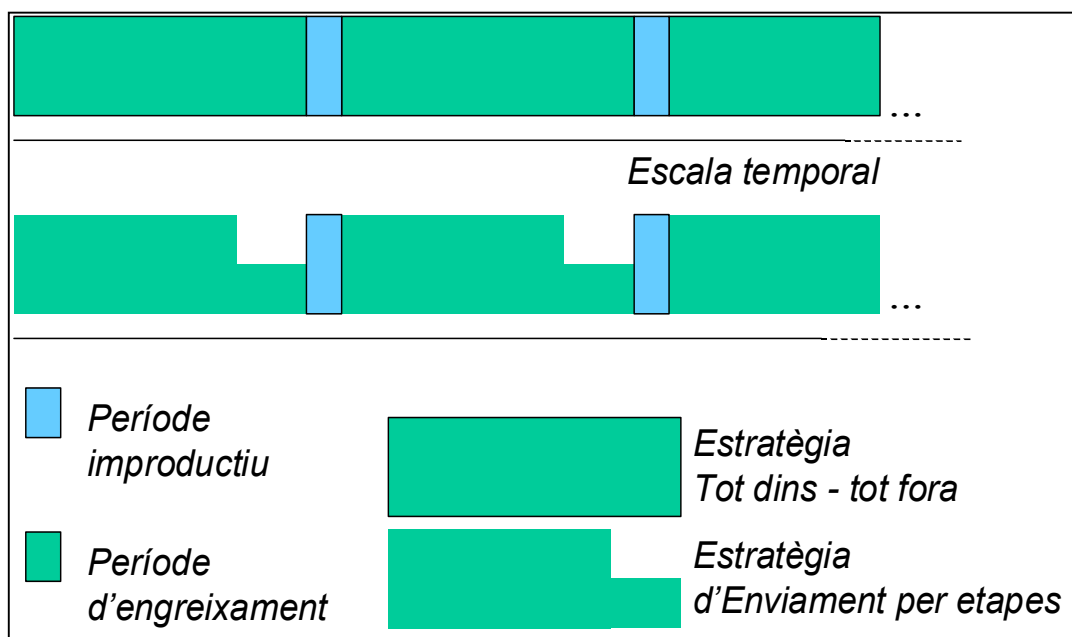


Figura 4.4: Esquema representant les dues estratègies alternatives: Tot dins – tot fora i Enviament per etapes.

Els factors a considerar quan es parla del maneig de lots serien: la mida, el fet de que el lot sigui el més homogeni possible d'edat i pes i que tingui el menor nombre de procedències originals possible (ideal que fossin de la mateixa camada) i finalment el fet que els animals siguin del mateix sexe.

Quant a l'estructura de la solució els condicionants que pot plantejar el maneig són els referents als grups d'enviament. Els dos condicionants que s'han considerat són el percentatge mínim d'animals que ha de formar part d'un grup i el número màxim de grups que es pot fer d'un lot. Ambdós estaran relacionats amb la mida del lot, la facilitat de transport de l'explotació i d'altres paràmetres d'entorn.

4.4.2 Factors d'Ambient de l'explotació

La dificultat de modelització dels factors ambientals és una tasca difícil degut al gran nombre d'interaccions entre ells (Knap, 1999). Les condicions òptimes d'aquests factors queden fora de l'objectiu de la present tesi, però pel model de decisió la seva influència queda entre l'àmbit tècnic – biològic i l'àmbit de l'entorn productiu.

En el model que es desenvolupa, s'ha de tingut en compte que l'àmbit tècnic – biològic caracteritza l'estat dels animals en les condicions d'entorn fixades. Ara bé, a l'àmbit de l'entorn de producció correspon controlar les condicions més adients per tal que els animals puguin desenvolupar tot el seu potencial.

El tractament d'aquests paràmetres queden fora de l'abast d'aquesta tesi, però no es vol deixar de fer esment perquè la seva participació en el model de decisió quedarà reflectida en els costos que es veuran en el següent apartat.

Des de l'1 de gener de 1998 aquest existeix una normativa de la Generalitat de Catalunya [Departament d'Agricultura, 1997 #170] que condiona molts dels aspectes que a continuació es detallaran. Els factors de l'ambient de l'explotació s'han catalogat en quatre categories : allotjament, medi ambient, alimentació i sanitat (Buxadé, 1984; ITP, 1997).

El disseny de l'allotjament s'ha de basar en voler assolir els millors índexs tècnics, l'homogeneïtat dels lots i la facilitat de treball. Per aconseguir els objectius perseguits per l'allotjament es pot actuar en tres direccions: la climatització de les naus pel que fa a la ventilació i el control automàtic de la temperatura, la longitud de les menjadores per a que tots els animals puguin menjar alhora i la facilitat en la retirada dels purins i l'alimentació automàtica o semi – automàtica.

Les condicions del medi de les quals cal tenir mesura són les referides als cinc aspectes següents : les normes bàsiques de ventilació, a les temperatures, la humitat, la densitat i molt especialment el tractament de les aigües per l'impacte dels purins.

Cal assenyalar que en els darrers anys ha crescut la importància dels aspectes relacionats amb la preservació del medi ambient (creixement sostenible) i amb el benestar animal (Ouden, Nijsing et al., 1997). Per altra part la concentració excessiva d'explotacions porcines en certes zones fa que aquests aspectes passin a ser els determinants d'aquesta fase del procés de producció porcina.

Els objectius que es persegueixen amb la ventilació de la nau són quatre: conservar la composició normal de l'aire a l'interior; eliminar els gasos tòxics; mantenir els nivells de temperatura i humitat relativa; i, finalment, reduir la pudor i l'aparició de malalties. La quantitat d'aire que s'ha de renovar és funció de la temperatura, del pes dels animals, de la velocitat de l'aire i del sistema de realitzar ventilació. Els sistemes de ventilació són dos: extreure l'aire de l'interior o introduir aire des de l'exterior (ROTI, 1999).

La temperatura juga un paper molt important en els rendiments de l'engreixament. Es treballa amb un rang que s'anomena "interval de comoditat tèrmica". Els efectes que produeix la variació de la temperatura en l'estat de l'animal no és sempre favorable en tots els aspectes. A temperatures baixes la qualitat de la canal millora, mentre que els índexs tècnics tendeixen a empitjorar. A un nivell alt de temperatures es redueix el guany mig diari i l'animal utilitza l'energia que ingereix per intentar efectuar la regulació de la temperatura.

Pel que fa a la il·luminació, és generalment acceptat que el millor són naus d'engreixament sumides en una penombra que faciliti la tranquil·litat dels animals.

La influència de la densitat d'animals dins de l'explotació sobre l'evolució de l'engreixament és molt important. La normativa que s'ha especificat obliga a un espai mínim per cada animal en funció del seu pes. Finalment el tractament de purins s'ha convertit en tema cabdal per força explotacions situades en zones on la concentració de granges és molt elevada.

La composició dels aliments influirà en l'evolució de l'estat del lot d'animals. La determinació de la composició de l'aliment correrà a càrrec d'un nutricionista que, a partir de les necessitats que cal que cobreixi l'animal, li confeccionarà el pinso. Aquesta composició pot perseguir diferents objectius: des de la minimització de costos, fins a la minimització de productes contaminants en les excrecions. Normalment l'alimentació serà diferent al llarg del període d'engreixament perquè les necessitats proteiques van variant en el decurs de l'engreixament.

El nivell sanitari dels animals és molt important. Es pot arribar a millores del 10 i 20 % en l'índex de conversió si es té cura d'aquest aspecte. Òbviament, dins d'aquest aspectes hi ha la dimensió lligada als índexs de mortalitat dels lots que influirà de forma important en l'augment del cost de producció.

4.4.3 Cost dels factors de l'entorn productiu

En aquest apartat es pretén classificar els costos que afecten a una granja d'engreixament porcí.

Quan es parla dels costos de la producció s'ha de tenir molt present que sovint es considera la producció porcina moderna com un tipus de producció econòmicament fràgil, per raons com ara poden ser (ITP, 1997): la gran importància de l'immobilitzat, la manca de garantia del preu i d'estabilitat en el mercat porcí i la gran importància dels consums atès que les compres formen el percentatge més gran del cost.

Anys enrera, per poder arribar a les condicions de producció més satisfactòries pel productor, s'havia pensat en buscar el mitjans per minimitzar els costos de producció. Actualment, aquesta idea s'està qüestionant i es treballa amb enfocaments orientats a assolir la producció òptima tenint en compte els ingressos esperats i establir els condicionants dels factors de producció. Ara bé sempre caldrà establir la viabilitat econòmica. De tota manera, el cost de producció del porcí ha anat disminuint al llarg dels anys gràcies a la millora assolida en productivitat tècnica degut a la racionalització dels mètodes de gestió d'explotació i la desaparició de les empreses amb pitjors rendiments.

En aquest apartat s'analitzen a continuació quins són els recursos econòmics que cal computar a la fase d'engreixament porcina. Aquests recursos estaran relacionats amb les variables del model tècnic - biològic i els factors d'ambient de l'explotació. La importància de cadascun d'ells és diferent. A la Taula 4.2 es pot observar l'escandall dels costos de producció en un centre d'engreixament representatiu de la mitjana segons l'institut tècnic porcí francès (ITP, 1997) i segons un seguiment que fa el Ministeri d'agricultura d'Ontàrio, zona reconeguda com a àrea de producció porcina (Yaceniuk, 1998; Yaceniuk, 2001).

L'objectiu d'aquest seguiment per servir de guia als productors per calcular el comportament dels costos de la seva granja en relació al que pot ser una explotació mitjana.

El primer que es pot observar és el fet que, com sol passar en aquest camp, els costos es poden imputar sota diferents formes. El que si estan d'acord els dos enfocaments és que el cost del garrí i el cost de l'alimentació són els més importants dins al fase d'engreixament porcí.

Segons Institute Tecníc Porcí (Francés)	
Concepte	Percentatges sobre total
Compra del garrí	40%
Alimentació del porc	40%
Amortització i despeses financeres	11%
Mà d'obra	4%
Altres despeses	5%

Segons el Ministeri de Manitoba	1998	2001
Compra del garrí	43.9%	41.9%
Alimentació del porc	41.5%	40.3%
Costos Variables	7.6%	9.7%
Costos Fixes	4.9%	5.6%
Mà d'obra	2.1%	2.5%

Taula 4.2 : Estructura indicativa del cost mig de producció en un centre d'engreixament. Font: ITP (ITP, 1997; Yacentiuk, 1998; Yacentiuk, 2001)

El primer que es tractarà, doncs, és la diferenciació entre costos fixes i costos variables. En una explotació es consideraran costos variables aquells que depenen del nombre de porcs que sigui capaç de tenir el centre i que es poden imputar directament a cada animal per separat.

Per altra part hi hauran un conjunt de costos que encara que la granja estigui buida, perquè s'està netejant o per alguna altra raó, s'hauran de continuar pagant. Com és habitual en molts àmbits de la gestió empresarial, pot haver-hi una certa controvèrsia en segons quins costos cal considerar fixes o variables (Muñoz, 1994).

Els **costos fixes** estaran molt relacionats amb les característiques de la granja. Primer de tot s'haurà de considerar si la granja ha estat fabricada de nou, porta uns anys de funcionament, el personal és fix o temporal. Entre d'altres es destaquen : el cost d'amortització, el d'administració, el de manteniment i reparacions, el de combustible i energia, els impostos i d'altres.

Cal destacar que alguns d'aquests costos seran dels que es poden relacionar amb el benestar de l'animal (Ouden, Nijsing et al., 1997). Serien aquells que es pot considerar que millorarien el comportament dels porcs dins de la granja com poden ser el tipus d'allotjament, densitat d'animals dins de la quadra, ventilació, il·luminació, espais lliures per sortir i d'altres.

Es desitja fer el tractament d'aquestes despeses com el d'un cost per animal i per dia d'estança a la granja, el qual s'ha anomenat **cost d'estança** (CE) i serà el resultat de la suma de tots els costos fixos d'un any, dividits pel nombre de dies i pel nombre d'animals presents a la granja a ple rendiment. Un dels avantatges de les granges de grans dimensions és l'aprofitament més racional de les instal·lacions (Losinger, Dalsted et al., 1999).

Aquest cost serà referit a cada animal sempre i quan es faci servir la instal·lació a ple rendiment. En el model que es planteja, però, es pot donar el cas que l'explotació estigui utilitzant els seus recursos fixos en una part del lot. Per poder reflectir aquest cas, quan s'imputi el cost d'estança a part del lot, caldrà dividir-lo pel percentatge d'animals presents a la explotació.

La resta dels costos considerats seran variables, perquè dependran del nombre d'animals presents a l'explotació i seran imputats directament a l'animal. En el nostre estudi, es definiran els **costos variables** (CV) els relacionats amb el garrí, l'alimentació i les despeses sanitàries.

El **cost del garrí** (CG) entrat anirà relacionat directament o indirecta amb les expectatives que s'espera de l'animal. Dependrà del pes i del tipus genètic entre d'altres.

El **cost de l'alimentació** (CA) està molt lligat al programa nutricional que segueixen els animals al llarg del període de l'engreixament. Normalment el programa consta de diferents fases on a les etapes inicials el pinso és molt ric en proteïnes i en les últimes fases no tant. No obstant, a nivell del model que s'ha desenvolupat, interessa saber la corba de consum de pinso i el preu (promig) de la formulació que s'ha establert, de tal manera que es pugui considerar el cost del pinso constant al llarg del temps.

El **cost sanitari** (CS) farà referència als costos dels serveis veterinaris. Cal diferenciar entre les vacunes que s'aplicaran normalment i es poden afegir com a cost dels garrí i les que són mesures veterinàries esporàdiques degudes a l'estat sanitari de la granja. Tenint aquest cost per separat permetrà esbrinar, si en un moment donat l'aplicació d'una mesura veterinària especial, representada per un augment d'aquest cost, pot ser més beneficiosa que no aplicar-la.

Paral·lelament es considerarà un cost, que s'ha anomenat **cost de risc** (CR) associat al garrí, a l'alimentació i al sanitari, és a dir, els costos variables. Aquest

cost representarà el fet de mantenir la inversió del garrí i esperar el període d'engreixament per recuperar els diners, per tant es podria parlar com d'un cost financer. Aquest seria la taxa d'interès multiplicada pel cost variable incorregut fins aquell moment.

Dins d'aquest cost s'imputarà el cost associat al risc de perdre l'animal. Per incloure **taxa de mortalitat** (TM) en el cost financer en funció del temps, s'ha fet el següent:

$$CV = CG + CA + CS$$

$$\text{Cost Financer}(t) = CV * i * t$$

On

CV és el cost variable imputat a cada animal

CG és el cost del garrí

CA és el cost de l'alimentació

CS és el cost sanitari

i és la taxa diària d'interès

t és el temps d'engreixament

El cost per afegir al cost financer és igual a TM (CV (1+ i * t), referit al cost de perdre l'animal si és mor. El cost correspon als diners invertits en aquell animal. La conclusió és que podem incloure la taxa de mortalitat en el cost financer i després es parla del cost de risc que resultaria ser:

$$CR (t) = CV * (TM/t + i(1 + TM)) * t = CV * i'(t) * t$$

On

i'(t) és una funció del temps que representa el risc on s'inclou el cost financer i el cost associat a la mortalitat.

En format de resum, a la Taula 4.3 s'observen els factors de producció relacionats i la tipologia de cost associat a ells. L'objectiu és representar tots els aspectes relacionats amb els factors externs que influeixen en el rendiment de l'animal en la funció econòmica que es vol optimitzar.

Cost	Tipologia	Factors de Producció associats
Cost d'Estança (CE)	PTES / DIA / LOT	L'allotjament, mà d'obra, manteniment, amortitzacions de

		les instal·lacions i de les màquines
Cost Garrí (CG)	Ptes / animal	Cost del garrí d'entrada
Cost de l'Alimentació (CA)	Ptes / kg pinso	Inclou el programa nutricional per fases
Cost Sanitari (CS)	Ptes / animal	Mesura sanitària especial
Cost de Risc (CR)	Ptes / animal	On inclourà el cost financer i el cost associat a la taxa de Mortalitat

Taula 4.3: Els costos associats als factors de Producció i que seran imputs del model de decisió.

Altres conceptes que s'han de considerar perquè afecten al costos de producció porcina són les despeses financeres derivades dels tractes que es tenen amb els proveïdors de pinso i garrins (Soler, Reixach et al., 1996). Aquestes es poden incloure en els costos variables respectius a fi de resultar més clara la seva imputació.

4.5 Àmbit de caracterització de la demanda

Per poder completar el model tècnic – econòmic de la fase d'engreixament porcí cal estudiar els beneficis esperats. La base del sistema de suport a la decisió està determinada per la funció que es pretén optimitzar. En el cas que ens ocupa es vol optimitzar la funció del benefici esperat en el maneig d'un lot d'animals. Aquesta funció dependrà directament dels ingressos que s'espera rebre dels animals que s'engreixen.

Per poder analitzar els ingressos, ens hem de remetre sobretot a una etapa de la cadena de producció de carn porcina analitzada en el capítol II: l'escorxador. Aquesta etapa és la que segueix de manera natural a la fase d'engreixament. No obstant, seguint les pautes de la gestió de la cadena de subministrament, serà necessari fer una pas més endavant cap a la següent fase de la cadena i integrar les necessitats dels industrials càrnics, de les grans superfícies, dels consumidors. El canvi d'estratègia implica que, si bé en la producció clàssica el mercat era considerat obert, sense gaire exigències, la tendència és la d'anar acotant la tipologia d'animals per portar a terme una comercialització enfocada en la "col·locació" del producte (McEwan, 2000; Serra, 2000).

L'escorxador, doncs, podrà fixar determinats condicionants en relació a la matèria primera que rep, de forma que valori a diferent preu diferents característiques dels animals. Això provocarà l'aparició de mercats amb demanda diferenciada on els productors podran destinar a diferent lloc els seus animals segons el potencial de les seves explotacions. Per caracterització de la demanda s'entén tot allò que faci referència a ítems que valori el client d'un escorxador. Per portar a terme la caracterització de la demanda s'analitzen a continuació dos aspectes: El criteris de la qualitat de la canal i la classificació de mercats de la carn porcina.

4.5.1 Criteris de Qualitat de la canal i de la carn

Els criteris de qualitat de la canal són les característiques dels animals que donaran més valor quan els animals siguin enviats a l'escorxador. Val a dir que no seran necessàries la seva consideració en tots els mercats que s'estudiaran. El concepte de qualitat de la canal inclou dos grans aspectes : per una part la qualitat de la canal pròpiament dita i per l'altra la qualitat de la carn (ITP, 1997)

4.5.1.1 Qualitat de la canal

Per la composició de la canal s'entendrà les característiques físiques de l'animal un cop s'han separat les vísceres. Les característiques que tenen major interès comercial són : el contingut de magre que pugui tenir l'animal, el pes de cada peça que conformi l'animal i la distribució del magre i de la grassa.

El valor del contingut de magre i de la proporció de les peces al llarg de la vida de l'animal serà determinat pel model biològic. El desenvolupament muscular després del naixement no és només una funció simple relacionada amb l'edat. El creixement de la fibra muscular pot estar influenciat també per altres factors, tal com, el programa de l'alimentació, la situació del muscle, l'activitat del muscle, la raça, el sexe, els factors ambientals, etc.

Els factors més importants i que seran els que es consideraran en el model biològic són el genotip i el sexe. La importància relativa entre els diferents teixits entre si, varia molt fortament en funció del genotip, i el sexe exerceix un efecte molt marcat sobre la composició tisular. Els mascles enters depositen menys grassa que els castrats i més grassa que les femelles. Així que les femelles són les que deposen més muscle seguit dels mascles sencers i dels castrats (Lumbreras, 1996).

Quant a d'altres paràmetres que es podrien considerar l'alimentació és el principal responsable de les modificacions de la composició corporal. En el porc una disminució de la relació proteïna/energia de la ració tendeix a la formació de teixit gras, mentre que un augment afavoreix la producció de la carn magra que és l'objectiu buscat. Per un mateix nivell d'alimentació una baixada de temperatura minora el creixement, afectant principalment a l'augment el dipòsit de greix.

Els criteris que afectaran de forma negativa al valor de la canal seran la mala conformació de l'animal i l'excés de grassa. Val a dir que a l'estat espanyol el percentatge d'animals amb un percentatge de magre més gran del 60 % ha passat del 2.7% al 1990 al 31.7% el 1997 (Diestre i Gispert, 1997).

4.5.1.2 Qualitat de la carn

Distingirem dos parts diferenciades: la qualitat del muscle i la qualitat de la grassa. En el primer apartat s'hi tindrà en compte cinc factors: la tendresa de la carn, el color, la capacitat de retenció de l'aigua, la textura, el percentatge de grassa intramuscular. Alteracions d'aquest paràmetres donarà lloc a característiques de la carn poc desitjables al consum de carn en fresc.

Pel que fa a la qualitat del greix es pot considerar la consistència, el color, la ubicació, el sabor... que influirà en la grassa tova i l'olor sexual (ITP, 1997). L'edat o el pes dels animals condicionen l'aparició de l'andosterona responsable de l'olor sexual desagradable per certs consumidors.

Les característiques de qualitat de la carn poden ser restriccions a l'hora d'acceptar l'enviament d'uns animals a un mercat (Font, Gispert et al., 1999). Un cas que s'ha estudiat és el de valorar genotips amb un greix intramuscular límit (Tibau, Soler et al., 1998).

4.5.2 La valoració dels animals en el moment de l'enviament

La valoració dels animals fa referència al preu que s'adquireixen els animals al final de la fase d'engreixament. En aquest treball es proposen tres possibilitats Actualment es venen els animals en base al criteri de pes en viu i en base al criteri de qualitat de la canal marcat pel percentatge de magre que té l'animal. Encara que el seu ús és corrent, s'observa una disminució d'aquest sistema de pagament però està sorgint amb força una tercera via per valorar els animals: segons el valor de les peces (Brorsen, Akridge et al., 1998). Aquest tercer mercat, però, estarà supeditat en la mesura que s'integrin les necessitats dels clients dels escorxadors.

La classificació dels mercats que s'han tingut en compte és:

- El mercat en viu
- El mercat venda en canal,
- El mercat dels components de la canal

De tota manera, els límits de la segmentació del mercat de la carn del porcí encara estan per determinar. Les exigències dels escorxadors, doncs, podran anar des de mides concretes per certes peces fins a la certificació que l'animal ha estat tractat sota unes condicions preestablertes (Carrasco i Ferradás, 1997).

4.5.2.1 Mercat en viu

És el model tradicional de vendre animals a l'escorxador. Només es considera el pes de l'animal i es fixa el preu en funció del pes de l'animal. Es marca un preu per un rang determinat i després s'afegeixen penalitzacions que fan baixar el preu quan el pes dels animals que es porten a l'escorxador s'allunyen del rang de pesos exigít per l'escorxador.

Sovint el genotip i el sexe marquen diferències en el preu però sempre existeixen les penalitzacions quan es surt del rang de pesos marcat per l'escorxadador.

En la consideració d'aquest mercat, el model biològic es simplifica molt perquè només cal considerar dues variables per definir l'estat del lot d'animals: el pes i el consum acumulat de pinso (amb les seves desviacions respectives).

4.5.2.2 Mercat de venda en canals

En el mercat de les canals sorgeix amb la necessitat de valorar d'altres factors a més a més que el pes de l'animal.

En els darrers anys s'ha experimentat un augment del percentatge de la carn magra i una disminució del contingut greixós en les canals. S'ha anat evidenciant la necessitat de poder valorar alguna de les característiques de qualitat que s'han esmentat anteriorment. En un primer moment va sorgir la classificació de les canals segons la seva conformació o forma externa de la canal. L'antiga graella de classificació per a canals porcines de la UE es mostra a la Taula 4.4.

Classe	Criteri per la classificació
AA	Canals molt conformades
A	Canals de bona conformació
B	Canals sense conformació
C	Canals de mala conformació

Taula 4.4: classificació de les canals segons conformació

Tot i que encara es fan servir en alguns mercats, van deixant lloc a una altra classificació basada en un criteri més objectiu com és el percentatge de magre de l'animal (Diestre i Gispert, 1997).

La UE des de l'1 de gener de 1989 exigeix a tots els seus estats membres la classificació de canals segons el percentatge de carn magre estimat de manera objectiva (Regulació CEE núm., 3220/84). Els principals objectius són permetre una comparació de preus entre mercats representatius i per una altra part afavorir el pagament justa als productors.

La classificació de canals que es proposa es va anomenar SEUROP. Els criteris – que es presenten a la Taula 4.5 – es basen en el percentatge de magre esperat dels animals. El percentatge és mesurat amb uns aparells homologats sota aquesta finalitat i seguint un procediment establert.

Classe	S	E	U	R	O	P
Rang de % de magre	60 ó més	55 a 59	50 a 54	45 a 49	40 a 44	40 ó menys

Taula 4.5: Classificació SEUROP. Font Regulació CEE núm. 3220/84

Si s'ajunten els dos criteris que s'han exposat fins els moment (pes i percentatge de magre) el resultat és una taula de preus que premia o penalitza els animals en funció de si estan en un determinat grup i, per altra banda, penalitza els animals el pes dels quals està fora del rang que marca l'escorxador. És a dir, intervenen dos factors per determinar el preu per quilo: el rang de pes exigít per l'escorxador i la classificació de qualitat de la canal.

En aquest sistema de valoració de l'animal cal afegir-hi una tercera variable que s'ha de tenir en compte: el rendiment de la canal : (pes viu – despulles)/ pes viu. Relaciona el pes viu de l'animal amb el pes de la canal.

Normalment el marca l'escorxador un cop els animals han estat sacrificats. Aquest és el factor que multiplica el pes viu de l'animal per saber la quantitat de carn de la qual l'escorxador podrà treure'n profit.

Una graella típica que combina el pes de la canal i el percentatge de magres es pot observar Taula 4.6. A partir del preu base (porc entre 70 i 74 Kg en pes de la canal i amb un percentatge de magre entre 50 i 54 (valoració U)) és possible cercar el preu de qualsevol combinació de la taula amb les penalitzacions i incentius corresponents respecte el preu base.

		Exigències de l'escorxador				
		-10	-5	Base	-5	-10
Classificació.	Valoració de la canal	62 - 65	66 - 69	Pes canal de l'escorxador (70 - 74)	75 - 78	79 - 82
	S	+12	+2	+7	+12	+7
E	+7	-3	+2	+7	+2	-3
U	Base	-10	-5	Preu base	-5	-10
R	-7	-17	-12	-7	-12	-17
O	-12	-22	-17	-12	-17	-22

Taula 4.6: Exemple de valoració de les canals en un escorxador.

Per poder avaluar l'impacte de lots diferents en aquest mercat, és necessari que el model biològic amplii l'estat del lot d'animals. El model haurà de considerar el

rendiment al sacrifici, el percentatge de magre i les altres característiques de qualitat que es vulguin tenir en compte.

4.5.2.3 Mercat considerant els productes finals

El tercer i últim mercat que es pretén modelitzar és el de valoritzar els animals en funció del valor independent de les seves peces. El preu en el mercat del pernil o de l'espatlla d'un porc és diferent del llom del mateix animal. Es pretén valorar els animals segons els productes que donaran en el despecejament.

Les canals més conformades tenen més proporció de parts nobles i tenen més valor econòmic un cop especejades. L'objectiu és poder valorar aquesta diferència calculant el valor de la canal a partir dels preus de les parts més nobles de l'animal.

Alguns estudis que s'han fet de sistemes de preus basats en el preu dels components posen de manifest que el sistema és més flexible que un sistema de graella i pot respondre més ràpidament a un canvi de preus de components en el mercat (Brorsen, Akridge et al., 1998). Si bé aquests sistemes són més acurats que els que només consideren el preu dependent dels pes, s'han trobat millores significatives respecte els sistemes *grid*. Els avantatges d'aquests mercats els trobem en les possibilitats dels productors de poder comparar diferents tipologies de mercats per buscar l'adequació més adient dels seus animals.

Per poder usar aquesta caracterització de la demanda, el model biològic haurà d'incorporar, com una variable més de l'estat de l'animal, les proporcions esperades de les parts més nobles de l'animal. Després el preu de venda de l'animal serà

$$\text{Preu venda canal} = \sum [\text{preu } (i) * \text{proporció } (i) * \text{pes canal}]$$

essent *i* les parts de l'animal.

L'objectiu de fer la caracterització dels mercats on poder enviar els animals és per tal de poder establir taules de preus per orientar la producció cap al tipus de canals més demanades.

Amb aquesta caracterització dels diferents mercats on es pot enviar els animals al finalitzar el seu període d'engreixament conclou la presentació dels tres àmbits que conformen el sistema de suport a la decisió que es presenta en el següent capítol.

5 Capítol 5. Formulació i Resolució del Model de Decisió

5.1 INTRODUCCIÓ

5.2 SITUACIÓ DE L'OPTIMITZACIÓ DE LA FASE D'ENGREIXAMENT PORCÍ.

5.2.1 ENTRADES DEL MODEL DE DECISIÓ

5.2.2 RESULTATS DEL MODEL

5.3 FORMULACIÓ MATEMÀTICA DEL MODEL BIOLÒGIC

5.4 ESTRUCTURA DEL PROBLEMA SOTA LA FORMULACIÓ DE PROGRAMACIÓ

DINÀMICA

5.4.1 DIVISIÓ DEL PROBLEMA EN ETAPES

5.4.2 ESTATS ASSOCIATS A CADA ETAPA

5.4.3 TRANSFORMACIÓ DE L'ESTAT DEL SISTEMA

5.4.4 PRINCIPI DE BELLMAN

5.4.5 FÓRMULA RECURSIVA

5.4.6 CONSIDERACIONS SOBRE LA DECISIÓ

5.5 DETERMINACIÓ DE LA FUNCIÓ ECONÒMICA DEL LOT D'ANIMALS

5.5.1 ASPECTES DE MANEIG

5.5.2 VALOR DE LA FUNCIÓ ECONÒMICA EN CADA ETAPA

5.5.3 FUNCIÓ OBJECTIU A OPTIMITZAR

5.6 ALGORISME DE RESOLUCIÓ

5.1 Introducció

En aquest capítol es pretén presentar les expressions matemàtiques que han de conformar el model descrit anteriorment. L'objectiu és buscar una eina per tal de poder integrar la informació que prové de la caracterització de la demanda a les decisions d'una granja on es dugui a terme la fase d'engreixament porcí. Aquesta eina ha de orientar al productor a assolir l'estratègia que optimitzi el valor del lot d'animals a la fase d'engreixament basant-se en criteris objectius.

Una vegada s'han analitzat els tres àmbits es tracta d'establir el marc matemàtic per poder resoldre el problema de l'enviament dels animals a l'escorxador sota l'òptica de la programació dinàmica. Per tal objectiu cal definir els estats i les etapes que componen el model i la funció que es pretén optimitzar que en el cas que es presenta és el marge net esperat per part del productor.

L'estructura del capítol té cinc parts diferenciades: En primer lloc la descripció de les entrades i els resultats o sortides del model. El conjunt d'entrades és la informació que necessita el model de decisió que s'ha desenvolupat. Aquesta informació ha de ser senzilla, buscant l'aplicabilitat i el sentit comú de les dades d'entrada i de fàcil accessibilitat per part del productor. Per l'altra part es descriuen les sortides que són el resultat del model de decisió desenvolupat. També cal que siguin senzilles i ràpidament aplicables a les situacions que es descriuen sota els condicionants marcats per l'entorn productiu.

En segon lloc es formularan les expressions matemàtiques que resulten del model biològic.

El tercer apartat és la caracterització dels problemes que es poden resoldre mitjançant la Programació Dinàmica. El que es pretén és descriure el problema que ens ocupa sota l'òptica de la Programació Dinàmica i d'aquesta manera poder aplicar l'algorisme de *Value Iteration* per poder solucionar el problema. Paral·lelament a la presentació de cada característica es descriu el marc que formaran les variables i paràmetres del model.

En el quart apartat es fa referència a la funció objectiu que s'optimitzarà. Es presenten dos casos: quan només es té present l'actual lot, i quan es té present la rotació de lots que hi haurà al llarg de l'any.

En el cinquè i últim apartat es desenvolupa l'aplicació algorísmica del *Value Iteration* que s'ha portat a terme en base a l'estructura que ha donat el model desenvolupat. Aquest algorisme està implementat en una aplicació informàtica que s'ha desenvolupat per poder resoldre els casos treballats que es descriuen en el següent capítol.

5.2 Situació de l'optimització de la fase d'engreixament porcí.

Dins del marc presentat en el capítol IV ens ubiquem davant la cerca de eines objectives per decidir el moment d'enviar un grup d'animals a l'escorxador. Com s'ha vist el model de decisió dependrà de tres àmbits : el tècnic - biològic, el de l'entorn productiu i el de la demanda.

Es pretén buscar l'optimització tècnic – econòmica de la fase d'engreixament porcí per tant la resolució del problema s'enfocarà sobre la gestió del grup d'animals – que també s'anomena lot – que s'està engreixant.

La situació és un grup d'animals que s'engreixa sota els condicionants dels paràmetres del model biològic. El model que suporta l'àmbit tècnic – biològic descriurà les diferents variables necessàries per la valoració a l'hora d'enviar els animals a l'escorxador. Amb les dades biològiques i els paràmetres d'entorn (on s'hi inclouen els econòmics) es podrà valorar econòmicament l'evolució dels costos del grup d'animals. Finalment, a partir de la valoració econòmica dels ingressos en funció del mercat on es vol enviar els animals, es podrà decidir el moment i l'estratègia d'enviament del lot d'animals.

No obstant, quan es parla de cercar el pes òptim de sacrifici dels animals, es planteja una disjuntiva depenent de l'òptica des d'on es mira. És generalment assumit que els productors prefereixen enviar al mercat animals més lleugers perquè els últims quilos de la fase d'engreixament són els més cars. Els escorxadors, per una altra banda, prefereixen els animals més pesats perquè esmorteixen el seu cost per quilo de carn processada. I existeix un tercer element : l'impacte sobre el medi ambient. Des del punt de vista del medi ambient es prefereixen períodes més curts perquè la generació de purins és proporcional a l'edat (Goldsmith, Pomar et al., 2000) ¹

En el cas que ens ocupa es cercarà la solució òptima des de la perspectiva del productor, però tenint en compte els condicionants imposats per l'escorxador o la sala de desfer marcats per la caracterització de la demanda.

5.2.1 Entrades del Model de Decisió

S'establiran, doncs, dos tipus d'entrada d'informació : els referents als paràmetres tècnic – biològics i els referents a l'entorn productiu, fent especial èmfasi als paràmetres econòmics i als paràmetres de gestió.

¹ La quantitat de purins generats pels animals en la fase d'engreixament són, a més, funció dels components bàsics que componen la dieta de l'alimentació (Bailleul, 1998)

5.2.1.1 Paràmetres biològics

Els paràmetres biològics són els factors que diferenciaran un lot d'animals d'un altre. En els treballs que s'han realitzat fins el moment s'han destacat el caràcter genètic del lot d'animals i el sexe. Val a insistir, però, que pot ser qualsevol factor que el seu efecte pugui ser aïllat de la resta i per tant sigui comú a tots els animals del lot (estat sanitari, presència de gens concrets).

El model biològic sobre el qual es treballa determina un seguit de variables a partir dels paràmetres biològics. Aquestes variables seran les que caldrà considerar per destacar les aptituds dels animals en els condicionants del mercat escollit. Han estat les descrites en el punt 3.4 del capítol IV i les més importants i significatives des del punt de vista de valor de les canals i costos de producció són el pes de les canals i el consum de pinso.

5.2.1.2 Paràmetres de l'entorn

Les entrades classificades com a paràmetres de l'entorn fan referència a aspectes externs del grup d'animals i són decisions preses a priori. Els factors medi – ambientals haguessin pogut estar inclosos en aquest apartat. No obstant, amb l'objectiu de centrar-se en el model de decisió, s'han considerat inclosos en el model biològic utilitzat. D'aquesta forma, quan es descriu el comportament biològic d'un lot s'entén que es conseqüència de la genètica i de l'entorn marcat per la temperatura, la il·luminació, la densitat d'animals i l'estat sanitari.

D'entre els paràmetres d'entorn considerats s'han separat en un primer grup els referents a la gestió de l'explotació i els purament econòmics. El primer grup de paràmetres dóna informació de quins són els condicionants que marca l'explotació per enviar els animals a l'escorxador: la conveniència de seguir una política d'enviament per etapes en contra de la política tot dins – tot fora, quants grups es poden fer d'un lot, quin és el número mínim d'animals per efectuar un enviament, quin és el període de buidatge sanitari, etc. Tot ells són factors que dependran de la política escollida per l'explotació i seran decisions preses a nivell tàctic. Per tant, seran considerades com a fixes en el model de decisió que es desenvolupa.

El segon grup inclouen els paràmetres que fan referència als factors econòmics. Seran els preus de mercat dels factors de producció que marcaran els costos de producció i els ingressos esperats en funció del mercat on es vulguin enviar els animals. Aquests paràmetres determinaran el valor del lot d'animals, i participaran en la funció objectiu a optimitzar.

5.2.2 Resultats del model

El resultat més important serà el valor econòmic que s'espera d'un lot d'animals. Aquesta serà la funció que s'optimitzarà en base a l'estratègia a seguir. Conseqüentment, el resultat que s'extreu en segon terme del model de decisió és l'estratègia d'enviament la totalitat del lot cap a l'escorxador. Aquesta estarà fortament condicionada pels paràmetres de gestió que han estat entrats en el model.

L'estratègia a seguir serà la determinació dels grups en què s'hauran d'agrupar els animals per fer els enviaments al llarg del temps de la fase d'engreixament. Es considera més aplicable des del punt de vista de gestió determinar el temps d'estada òptim dels animals en l'explotació enlloc del pes, perquè són poques les instal·lacions que pesen tots els animals per prendre aquesta decisió. Jorgensen (Jorgensen, 1996) ha demostrat la no justificació des del punt de vista econòmic, encara que ho justifica per criteris de detecció de malalties. En conseqüència es tractarà del període d'enviament o edat del grup enlloc del pes òptim de sacrifici, malgrat que ambdues variables estan fortament relacionades.

L'entrada, doncs, que serà clau per determinar l'estratègia serà la conveniència de dividir el grup d'animals per millorar els rendiments econòmics. L'objectiu que es busca amb la divisió és ajustar el pes dels animals enviats als rangs de pes òptims que els escorxadors estableixen a fi d'obtenir uns beneficis màxims per al productor.

5.3 Formulació matemàtica del model biològic

El model parteix de les mesures progressives del pes i del consum de pinso d'un cert nombre d'animals separats segons els criteris lògics que es desitgin valorar (sexes, tipus genètics, etc.). Es considera un lot bàsic d'animals entren a la fase d'engreixament amb una mitjana de 65 dies d'edat i un pes mitjà de 25 Kg de pes inicial.

La mesura seqüencial del consum individual dels animals allotjats en el grup (Sistema Automàtic de Control de l'Alimentació, IVOG Hokofarm ® B.V.), combinat amb el pes dels animals, fa possible l'obtenció i el posterior anàlisi de corbes de consum de pinso i creixement en funció de les edats dels animals.

S'han establert les equacions de predicció dels pes i consum acumulat (des de l'inici del control, a partir dels 65 dies de vida i un pes de 25 kg) en funció de l'edat i del paràmetre característic que tingui el lot (sexe, tipus genètic). Per descriure els valors de pesos i consum de pinso acumulats s'ha usat un model de regressió lineal sobre l'edat dels animals amb coeficients de regressió aleatoris, utilitzant el procediment MIXED (Littell, Milliken et al., 1996) basat en la teoria dels models mixtes. Aquest procediment permet obtenir els límits de confiança de les corbes mitjanes i descriure la desviació dels animals respecte la corba mitjana. (Puigvert, Soler et al., 2001)

A partir d'aquests models es poden realitzar simulacions estocàstiques que reflecteixen la població mitjana esperada i la seva dispersió. El model utilitzat ha estat el següent:

$$Y_{t,i} = a_n + A_i + (b_n + B_i)*t + (c_n + C_i)*t^2 + (d_n + D_i)*t^3 + \varepsilon_{t,i}$$

On

$Y_{t,i}$ és el pes o el consum acumulat de pinso a l'edat t per l'animal i

a_n, b_n, c_n, d_n són els paràmetres dels efectes fixes dels model

A_i, B_i, C_i, D_i són els paràmetres dels efectes aleatòries del model, que segueixen una distribució normal multivariada de la forma $N(0, V)$

$\varepsilon_{t,i}$ és el terme de l'error residual.

A part de les variables principals – que són el consum i el pes – es tenen un seguit de variables de qualitat de carn i de canal associades al pes dels animals. Entre aquestes es vol destacar el percentatge de magre, el rendiment al sacrifici i la proporció de les parts nobles. Aquestes variables seran les que permetran

establir diferències de valoració dels animals segons els diferents mercats on poder-los enviar.

5.4 Estructura del problema sota la formulació de Programació Dinàmica

Mitjançant l'aplicació de tècniques de resolució basades en la programació dinàmica (Hillier i Lieberman, 1991) es plantejarà la resolució del dilema de quan s'han de portar els animals cap a l'escorxador com un problema d'optimització. Alhora s'anirà donant estructura al problema a fi de poder-lo resoldre utilitzant l'algorisme del *Value Iteration* proposat per Bellman.

L'objectiu a resoldre és buscar l'estratègia que maximitza els beneficis de la comercialització de la totalitat dels porcs. El que es considera són els ingressos deguts a la venda dels animals i els costos deguts a la compra del garrí, a l'alimentació, a les cures sanitàries i a l'estança a la granja. Tots aquests costos depenen del temps i el cost de l'alimentació està condicionat a la corba de consum acumulat de pinso determinades pel model biològic.

Es pretén determinar l'estratègia òptima en funció dels paràmetres que caracteritzen el grup d'animals (paràmetres biològics), dels costos associats al seu manteniment durant el període d'engreixament (paràmetres econòmics) i de la caracterització de la demanda d'acord amb els àmbits exposats en el capítol anterior.

5.4.1 Divisió del problema en etapes

El problema es pot dividir en etapes; a cada etapa es requereix una decisió.

Pel cas que ens ocupa el problema comprèn tot el període d'engreixament del lot d'animals. Aquest període pot ser dividit en diferents etapes. La duració d'aquestes etapes dependrà del maneig de l'explotació i per tant serà una de les entrades enunciades anteriorment. Normalment aquest període serà, a efectes pràctics, una setmana. Certament el període que tindrà més interès pel problema que estem tractant serà des del primer dia que es pot enviar un porc del lot cap a l'escorxador fins el moment que és enviat el darrer animal del lot.

No obstant, degut a l'aplicació de l'algorisme, no és important determinar, a priori, el primer instant que es pot enviar un animal, perquè aquest instant està determinat per la resolució del model.

El que sí té vital importància és decidir el moment que segur que l'engreixament finalitzarà, encara que els animals no hagin arribat en les condicions desitjades. Aquest moment "final" pot ser determinat per dues raons: per no poder allargar l'estança dels animal o bé fixar una quantitat màxima de pinso que es vol donar a un animal. Aquests dos condicionants marcaran el temps màxim d'estada dels

animals a la fase d'engreixament i serà el punt de partida de l'algorisme de resolució.

En cada etapa, és a dir per cada setmana, es coneixerà quin és l'evolució del lot d'animals. La variable més rellevant per la decisió és la distribució dels pesos dels animals del lot en cada etapa. Aquesta distribució variarà per cadascuna d'elles. Aquesta informació està inclosa en el model biològic.

Conseqüentment, amb la inclusió dels paràmetres econòmics, en cada etapa es podrà conèixer el benefici que s'espera en aquell moment del lot d'animals. La decisió és plantejar-se d'enviar part o la totalitat dels animals cap a l'escorxador o retardar una setmana (una etapa) més el seu enviament. Aquesta decisió dependrà del valor que s'espera que tinguin els animals en la següent etapa i dels cost que suposarà continuar l'engreixament en les condicions de la granja.

Un cas particular del model que es planteja és quan l'explotació segueix una política de tot dins – tot fora. En aquest cas només es permet enviar la totalitat del lot. Per contra, l'explotació pot optar per enviar els animals en diferents grups per ajustar el pes dels animals enviats als rangs de pesos exigits pels escorxadors. Per tal d'incloure aquesta possibilitat, la **decisió** es concreta en el percentatge d'animals que són enviats a l'escorxador.

La restricció d'aquesta decisió serà el número d'animals mínim per enviar a l'escorxador que haurà d'haver estat determinat a priori pel maneig de l'explotació.

5.4.2 Estats associats a cada etapa

Cada etapa té un nombre d'estats associats a ella.

Un cop es té dividit el procés d'engreixament en les N etapes (setmanes), es pot passar a definir els estats que apareixen en cadascuna d'elles. En cada etapa es poden trobar diferents situacions. Cadascuna d'elles és representada per l'estat del sistema.

En el model que es desenvolupa, l'**estat** serà el percentatge d'animals que resten del lot inicial dins de l'engreixament i que encara no han estat enviats a l'escorxador. Els animals que resten en l'explotació en una determinada etapa seran enviats a l'escorxador en la present etapa o en la següent, depenent del valor que tinguin en aquest moment i el valor esperat que tindran en la següent etapa.

A partir de l'estat del lot en una etapa concreta és possible conèixer les variables biològiques associades a aquell estat : d'un grup és coneixerà la distribució

probabilista de pesos i el consum esperat del pinso que consumiran els animals. Alhora, en funció del pes es té la distribució de les variables de qualitat de carn i canal com són el percentatge de magre, el greix intramuscular i les proporcions de les parts nobles dels animals.

El nombre d'estats en cada etapa és constant i és inversament proporcional al percentatge d'animals que es pugui prendre la decisió d'enviar-los a l'escorxador separatament.

5.4.3 Transformació de l'estat del sistema

La decisió presa en qualsevol etapa indica com es transforma l'estat de l'etapa actual en l'estat de la següent etapa.

A cada etapa del procés d'engreixament el sistema estarà situat en un estat, depenent de l'estratègia que s'hagi escollit al llarg del temps. La solució del problema radica en prendre les decisions oportunes per anar passant pels estats adients en cada etapa que portin a la millor estratègia global possible.

Un dels factors que diferencien la programació dinàmica determinista i la programació dinàmica probabilista és la certesa de saber l'estat cap on es dirigeix el sistema quan una decisió és presa. Quan l'estat de la següent etapa és determinat, es tracta d'una situació de programació dinàmica determinista. Quan aquest estat no és determinat i depèn de l'evolució de la natura, es parla de programació dinàmica probabilista. Normalment s'associa una probabilitat a cadascun dels estats on és possible que es dirigeixi el sistema quan una decisió és presa i es calcula l'esperança per trobar-ne el valor esperat d'aquell estat.

Tanmateix, amb la definició d'estat escollida i la decisió presa sempre se sap amb certesa absoluta quin és l'estat en l'etapa següent. Això porta a la conclusió que s'està construint un model pel resoldre amb programació dinàmica determinista.

5.4.4 Principi de Bellman

Donat l'estat actual, la decisió òptima per a cadascuna de les etapes que resten no han de dependre dels estats prèviament assolits o de decisions que s'han pres anteriorment.

El Principi de Bellman (Bellman, 1957) és la base de l'algorisme que portarà a resoldre el model de decisió que s'està plantejant. A cada etapa s'ha de decidir quina acció s'ha de prendre en funció de l'estat en què estigui el sistema. La

decisió millor serà la que maximitzi el rendiment econòmic del grup d'animals. Aquest valor depèn de l'estat actual, de la decisió i de l'estat a la següent etapa. La conseqüència és que quan es prengui la decisió caldrà considerar el rendiment esperat a partir de la següent etapa, però no caldrà tenir en compte el que ha passat en etapes anteriors.

A cada estat de cada etapa es busca l'estratègia òptima per arribar al final (quedar-se amb el parc buit) amb aquell grup d'animals. Cada vegada s'inicia el problema de decisió a partir d'un grup d'animals amb unes característiques diferents. Les decisions posteriors a una etapa si que estaran determinades per l'estratègia òptima obtinguda amb l'aplicació de l'algorisme de resolució.

5.4.5 Fórmula recursiva

Si els estats del problema s'han classificat en una de les N etapes, existeix una fórmula recursiva que relacioni el cost o la recompensa obtinguda durant les etapes $t, t+1, \dots, N$ amb el cost o recompensa de $t+1, t+2, \dots, N$

Per tal de poder passar a la formulació matemàtica, definim la nomenclatura que es farà servir. Sigui $S(i,t)$ l'estat i en l'etapa t ; $A(i,t)$ la decisió presa en l'estat i de l'etapa t .

L'estat j de l'etapa $t+1$ [$S(j,t+1)$] serà l'estat i de l'etapa t [$S(i,t)$] menys els que s'enviïn a l'escorxador durant l'etapa t [$A(i,t)$] – tal com mostra la Figura 5.1. Una característica que relaciona les decisions i els estats, és que no es poden prendre totes les decisions en tots els estats: per exemple no es podrà decidir enviar el 75% dels animals a l'escorxador en l'estat que determina que queden el 50% dels animals.

La fórmula recursiva relaciona el que es pretén guanyar amb la decisió que es pren a cada etapa i l'estat de la següent etapa. Aquesta funció determinarà el rendiment econòmic esperat del grup d'animals que estiguin en la fase d'engreixament i dependrà de les decisions que es vagin prenent al llarg de les successives etapes. És per això que la funció recurrent té dues parts diferenciades:

- a) la part que fa referència a la decisió presa en l'estat de l'etapa actual [$VE_t(S(i), A(i))$]
- b) la part referent a l'estat en que es transforma en la següent etapa el sistema degut a la decisió presa [$f_{t+1}[S(j)]$].

$$f_t [S(i)] = VE_t(S(i), A(i)) + f_{t+1} [S(j)]$$

si $t < N$

$$f_t [S(i)] = VE_t(S(i), A(i)) ; A(i) = S(i)$$

si $t = N$

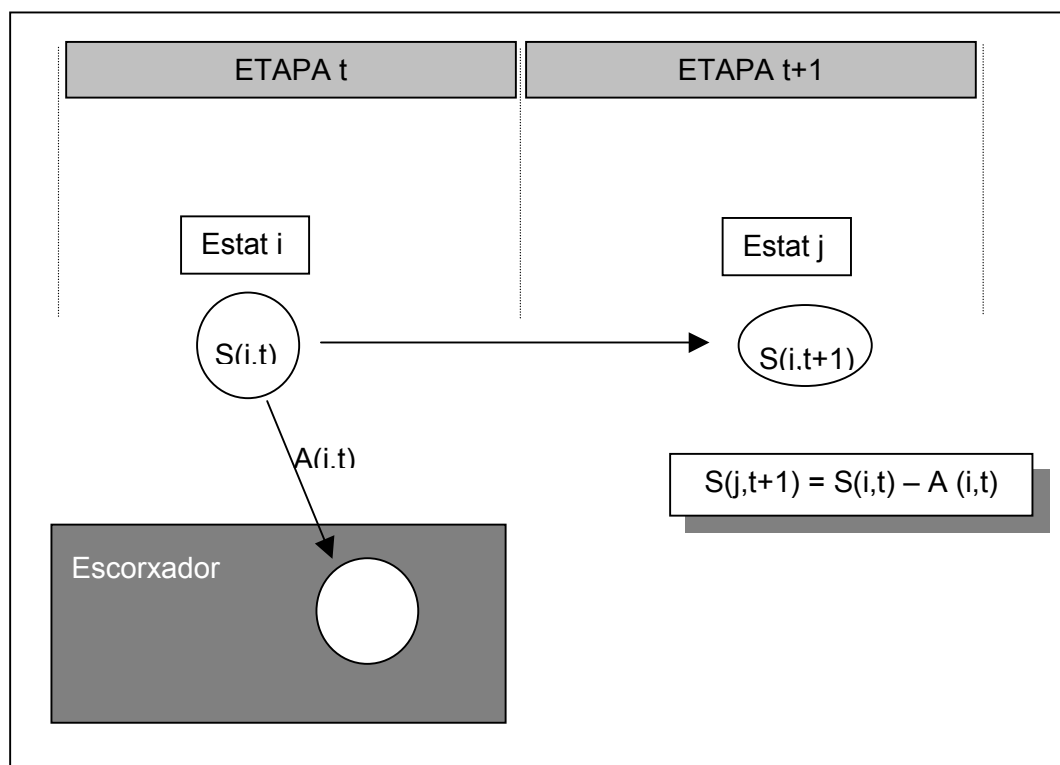


Figura 5.1 : Esquema de l'acció presa en l'estat i de l'etapa t que porta a l'estat j de l'etapa t+1.

Aquesta funció depèn de l'acció presa $[A(i)]$ en dues vessants : marca quin és el guany esperat d'enviar la part dels animals $[A(i)]$ a l'escorxador i indica quin és l'estat de la següent etapa $[S(j) = S(i) - A(i)]$. Degut a que es vol maximitzar el rendiment del productor caldrà escollir l'acció que maximitzi la $f [S(i)]$, la qual passarà a ser $f^*[S(i)]$. Així doncs,

$$f^*_t [S(i)] = \text{Max}_{\forall A(i)} \{ VE_t(S(i), A(i)) + f^*_{t+1} [S(j)] \}$$

Pel principi de Bellman, a partir de l'etapa $t+1$ la funció ja és òptima, i com a tal es denota $f_{t+1}^*[S(j)]$.

De la forma que s'han definit els estats i les accions, es tenen dos condicionals addicionals : Com a màxim es podran enviar els animals que restin del lot, i en l'última etapa s'hauran d'enviar tots els animals que restin en l'explotació. La formulació matemàtica de les condicions és la següent,

$$\begin{aligned} A(i) &\leq S(i) & \text{si} & \quad 1 \leq t < N \\ A(i) &= S(i) & \text{si} & \quad t = N \end{aligned}$$

5.4.6 Consideracions sobre la decisió

La decisió es basa en un model biològic que representa, en cada etapa, el grup d'animals distribuïts segons una corba normal. El que se n'obtindrà és maximitzar el rendiment econòmic que es pot obtenir d'un lot d'animals juntament amb l'estratègia a seguir. L'estratègia es defineix en base al percentatge d'animals que s'haurien d'enviar a l'escorxador en cada etapa.

Altres models estableixen la decisió d'enviar els animals a l'escorxador en funció si sobrepassen un cert pes llindar (Jorgensen, 1993). En el model que es presenta, però, s'ha preferit establir el moment òptim d'enviar un percentatge dels animals del lot. Aquest fet es justifica per dues raons : per l'aplicabilitat del model i per què el pes òptim de sacrifici no és el mateix per a tots els animals del lot. El pes òptim dels animals que creixen més ràpidament no té perquè ser igual que els animals amb pitjor índex de conversió (Castro, 1999).

No obstant, el pes òptim de sacrifici i el moment en què s'envia part dels animals a l'escorxador estan fortament relacionats degut a què el model biològic determina la població d'animals esperada dins una distribució normal. Un cop definit el percentatge del lot que és enviat a l'escorxador, és possible calcular quin és el pes a partir del qual els animals són lliurats. Per tant, amb el model present s'està determinant de forma indirecta un pes llindar a partir del qual s'envien els animals a l'escorxador en una etapa concreta.

En la pràctica, s'utilitzarà com a criteri el percentatge del total d'animals amb més pes que restin a l'explotació enlloc d'un pes llindar a fi de reduir la complexitat del model.

En conseqüència les decisions afecten a un percentatge d'animals i com que el lot es tracta de forma discreta s'estableix una **unitat de decisió** o el mínim percentatge del total del lot d'animals sobre el qual es podrà decidir com un sol grup.

5.5 Determinació de la Funció Econòmica del lot d'animals

Dins el marc de la programació dinàmica es pretén establir la funció objectiu que correspon al valor econòmic esperat dels animals d'una explotació d'engreixament porcina que dependrà de l'estat del sistema $[S_t(i)]$ i de l'acció que es prengui $[A_t(i)]$ en l'etapa t . No obstant, abans de formular la funció objectiu es volen presentar les hipòtesis en què es basa el model de decisió i que permetran estimar les esperances matemàtiques del valor econòmic del lot d'animals.

5.5.1 Aspectes de maneig

En cada etapa es coneix el pes mitjà dels animals presents a l'explotació i la desviació d'aquests pesos distribuïts segons una funció probabilista normal. S'ha assumit que la decisió que s'ha de prendre en cada etapa és determinar quin percentatge d'animals és enviat a l'escorxador. Ha quedat fora de l'àmbit d'aquest estudi el problema de l'elecció "real" dels animals en l'explotació. Es parteix de l'assumpció que els animals que seran enviats a l'escorxador s'escolliran (de forma perfecta) els de pes més elevat.

Segons aquesta assumpció (Figura 5.2) els animals que quedaran per la següent etapa es distribuïran segons una **normal truncada** just en el percentatge d'animals que han estat enviats a l'escorxador.

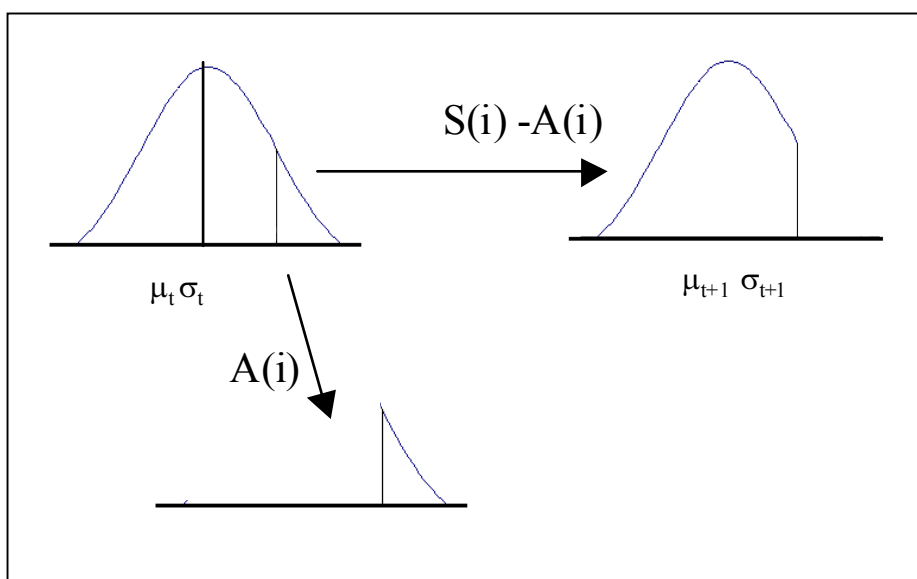


Figura 5.2 : Afectació de la decisió $A(i)$ de l'estat $S(i)$ sobre el comportament del lot en la següent etapa.

Amb aquesta nova distribució és possible continuar coneixent les probabilitats associades a cada pes per cada estat a partir del pes mitjà dels porcs de l'explotació i la seva desviació de cada etapa

Estudis realitzats per altres autors (Jorgensen, 1996) posen de manifest que el reconeixement visual del pes del porc té una precisió prou elevada com per desestimar, per culpa del cost, les estacions de control de pes automàtiques. Ara bé en el mateix estudi demostra el major rendiment econòmic quan es té en compte el pes dels animals per prendre la decisió d'enviar animals a l'escorxador.

5.5.2 Valor de la funció econòmica en cada etapa

El valor econòmic de cada etapa dependrà de l'estat en què es trobi el sistema i la decisió que es prengui. L'estat determina el percentatge d'animals que resten a l'explotació i l'acció el percentatge d'animals que s'enviaran a l'escorxador en aquella etapa. L'estat a l'etapa següent serà l'estat menys l'acció. La funció econòmica tindrà, doncs, dues parts diferenciades:

$$VE_t [S(i), A(i)] = VEE_t [S(i), A(i)] - CCE_t [S(i)]$$

On,

$VE_t [S(i), A(i)]$ és el valor de prendre la decisió $A(i)$ en l'estat $S(i)$ en l'etapa t

$VEE_t [S(i), A(i)]$ és el valor esperat dels animals que s'envien a l'escorxador – corresponen als animals que es distribueixen des de $S_t[i] - A_t[i]$ fins a $S_t[i]$,

$CCE_t [S(i)]$ és el cost d'haver continuat l'engreixament una setmana més amb els animals que restaven a l'explotació – que són els animals que es distribueixen des de 0 fins a $S_t[i]$.

5.5.2.1 *Valor esperat dels animals enviats a l'escorxador*

El valor esperat dels animals enviats a l'escorxador ha de tenir en compte els ingressos i tots els costos que es poden imputar a l'animal de forma individual. Per determinar VEE_t es partirà del marge (ingressos – costos variables) que s'espera obtenir d'un animal en funció del temps, del pinso consumit i del pes.

Com s'ha exposat en el capítol anterior, els preus de venda dels animals no són constants per tots els pesos. Així doncs, el primer que caldrà és definir les "categories" d'animals en funció del pes i cadascuna d'elles tindrà un marge

econòmic associat. Per cada categoria (k) i per cada etapa (t) es podrà calcular el **marge net** que s'espera d'un animal a la categoria k . Això és:

$$MARGE(k, t) = PES(k) * preu(k) - COSTOS(t)$$

On,

$PES(k)$ serà el pes representatiu de la categoria k .

$preu(k)$ serà el preu que està disposat a pagar el mercat que s'esculli pels animals de la categoria k . Val a dir que aquest preu pot dependre d'altres variables biològiques com són el percentatge de magre o la proporció de les peces nobles.

$COSTOS(t)$ són els costos variables imputables a l'animal.

Els costos que es poden imputar a un animal són el cost garrí, el cost de l'alimentació, el cost sanitari i el cost de risc². Tots els factors, a excepció del preu de compra del garrí i del cost sanitari, són funció del temps.

$$COSTOS(t) = CG + CA(t) + CS + CR(t, i, TM)$$

On

CG és el cost del garrí

$CA(t)$ és el cost de l'alimentació que es calcularà com el pinso consumit per un animal (PC) multiplicat pel cost mitjà de cadascun dels tipus de pinso que ha consumit (CPM); $CA(t) = PC * CPM$

CS és el cost sanitari

$CR(t, i, TM)$ és el cost del risc que depèn de l'interès d'oportunitat, i de l'índex de mortalitat.

A partir del càlcul del marge per cada categoria es podrà conèixer el valor esperat (sense comptar el cost de l'estança) d'un grup d'animals en una etapa concreta sempre i quan es coneguin els límits inferior i superior que marquen el grup en qüestió. Per cada etapa, es coneixerà la probabilitat de trobar animals que pertanyin a cada categoria i permetrà calcular l'esperança matemàtica que permetrà saber el marge econòmic esperat del lot d'animals.

² En el càlcul del cost del risc exposat en el capítol anterior s'ha incorporat el cost financer de la inversió en el garrí i en el pinso i el risc associat a la taxa de mortalitat.

Així serà:

$$\text{VALOR_LOT}(p1;p2) = \sum_{p1}^{p2} \text{MARGE}(k,t) * \text{Probabilitat}(k,t)$$

On

$p1$ i $p2$ són els percentatge que marquen, respectivament, el límit inferior i superior del grup d'animals a valorar.

$\text{MARGE}(k,t)$ és el marge net esperat d'un animal de la categoria k en l'etapa t

$\text{Probabilitat}(k,t)$, és la probabilitat de trobar animals de la categoria k en l'etapa t

En el moment d'enviar part del lot d'animals a l'escorxador, l'únic que cal considerar són els límits que marcaran el grup d'animals. Aquests límits seran determinats per l'estat en què es trobi el lot en l'etapa t [$S_t(i)$] i l'acció que s'hagi pres [$A_t(i)$], tal com mostra la Figura 5.3.

El valor dels animals enviats a l'escorxador serà:

$$\text{VEE}_t [S(i), A(i)] = \text{VALOR_LOT} (S_t(i) - A_t(i) ; S_t(i))$$

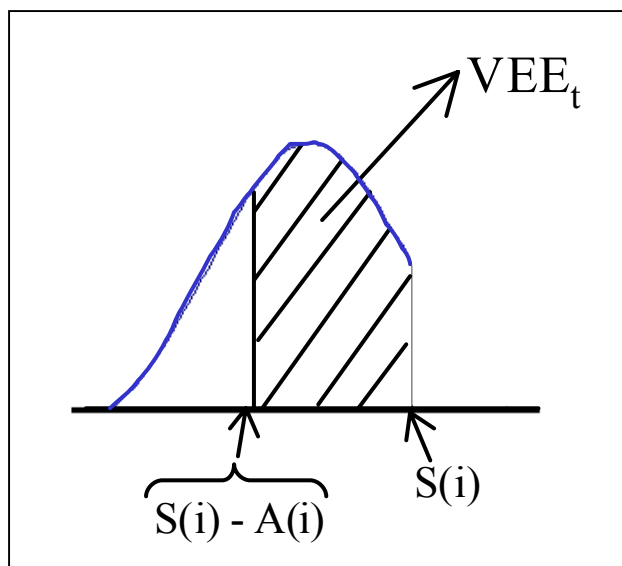


Figura 5.3: Distribució normal truncada per un enviament anterior que representa el lot d'animals en una etapa t . El Valor VEE_t abastarà des de $S(i)-A(i)$ fins a $S(i)$, essent $S(i)$ l'estat i $A(i)$ la decisió presa.

5.5.2.2 Cost de continuar l'engreixament

El cost de seguir l'engreixament implica el cost de mantenir les instal·lacions en funcionament i correspon al repartiment dels costos fixos al llarg del temps. Representa la caracterització dels condicionants econòmics de l'explotació on es porta a terme l'engreixament. Un alt cost del manteniment de l'explotació s'associaria a una explotació poc eficient, en la mesura que els costos fixos no estarien del tot aprofitats.

En principi la instal·lació estarà dimensionada per tenir allotjats un cert nombre d'animals, que corresponen a les places que disposa la instal·lació. Si l'explotació funciona a ple rendiment, és a dir, amb el total de places cobertes amb animals que realitzen l'engreixament, es tindria un cost estàndard que seria el que s'ha anomenat **cost d'estança**. Aquest estaria format pels costos fixos referents a l'explotació (el cost d'amortització de les instal·lacions i la maquinària, el cost del combustible i energia, el cost de la mà d'obra, el cost dels impostos i d'altres).

Quan es proposa seguir l'engreixament amb les instal·lacions parcialment ocupades perquè part del lot d'animals ja ha estat enviat cap a l'escorxador, aquest cost per animal ha de recalcular-se tenint en compte els animals que han abandonat l'explotació.

Si en l'etapa t es considera la totalitat del lot – és a dir $[S_t(i)] = 100\%$ – els cost de continuar l'engreixament (CCE_t) serà igual al cost d'estança per haver arribat fins a l'etapa t .

$$CCE_t [S(i)] = \frac{CE}{S(i)} + CE * (t - 1) = CE * t$$

si $[S_t(i)] = 100\%$

En canvi si no es té la totalitat del lot, només caldrà considerar el cost d'estança d'una sola etapa i aplicat als animals que restin, la qual cosa provocarà un augment del cost d'estança per animal.

$$CCE_t [S(i)] = \frac{CE}{S(i)}$$

si $[S_t(i)] < 100\%$

5.5.3 Funció Objectiu a Optimitzar

La funció recurrent que s'ha d'optimitzar és

$$f_t^* [S(i)] = \text{Max}_{A(i)} \{ VE_t (S(i), A(i)) + f_{t+1}^* [S(j)] \}$$

on

$f_t^* [S(i)]$ és el valor econòmic esperat òptim quan s'està a l'estat $S(i)$ en l'etapa t , havent pres la decisió $A(i)$.

$VE_t [S(i), A(i)]$ és el valor de prendre la decisió $A(i)$ en l'estat $S(i)$ en l'etapa t

$f_{t+1}^* [S(j)]$ és el valor òptim a partir de l'etapa present, que estarà determinat en un pas anterior de l'algorisme de resolució.

Aquest resultat només té en compte un sol període d'engreixament. El resultat que interessa és el de l'etapa t quan $S(i)$ és 100% i l'acció a prendre és mantenir tots els animals en l'explotació ($A(i) = 0$). El significat la funció recurrent és el

valor esperat de cada animal seguint l'estratègia marcada per les accions determinades per l'algorisme de resolució.

La solució que es troba és l'adequada si es considera cada lot de forma independent. Però, com ja s'ha explicat en l'apartat dels factors de maneig, després de l'enviament de la totalitat del lot de porcs, s'ha de deixar un període que s'anomena buidatge sanitari (que sol durar 10 dies) i seguidament s'omple l'explotació amb un altre lot d'animals engreixar.

En definitiva el productor vol optimitzar el benefici anual esperat tenint en compte el lot actual i els successius. Aquesta consideració obliga a definir una Funció Objectiu diferent de $f^* [S(i)]$ que tingui en compte l'etapa en què queda buida l'explotació i es pot iniciar el període sanitari que prepara la instal·lació per un nou lot d'animals a engreixar. A aquesta funció és Valor Anual Esperat.

La formulació és:

$$\text{Valor Anual Esperat} = \frac{f^* [S(i), T]}{T + \text{període sanitari}} \times 365$$

És el guany esperat durant un any engreixant lots (exactament iguals) un darrere l'altra. Per iguals s'entén les mateixes característiques biològiques i les mateixes condicions de mercat. En aquesta formulació queda més palès el cost que suposa no utilitzar tota la capacitat de l'explotació per engreixar el lot sencer.

Aquesta consideració obliga a incloure l'etapa en què es finalitzarà la totalitat del lot en l'estat del sistema, augmentant el nombre d'estats en cada etapa. Tot i així el model queda manejable des del punt de vista computacional.

5.6 Algorisme de Resolució

L'algorisme per resoldre el problema de decisió és una adaptació del plantejat per Bellman (Bellman, 1957) *Value Iteration*. De la forma que s'ha plantejat el model el nombre d'estats possibles en cada etapa és relativament petit i el nombre d'etapes és finit. Altres autors (Kristensen, 1994; Kure, 1995) han hagut de desenvolupar eines matemàtiques sofisticades per poder abordar els seus propis models.

En el nostre cas s'ha primat l'aplicabilitat del model en casos d'explotacions reals i un ús prou flexible per poder establir protocols d'avaluació d'un determinat lot d'animals en una granja concreta.

L'algorisme consisteix en cercar les decisions òptimes etapa per etapa iniciant la cerca des de l'etapa última del procés, que és on s'ha fixat l'estratègia a seguir. El desenvolupament de l'algorisme es presenta tot seguit i s'il·lustra amb la Figura 5.4.

La notació usada és :

Sigui

$t = 1, 2, \dots, N$ les etapes en que es divideix el període d'engreixament. N és l'última etapa possible de tenir buida l'explotació, que serà determinada a priori com a entrada del maneig

L'algorisme s'inicia, doncs, en l'etapa N . A partir de tots els possibles estats es determina el valor de la funció objectiu quan la decisió només pot ser enviar tots els animals restants cap a l'escorxador. En aquesta etapa la decisió òptima serà la única decisió possible: $A(i) = S(i)$. El valor de la funció econòmica serà

$$f_N^* [S(i)] = VE_N^* [S(i)] \text{ per cada estat.}$$

Els passos següents de l'algorisme són els mateixos fins que s'arriba a l'etapa on la decisió presa és no enviar cap animal a l'escorxador. La rutina consisteix recorre les etapes en ordre invers en el temps, és a dir, situar-se una etapa més endavant (més propera a l'inici) i per cada estat aplicar la llei de recurrència:

$$f_t^* [S(i)] = \text{Max}_{A(i)} \{ VE_t (S(i), A(i)) + f_{t+1}^* [S(j)] \}$$

Des de cada estat possible $S(i)$ de cada etapa $[t]$ cal examinar totes les possibles accions $A(i)$ considerant l'estat $S(j)$ de l'etapa següent $[t+1]$. Com que aquesta etapa ja haurà estat tractada, ja es coneixerà l'acció que caldrà prendre per l'estratègia òptima i, per tant, ja es tindrà el valor òptim.

L'algorisme acabarà per trobar la solució òptima quan arribi a una etapa en la qual la decisió és mantenir la totalitat d'animals quan resten la totalitat del lot.

L'aplicació de l'algorisme està supeditat a dos condicionants: El número màxim d'etapes que el productor està disposat a esperar per enviar el darrer animals cap al mercat (N) i el percentatge mínim d'animals que està disposat a enviar al mercat en diverses etapes ($A(i)$). S'ha cregut oportú deixar les etapes de set dies (una setmana) pel cas que es permeti fer més d'un grup.

El resultat de l'algorisme és el valor esperat dels animals presents en el lot en funció de l'última etapa que s'enviarà la resta del lot a l'escorxador. La informació rellevant serà el valor econòmic esperat del lot sencer $S(i) = 100\%$ en l'etapa que hagi finalitzat la resolució de l'algorisme. Paral·lelament es tindrà registrades les accions que ha decidit el sistema i que decidiran l'estratègia d'enviament òptima.

El darrer pas és escollir quina ha de ser la millor estratègia per maximitzar els beneficis esperats al llarg del temps, és a dir, escollir quina és la millor etapa per finalitzar l'engreixament, mitjançant la funció objectiu enunciada anteriorment. D'aquesta forma es tindrà per cada etapa quines són les decisions que s'han d'anar prenent per obtenir el màxim benefici de la fase d'engreixament porcí.

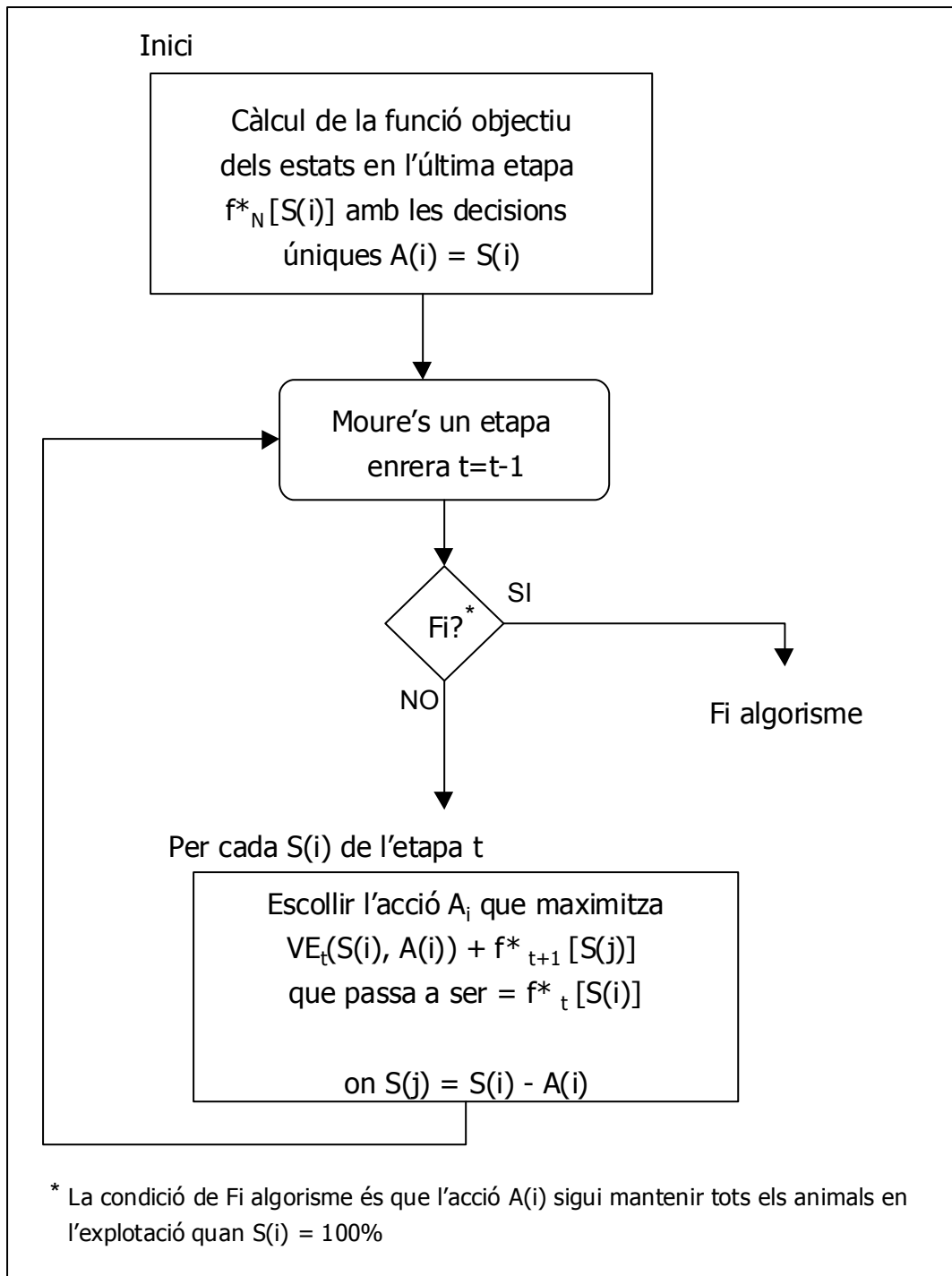


Figura 5.4 : Algorisme adaptat del Value Iteration.

6 Capítol 6. Aplicacions del Model. Resultats i conclusions

6.1 INTRODUCCIÓ

6.2 POTENCIALITAT DE L'EINA DE DECISIÓ

6.3 PARÀMETRES DE LES APLICACIONS

6.3.1 PARÀMETRES DE L'EXPLOTACIÓ

6.3.2 PARÀMETRES BIOLÒGICS

6.3.3 PARÀMETRES DE MERCAT

6.4 APLICACIONS DEL MODEL

6.4.1 APLICACIÓ PER DETERMINAR LA UTILITZACIÓ ÒPTIMA DE LÍNIES GENÈTIQUES EN ELS ENCREUAMENTS PER MERCATS OBJECTIU

6.4.2 APLICACIÓ PER COMPARAR EL PES ÒPTIM DE SACRIFICI I EL RESULTAT ECONÒMIC ESPERAT DE DIFERENTS ENCREUAMENTS EN UN SOL MERCAT.

6.4.3 APLICACIÓ PER COMPARAR EL COMPORTAMENT D'ANIMALS DE SEXES DIFERENTS EN DOS MERCATS.

6.4.4 APLICACIÓ PER AVALUAR LES DIFERÈNCIES ENTRE UNA RAÇA MATERNAL I UNA RAÇA CONFORMADA EN TRES MERCATS OBJECTIU DIFERENTS, TENINT EN COMPTE LA VARIABILITAT D'ANIMALS DINS DEL LOT.

6.4.5 APLICACIÓ PER PODER CONTRASTAR LES DIFERÈNCIES ECONÒMIQUES EN L'ESTRATÈGIA DE L'ENVIAMENT DELS ANIMALS.

6.1 Introducció

En aquest capítol es pretén mostrar la potencialitat i les aplicacions que s'han desenvolupat basades en el model creat de la fase d'engreixament del porcí. Totes elles són aplicacions que han estat fruit de projectes de recerca desenvolupats en el si del Centre de Control Porcí de Monells de l'IRTA.

En primer lloc es presentarà la potencialitat de l'eina que s'ha desenvolupat. En segon lloc s'especificaran i es concretaran els paràmetres que s'han considerat en cadascun dels àmbits. Finalment, en tercer lloc es presentaran les aplicacions que s'han desenvolupat per il·lustrar la utilitat del model. En total es presentaran cinc aplicacions.

Quatre dels casos de les aplicacions corresponen a sengles publicacions presentades en congressos i jornades. El cinquè és el que s'ha desenvolupat per incloure en els annexos del present treball doctoral.

Totes les conclusions a les que s'arriben en els casos plantejats són quantitatives. Per aquesta raó les conseqüències que es deriven de les conclusions estan supeditades als paràmetres productius i econòmics escollits.

6.2 Potencialitat de l'eina de decisió

La divisió del model en tres àmbits permet observar i poder quantificar les diferències econòmiques degudes a les variacions en els tres entorns. El sistema desenvolupat és capaç d'avaluar les conseqüències de variacions en les entrades del model. Aquest fet dóna lloc a poder portar a terme anàlisis de sensibilitat dels inputs que participen en el model.

En primer lloc en l'àmbit tècnic - biològic interessarà avaluar el comportament de diferents genotips davant un escenari concret. És a dir, davant de la demanda d'unes característiques tècniques concretes, plantejar-se quina variant genètica és la més adient. Un altre aspecte que permetrà la utilització del model de decisió és poder valorar econòmicament les diferències entre els sexes. Una de les raons que poden donar incentiu a aquest coneixement és buscar el mercat més convenient per a cada sexe. El darrer factor que es vol destacar és l'avaluació de la incidència de la variabilitat de pesos dins del lot. Es pot observar l'increment en els guanys esperats que suposa una reducció en la variabilitat dels pesos en el lot.

En segon lloc, dins l'àmbit de caracterització de la demanda es pot plantejar un altre ús del model de suport a la decisió. Com ja s'ha esposat en el capítol II, la tendència és introduir les exigències dels consumidors en les decisions que es prenen dins el sistema productiu (Barkema, 1993). Des del punt de vista del productor això voldria dir buscar nínxols de mercat on poder destinar el seu producte diferenciat i d'aquesta manera establir canals de distribució estables mitjançant la cooperació o coordinació vertical. Davant d'això cal una eina per tal d'avaluar les diferències econòmiques derivades d'un canvi de mercat on enviar els animals amb determinades característiques biològiques. La forma d'establir les diferències serà fixant els criteris que marca cada mercat. Aquests criteris determinen un preu de venda diferent en funció de les variables tècnic – biològiques. Val a dir que també es podrà avaluar les incidències de les variacions d'aquest preu de venda dins d'un mercat concret.

En tercer i últim lloc es vol presentar la potencialitat de l'eina quant a poder avaluar diferències en qüestions relacionades amb els factors de producció. L'estudi s'ha focalitzat en els paràmetres econòmics i els paràmetres de maneig dels animals en l'enviament. Altres paràmetres que haguessin pogut ser inclosos en aquest àmbit, com podrien ser els factors ambientals s'han inclòs en el model biològic. El model pot avaluar les diferències que impliquen una variació en els costos que s'han tingut en compte en la fase d'engreixament porcí. Aquests canvis afectaran al moment que serà més convenient enviar els animals a l'escorxador i, òbviament, al valor esperat d'aquests animals. Pel que fa als paràmetres de maneig s'ha considerat el fet de poder enviar els animals en diferents etapes en contra de l'estratègia "tot dins – tot fora" en la qual es fa tot

l'enviament en una sola etapa. Així, el model determina l'estratègia òptima d'enviament d'animals per etapes (indicant la manera com s'ha de dividir el grup) per obtenir el màxim benefici. D'aquesta forma s'està en disposició de poder avaluar les diferències econòmiques del canvi d'estratègia d'enviament. En aquest darrer punt s'ha de tenir en compte un seguit de condicionants addicionals de maneig com pot ser la capacitat del camió i sobretot el sobrecost que suposa realitzar diferents transports del lot d'animals.

6.3 Paràmetres de les aplicacions

El model ha estat implementat en una aplicació informàtica desenvolupada en un full de càlcul (Excel © 2000) i tot seguit es presentaran els resultats que s'han extret de l'estudi de quatre casos.

Tot seguit es donaran els paràmetres necessaris per utilitzar el model, si bé no han estat utilitzats tots en les aplicacions que es presentaran. Cadascuna es focalitza en un dels aspectes que és capaç de considerar l'eina que s'ha desenvolupat.

6.3.1 Paràmetres de l'explotació

Per una part es tenen els paràmetres de gestió i per l'altra els econòmics.

Quant els paràmetres de gestió, s'ha dividit tot el període d'engreixament en setmanes – marcant la separació entre etapes com han fet la majoria dels autors.

- El període màxim d'engreixament s'ha fixat en 17 setmanes.
- El buidatge sanitari que s'ha considerat un període de 10 dies.
- Quan existeix la possibilitat de fer grups del lot per dividir l'enviament dels animals cap a l'escorxador en diverses etapes, cal determinar la mida del grup mínima que es pot enviar independentment. Aquest valor s'ha considerat el 10% de la totalitat dels animals de l'explotació.

Els paràmetres econòmics que determinen l'explotació són :

- Cost del garrí
- Cost del pinso
- Cost sanitari
- Cost d'estança
- Cost del risc, basat en
 - o Percentatge d'interès
 - o Taxa mortalitat

6.3.2 Paràmetres biològics

Els engreixaments que s'han usat pels casos desenvolupats s'inicien amb l'edat de 70 dies i amb un pes mig inicial de 25 kg. Els lots estaran definits per dues variables: el genotip i el sexe.

Les dades que proporciona el model biològic, en base al genotip i al sexe són:

- L'evolució del creixement (el pes de la mitjana i la desviació estàndard de la funció normal que es distribueix el pes) del lot d'animals.
- El consum mitjà dels animal en funció de l'edat.
- El percentatge de magre esperat i la seva dispersió, en funció del pes de l'animal.
- El rendiment de la canal en funció del pes de l'animal
- La proporció de les peces nobles de l'animal en funció del pes.

6.3.3 Paràmetres de mercat

Els paràmetres de mercat faran referència als preus de venda dels animals en funció del mercat on s'enviïn. El que diferenciarà un mercat de l'altre és el fet de marcar el preu per kg d'un animal per cadascuna de les categories marcades pel model de decisió.

Les categories estan classificades pel pes de l'animal. El model de caracterització de la demanda marcarà el preu per kg de cada categoria dependent dels factors que valori aquell mercat.

6.3.3.1 Mercat en viu

Només es fixa el preu en funció del pes de l'animal. Es fixa un preu per un rang de pesos determinat i després s'apliquen penalitzacions quan el pes dels animals que es porten a l'escorxador s'allunyen del rang de pesos exigít. Per cada categoria se li assignarà el preu del rang al qual estigui assignat la categoria. També es podria utilitzar el preu en canal fent la conversió de pes en viu a pes en canal amb el factor del rendiment.

6.3.3.2 Mercat venda en canals

En aquest tipus de mercat intervenen dos factors a l'hora de ponderar el preu del kg de canal. Per una part es tindrà el pes, com el cas anterior, i per l'altra el percentatge de magre que classificarà l'animal en una classe. El preu de cada categoria estarà determinat pel rang de pesos i després s'aplicarà l'esperança matemàtica del preu de venda en funció de les probabilitats de trobar els animals en les classificacions SEUROP.

En aquest mercat és més lògic aplicar els pesos de canal enlloc de pesos en viu. La taula tipus aplicada als exemples d'aplicació es pot observar a la Taula 6.1.

La representació gràfica del sistema de preus es presenta a la Figura 6.1. Es pot observar que el sistema de preus és el mateix que l'anterior – penalitza quan s'allunya del rang desitjat per l'escorxador – però, a més, es tenen incentius a tenir canals amb més percentatge de magre (Classe S). El percentatge de magre de les canals depèn fortament de la variant genètica, per tant el preu de venda esperat serà presumiblement més alt en una variant genètica que en una altra per la mateixa categoria d'animals

	Exigències de l'escorxador				
Classificació. Valoració de la canal	-10	-5	Base	-5	-10
	62 - 65	66 - 69	Pes canal de l'escorxador (70 - 74)	75 - 78	79 - 82
S	+2	+7	+12	+7	+2
E	-3	+2	+7	+2	-3
U	-10	-5	Preu base	-5	-10
R	-17	-12	-7	-12	-17
O	-22	-17	-12	-17	-22

Taula 6.1: Valoració de les canals En el mercat en canals

6.3.3.3 Mercat de les peces comercials

El tercer i últim mercat que es pretén valorar és el dels animals segons els productes que donaran en el despecejament. Dependrà dels preus de les peces nobles de l'animal. El valor d'aquestes peces suposa el 80% del valor de la canal sencera. En aquest mercat es valorarà el preu de venda de cada part de l'animal de forma independent. El valor final de la canal dependrà, a més, de la proporció de la peça sobre el total de la canal. Aquesta proporció la marcarà el model biològic.

Les peces considerades per valorar la canal en aquest tercer mercat considerat són el pernil, l'espatlla i el llonzat. Amb la resta de l'animal caldrà posar un preu ponderat mig amb la resta de peces que es componen la canal : cap, ventresca, costella, magra, cansalada, peus, ossos i papada.

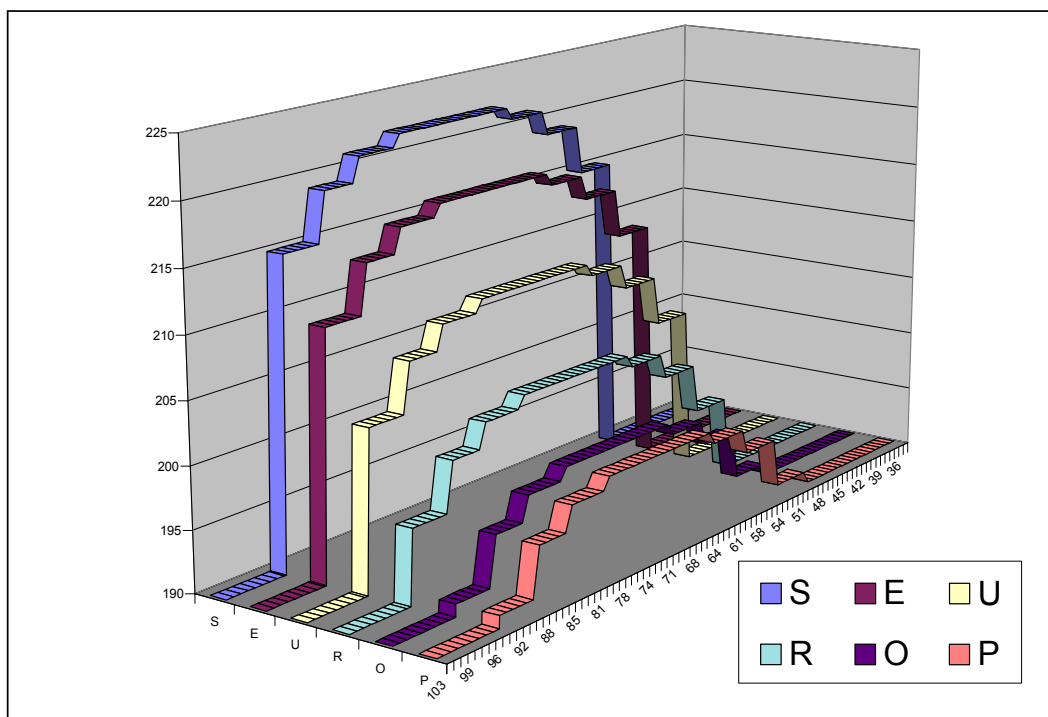


Figura 6.1 Representació dels preus de Mercat de Venda en canal

6.4 Aplicacions del model

Seguidament es presentaran quatre aplicacions que s'han desenvolupat del model en els darrers tres anys. Quatre de les aplicacions han estat objecte de publicacions en jornades i congressos i la cinquena ha estat desenvolupada per incloure-la en els annexos del present treball.

Amb aquestes aplicacions el que es pretén és deixar constància de les característiques que es volia que tingués el model en compte i que han estat destacades en l'apartat 3.5 Necessitats del model integrador.

A tall de recordatori, es relacionen de nou les característiques:

- a) La integració de variables biològiques i productives i la seva interacció amb els paràmetres de mercat i d'entorn en el marc d'un sistema de decisió específic de la fase d'engreixament porcí.
- b) Caracteritzar dins el model les diferents alternatives de mercat on comercialitzar els animals o les canals.
- c) Comparar resultats econòmics de diferents alternatives de producció en mercats determinats.
- d) Establir pesos òptims de sacrifici en funció de les característiques dels animals i les exigències del mercat.
- e) Determinar la influència sobre els resultats econòmics de considerar el benefici esperat per un animal considerant un sol engreixament versus el considerar els engreixaments successius d'un any.
- f) Avaluar estratègies d'enviament a l'escorxador en funció de l'evolució de pesos (i la seva dispersió) i característiques de les canals.
- g) Analitzar l'efecte, sobre els resultats econòmics, de la variabilitat intrínseca dels animals del lot en fase d'engreixament.
- h) Realitzar anàlisis de sensibilitat econòmica segons variacions en les paràmetres biològics, costos de producció i/o canvis en el preu de mercat.

En cadascuna de les aplicacions s'han incorporat les diferents característiques descrites. En la Taula 6.2 es presenten els punts que desenvolupa cada aplicació. Les aplicacions estan numerades segons els apartats on seran desenvolupats seguidament.

	Característiques que inclou cada aplicació							
	a	b	c	d	e	f	g	h
Aplicació 6.4.1	x	x	x	x				
Aplicació 6.4.2	x		x	x				
Aplicació 6.4.3	x		x	x	x			
Aplicació 6.4.4	x	x	x	x	x		x	
Aplicació 6.4.5	x			x	x	x	x	x

6.4.1 Aplicació del model per a la determinació de línies genètiques dels encreuaments en funció de mercats objectiu¹

6.4.1.1 Objectiu de l'aplicació

L'objectiu de l'aplicació era determinar quines són les línies genètiques que han de participar en els encreuaments dels animals que es vulguin enviar a mercats determinats. Es van considerar dos mercats de l'estat espanyol : el consum en fresc i el del pernil curat.

En aquesta aplicació no es va considerar la variabilitat del lot i només es va treballar amb el valor mig esperat del comportament d'un animal. La principal conseqüència d'això és que es determina un sol pes òptim de sacrifici, que correspon al determinat per l'animal mitjà del lot. Es va estudiar variables contínues en el temps en lloc de discretitzar les dades per setmanes.

Per a les línies genètiques més favorables es determinava el pes òptim de sacrifici de l'animal i quin era el guany esperat.

6.4.1.2 Material i mètode

La informació de les línies genètiques provenia d'un estudi realitzat amb 231 mascles sencers de quatre races pures (Large White, Landrace, Pietrain i Duroc). Les dades recollides de pes i consum de pinso de cada animal van servir per fer les corbes de creixement i alimentació que definien el comportament tècnic biològic dels animals. A més es van recollir les dades de rendiment de la canal, percentatge de magre, greix intramuscular i pes del pernil.

A partir d'aquestes dades de les races pures es van simular les dades tècnic – biològiques dels diferents encreuaments tenint el compte els efectes de l'heterosi i del sexe (castrat, femella i sencer). Es va imposar el límit de 105 kg de pes (en viu) pels mascles sencers degut a l'olor sexual que no els fa aptes pel consum.

Els mercats que es van considerar van ser :

¹ Treball presentat al 49è Congrés anual de l'Associació Europea de Producció Animal, Varsòvia, 24 – 27 d'Agost 1998 (Tibau et al, 1998)

- Mercat A: El de consum en fresc en el qual es valorava el màxim contingut de magre. Pel càlcul del preu de venda es considerava variacions en el preu en funció del pes i del percentatge de magre.
- Mercat B: El mercat d'animals destinats al pernil curat, en el qual s'exigia un mínim contingut de greix intramuscular (>2%) i uns límits en el pes del pernil (11 – 12.5 kg). A més s'han considerat dos casos:
 - o Mercat B1: Quan pel càlcul del preu de venda també es considerava una taula de preus basada en el percentatge de magre i el pes de la canal.
 - o Mercat B2: el càlcul del preu de venda només el marcava el pes.

Els costos de producció considerats van ser el garrí (4.200 ptes / garrí de 15 kg), el cost de manteniment (11,8 ptes / dia), el d'alimentació (32 ptes/kg pinso) i el cost financer (taxa interès 8%). Els preus de venda considerats eren 163 ptes/kg viu (207 ptes /kg canal) i variacions de 6 i 12 ptes /kg en funció del percentatge de magre i variacions de 5 i 10 ptes /kg en funció del pes de l'animal (segons una graella de preus) com l'exposada en la Taula 6.1

A partir les dades biològiques calculades a partir dels encreuaments i la participació dels costos de producció es podia treure els resultats sobre els encreuaments més convenients en funció dels mercats i la quantificació econòmica de les diferències.

6.4.1.3 Resultats

Els resultats obtinguts són els valors econòmics esperats del marge net per animal i marge net per kg de cadascuna de les combinacions simulades.

Pel Mercat A – els resultats del qual es presenten a la taula 6.2 – és clara la importància de la participació de la raça Pietrain que provoca que el percentatge de magre superi el 55% (essent encara superior quan el sexe és mascle sencer). Tots els sexes poden satisfer les exigències del mercat de consum en fresc però els mascles sencers i les femelles donen un 15% i un 10% més marge que els animals castrats. A més es pot observar que les truges Lw*Du i Ls*Du provoquen una reducció del 2 al 5% en el marge comparada amb el marge dels encreuament on participen les truges Lw*Ls. L'efecte del sexe és dues o tres vegades més important que el tipus de genotip.

Pel que fa al Mercat B, els animals destinats al pernil curat, els resultats s'exposen en la Taula 6.3 – quan es té en compte la percentatge de magre i el

pes per determinar el preu – i en la Taula 6.4 – quan no es considera el percentatge de magre.

La primera conclusió és que el pes de sacrifici òptim és, amb una edat similar, superior pels castrats (109 kg) que el de les femelles (105 kg). Queda palès doncs, que només els castrats i les femelles compleixen els requeriments del Mercat B. L'aplicació de la taula de preus que considera el percentatge de magre provoca una reducció del 8% en el marge net esperat òptim

Una conclusió important a nivell de selecció genètica és la constatació que tots els encreuaments amb un mínim de 50% de Duroc compleix els requeriments de producció de pernills curats de qualitat. Els animals castrats ingressen des de 18 a 25% més en marge net en el mercat B que els femelles.

Fent una comparació conjunta d'ambdós mercats, resulta més profitós – en les condicions imposades en les hipòtesis – produir encreuaments pel Mercat A. La castració dels mascles provoca un cost addicional degut a la reducció del valor de la canal. Aquesta conclusió implica que la indústria càrnia que es dedica a la producció de pernil curat hauria de pagar un preu més alt per la seva matèria primera i compensar d'aquesta manera als productors de pernills de qualitat.

Encreuament	Sexe	% magre	Pes òptim sacrifici	Edat dies	Marge net esperat ptes /animal	Marge net esperat ptes / kg
(Ls*Du)*Pi	M	56,96	96,75	160	2.713	28
	C	55,83	96,54	163	2.364	24
	F	54,19	94,65	157	2.522	27
(Lw*Du)*Pi	M	57,36	96,61	159	2.806	29
	C	56,22	96,41	162	2.376	25
	F	54,55	94,51	156	2.627	28
(Lw*Ls)*Pi	M	57,45	96,75	160	2.841	29
	C	56,31	96,51	163	2.480	26
	F	54,66	94,66	157	2.582	27
(Ls*Du)*Lw	M	53,18	98,04	151	2.451	25
	C	52,11	98,13	154	2.122	22
	F	50,60	96,45	149	2.298	24
(Lw*Ls)*Du	M	52,69	98,03	151	2.382	24
	C	51,63	98,12	154	2.060	21
	F	50,13	96,45	149	2.237	23
(Ls*Du)*Du	M	52,20	97,97	152	2.246	23
	C	51,16	98,00	155	1.913	20
	F	49,66	96,43	150	2.100	22
(Lw*Du)*Du	M	52,62	97,78	151	2.283	23
	C	51,56	97,84	154	1.951	20
	F	50,04	96,22	149	2.128	22
(Lw*Ls)*Lw	M	53,67	98,00	152	2.443	25
	C	52,59	98,04	155	2.105	21
	F	51,06	96,44	150	2.291	24
(Lw*Du)*Lw	M	53,56	98,57	152	2.448	25
	C	52,52	97,88	154	2.081	21
	F	50,98	96,22	149	2.255	23

Taula 6.2 : Resultats de l'aplicació presentada a Varsòvia – Mercat A. Lw = Large White, Ls = Landrace, Pi = Pietrain i Du = Duroc. S'han marcat els encreuaments que aporten màxim marge per animal.

Encreuament	Sexe	Pes pernil	Pes òptim sacrifici	Edat dies	Marge net esperat ptes /animal	Greix intramuscular en el pernil
(LsxDu)xDu	C	11,05	108,9	168	2.376	2,61
	F	11,03	105,8	167	2.019	2,12
(LwxDu)xDu	C	11,06	108,1	166	2.455	2,71
	F	11,04	105,1	165	2.084	2,19
(LwxLs)xDu	C	11,09	107,9	165	2.540	2,33
(LsxDu)xLw	C	11,22	107,9	165	2.588	2,06
(LwxDu)xLw	C	11,20	106,8	164	2.556	2,15

Taula 6.3: Resultats de l'aplicació presentada a Varsòvia – Mercat B1. Lw = Large White, Ls = Landrace, Pi = Pietrain i Du = Duroc. S'han marcat els encreuaments que aporten màxim marge per animal.

Encreuament	Sexe	Pes pernil	Pes òptim sacrifici	Edat dies	Marge net esperat ptes /animal	Greix intramuscular en el pernil
(LsxDu)xDu	C	11,12	108,5	169	2.721	2,62
	F	13,03	105,8	167	2.183	2,12
(LwxDu)xDu	C	11,13	108,7	167	2.748	2,72
	F	11,11	105,7	166	2.200	2,19
(LwxLs)xDu	C	11,12	109,1	167	2.840	2,35
(LsxDu)xLw	C	11,29	108,5	166	2.838	2,07
(LwxDu)xLw	C	11,27	107,4	165	2.752	2,16

Taula 6.4 : Resultats de l'aplicació presentada a Varsòvia – Mercat B2. Lw = Large White, Ls = Landrace, Pi = Pietrain i Du = Duroc. S'han marcat els encreuaments que aporten màxim marge per animal.

6.4.2 Aplicació del model per a la comparació del pes òptim de sacrifici i el resultat econòmic esperat de diferents encreuaments en un sol mercat²

6.4.2.1 Objectiu de l'aplicació

En aquest estudi es volia valorar les diferències econòmiques entre tres encreuaments on participava la raça Pietrain. L'objectiu era valorar el resultat tècnic i econòmic de les tres variants genètiques. El resultat de l'aplicació era el pes òptim de sacrifici en funció de l'edat i del sexe del grup d'animals considerat. Com en el cas anterior es va treballar en variables contínues en el temps en lloc de discretitzar les dades per setmanes.

6.4.2.2 Material i mètode

Es va partir de la informació referent a tres línies genètiques (Lw x Ls, Lw x Du, Ls x Du) creuades amb Pietrain. A més també es van considerar les diferències degudes al sexe (castrat, femella i sencer). Per tant s'havien de valorar econòmicament el resultat tècnic de nou encreuaments.

La taula de preus que caracteritzava el mercat depenia de la categoria i del pes esperat de l'animal.

A partir dels ingressos i dels costos determinats dins l'àmbit dels factors de producció es determinava el marge net esperat en funció del temps. El pes òptim de sacrifici era determinat per a cada encreuament i sexe en el moment que s'assolia el màxim marge econòmic per canal

6.4.2.3 Resultats

L'objectiu del treball era cercar la millor combinació genètica quan es valora el percentatge de magre i s'afavoreix el pes de la canal entre 70 i 75 kg.

² Treball presentat a les VIII Jornades sobre producció animal, organitzades per l'Associació Interprofessional per al desenvolupament agrari, Saragossa 11 – 13 de maig de 1999 (Castro, 1999)

S'observa un clar avantatge, en quant a marge econòmic dels animals sencers respectes els castrats i les femelles. L'edat òptima de sacrifici – els resultats es mostren a la Taula 6.5 i en la Figura 6.2 en format gràfic – volta els 160 dies d'edat per a tots els animals.

El punt més important a destacar és que l'ordenació dels encreuaments per percentatge de magre no coincideix amb l'ordenació per rendiments econòmics. Per tant, es conclou que si bé interessa mantenir el percentatge de magre a nivells alts (per aconseguir un preu més alt per kg), no sempre compensa econòmicament pels costos que representa.

Combinació genètica i sexe	Edat (dies)	Peso viu (kg)	% Magre	Rendim de la canal	Preu venta canal pts/kg	Pes canal (kg)	Marge per canal	Ordre per marge	Ordre per % Magre
(LwxLs)xPi Mascle	160	96.7	57.5	77.4	215.9	74.9	2.875	1	1
(LwxDu)xPi Mascle	159	96.6	57.4	77.4	215.8	74.8	2.839	2	2
(LsxDu)xPi Mascle	160	96.8	57.0	77.5	215.4	75.0	2.745	3	3
(LwxLs)xPi Femella	163	96.5	56.3	77.4	214.6	74.7	2.509	7	4
(LwxDu)xPi Femella	162	96.4	56.2	77.4	214.5	74.7	2.404	8	5
(LsxDu)xPi Femella	163	96.5	55.8	77.5	214.0	74.8	2.392	9	6
(LwxLs)xPi Castrat	157	94.7	54.7	78.9	212.6	74.7	2.612	5	7
(LwxDu)xPi Castrat	156	94.5	54.6	78.9	212.5	74.6	2.658	4	8
(LsxDu)xPi Castrat	157	94.7	54.2	79.0	212.0	74.7	2.552	6	9

Taula 6.5 : Resultats de l'aplicació presentada a Saragossa. Lw = Large White, Ls = Landrace, Pi = Pietrain i Du = Duroc. S'han marcat els encreuaments que aporten màxim marge per animal.

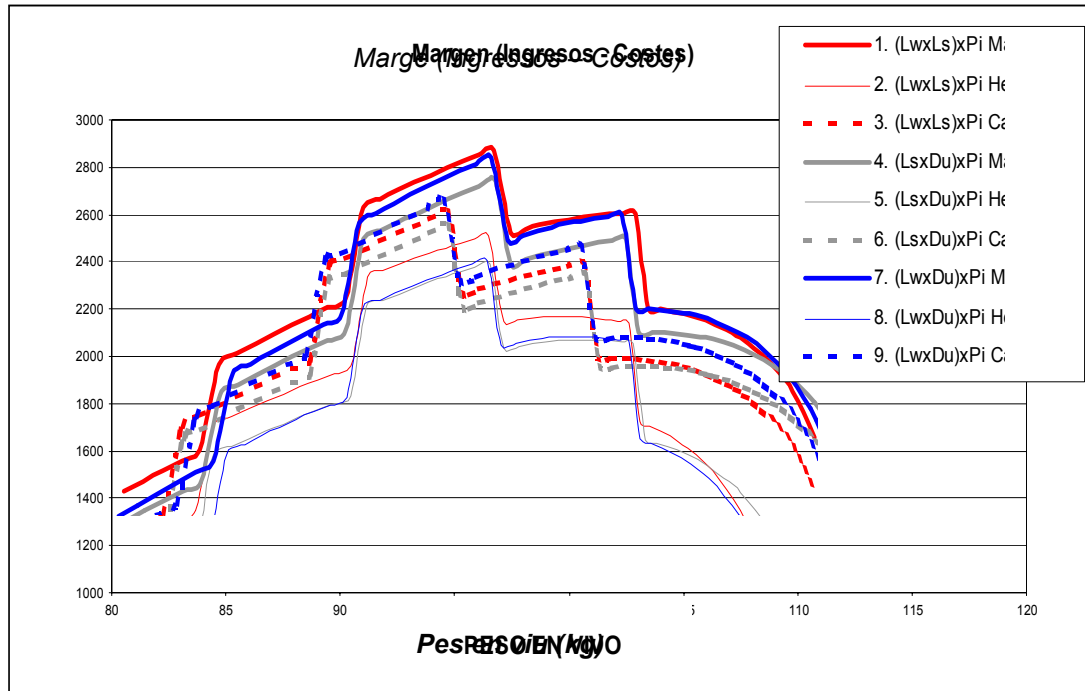


Figura 6.2: Evolució del Marge Net respecte del pes viu per a diferents alternatives d'encreuament i sexe.

6.4.3 Aplicació del model per a la comparació del comportament d'animals de sexes diferents en el mercat de consum en fresc.³

6.4.3.1 Objectiu de l'aplicació

Les variables productives dels animals que són engreixats (pes i consum de pinso, principalment) varien en funció de l'encreuament i el sexe. Aquestes diferències biològiques han estat estudiades i són per tothom acceptades.

En aquesta aplicació es pretenia quantificar les diferències econòmiques que existeixen entre els sexes dins d'un mateix encreuament. L'objectiu de l'aplicació era avaluar les diferències en el marge esperat entre els mascles, les femelles i els castrats d'un lot d'animals que va ser engreixat sota les mateixes condicions ambientals.

En aquesta aplicació es no considerar la variabilitat del lot i només es va treballar amb el valor mig esperat del comportament d'un animal.

No obstant, per veure més clarament les diferències, i poder establir comparacions, es van discretitzar les variables tècniques cada 5 kg.

L'objectiu, doncs, més que trobar el pes òptim de sacrifici de cada sexe, va ser comparar els resultats econòmics entre els sexes quan els animals són enviats a l'escorxador a 90, 95, 100 i 105 kg de pes viu.

6.4.3.2 Material i mètode

Per l'estudi es van utilitzar un total de 1071 mesures de pes i consum diari de 90 animals dels tres sexes (a raó de 30 animals per sexe). Els animals van entrar a control amb 65 dies d'edat i un pes mig de 25 kg.

A partir d'aquestes dades es crea el model biològic que caracteritza el període d'estança i el consum de pinso de l'animal en funció del pes.

³ Treball presentat a la Jornada Tècnica : Factors que afecten l'eficiència productiva i la qualitat en el porcí, organitzada per la xarxa temàtica sobre Eficiència Productiva i Qualitat Porcina, Vic 1 de juny de 1999 (Puigvert et al, 1999)

Quant als paràmetres de producció utilitzats cal destacar : el cost del garrí (5.200 ptes/animal), el cost del pinso (32 ptes/kg), el cost de la instal·lació (12 ptes/animal/dia), el període sanitari de buidatge (10 dies) i la taxa d'interés (8%).

En aquest treball es va considerar un sol mercat on enviar els animals. L'únic preu considerat va ser 140 ptes /kg. No obstant es va abordar el problema des de dues vessants: el càlcul del marge per un sol lot i el marge per any, que és el resultat de multiplicat el marge per lot per la rotació esperada de lots a la granja.

6.4.3.3 Resultats

Els resultats es presenten a la Taula 6.6. Es presenta l'evolució dels paràmetres econòmics en relació a l'increment de pes dels animals. Es poden observar les magnitud econòmiques entre els sexes als pesos de 90 – 95 – 100 – 105 kg. Si l'elecció és enviar els animals a aquest pesos, es poden quantificar les diferències econòmiques des de dues vessants: el marge esperat per lot i el marge esperat per any, tenint en compte els possibles engreixaments que es podran dur a terme en la mateixa explotació.

Una observació és que el mascle sencer dóna més marge a pesos superiors a 100 kg, però degut a l'olor sexual, és necessari marcar el màxim benefici en aquest punt. Com es casos anterior, es va posar de manifest el major rendiment econòmic dels mascles sencers enfront dels castrat i les femelles.

El resultat obtingut de l'aplicació demostra que els ingressos esperats són iguals perquè el preu només està determinat per un preu al kg. No obstant, degut a la diferència existent entre els costos – que estan desglossats – s'explica les diferències en els marges esperats dels animals de diferents sexes. En mitjana s'espera guanyar un 50% més engreixant mascles sencers.

	EDAT	PES	CG	CInst	CP	CT	ING	M/Lot	Rot.	M/any
C	147	90	5.341	992	5.297	11.630	12.600	970	3,94	3.818
H	151	90	5.349	1.045	5.163	11.556	12.600	1.044	3,76	3.925
M	147	90	5.343	1.002	4.786	11.130	12.600	1.470	3,91	5.739

	EDAT	PES	CG	CInst	CP	CT	ING	M/Lot	Rot.	M/any
C	152	95	5.350	1.055	5.790	12.195	13.300	1.105	3,73	4.118
H	157	95	5.358	1.111	5.634	12.103	13.300	1.197	3,56	4.259
M	153	95	5.352	1.066	5.216	11.634	13.300	1.666	3,69	6.155

	EDAT	PES	CG	CInst	CP	CT	ING	M/Lot	Rot.	M/any
C	157	100	5.359	1.118	6.298	12.775	14.000	1.225	3,54	4.337
H	162	100	5.368	1.177	6.117	12.662	14.000	1.338	3,38	4.519
M	158	100	5.361	1.130	5.657	12.148	14.000	1.852	3,50	6.490

	EDAT	PES	CG	CInst	CP	CT	ING	M/Lot	Rot.	M/any
C	162	105	5.368	1.180	6.821	13.370	14.700	1.330	3,37	4.482
H	168	105	5.377	1.243	6.613	13.234	14.700	1.466	3,21	4.712
M	164	105	5.370	1.195	6.110	12.675	14.700	2.025	3,33	6.749

Taula 6.6 : Resultats de l'aplicació presentada a Vic. EDAT: Edat de l'animal; PES: Pes en viu de l'animal; CG: Cost del Garrí (inclou financer); CInst: Cost Instal·lació (Ptes); CP: Cost Pinso (Ptes); CT: Coste Total (Ptes); ING: Ingressos esperats (Ptes); M/lot: Marge per lot (Ptes/lot); Rot.: Rotació (número lots per any); M/any : Marge esperat per any (Ptes/any)

6.4.4 Aplicació del model per avaluar les diferències entre una raça maternal i una raça conformada en tres mercats objectiu diferents, tenint en compte la variabilitat d'animals dins del lot⁴.

6.4.4.1 Objectiu de l'aplicació

Un dels punts que pretén destacar d'aquest treball doctoral és la conveniència d'escollir les variants genètiques més adients als nínxols de mercat que existeixen en el sector porcí.

En aquesta aplicació es planteja el comportament de dues variants genètiques concretes (una maternal i una conformada). L'objectiu és demostrar les diferències existents entre els genotips en funció dels mercats.

Els mercats considerats van ser els exposats en la caracterització de la demanda: Mercat en viu, Mercat tipus grid i mercat considerant el valor de les peces resultants del despecejament.

Un segon objectiu que es va buscar en aquest treball va ser la quantificació econòmica de la variabilitat d'un mateix lot. El fet d'augmentar la variabilitat dels animals provoca una dispersió més gran d'individus i és castigada pel mercat amb més penalitzacions.

6.4.4.2 Material i mètode

Les dades utilitzades en l'anàlisi van ser obtingudes de la fase d'engreixament d'una mostra de 80 animals de dos genotips: un genotip conformat i un genotip maternal. El pes d'inici de la fase va ser 28 ± 3.66 kg.

Els animals van ser enviats a l'escorxador en dos pesos determinats (90 i 110 kg). Les dades que van ser recollides van ser les de percentatge de magre i la proporció de les peces més nobles de l'animal(pernil, espatlla i llonzat).

A partir d'aquestes dades el model biològic va determinar les corbes de creixement i consum de pinso en funció de l'edat i també les altres dades

⁴ Treball presentat a l'International Symposium on Pig Herd Management Modelling and Information Technologies Related, organitzat per l'Irta i la Universitat de Lleida, Lleida 18 – 20 de setembre de 2000 (Castro, 2000)

biològiques necessàries per tal de definir els mercats: La proporció de peces, el percentatge de magre i el rendiment de la canal esperats en funció del pes dels animals. Aquestes corbes van ser determinades amb la desviació esperada corresponent. Es van suposar que seguien una distribució normal.

El model econòmic constava dels costos de producció, on apareixien el cost del garrí (7.500 ptes /30 kg), el cost de l'alimentació (40 ptes /kg) i un cost de manteniment (11,7 ptes/dia) on s'inclouïa el cost veterinari, de mà d'obra i d'energia, i els ingressos que depenien del preu que marcava el mercat on s'enviaven els animals. Quant al maneig d'animals, no es va considerar la possibilitat de poder dividir el lot en diferents grups. Però sí que es va discretitzar el temps i només es podia prendre la decisió d'enviar la totalitat del lot cada cinc dies.

La caracterització de la demanda va constar de tres mercats:

- Mercat A: el mercat en viu on només es penalitzava els animals que sortien del rang marcat per l'escorxador. El preu base era 230 ptes /kg i penalitzacions de fins a 7 ptes per sortir-se del rang.
- Mercat B: el mercat en canal on el preu es basava en el pes i en el percentatge de magre. El preu base era 230 ptes /kg i penalitzacions de fins a 7 ptes per sortir-se del rang de pesos i penlitzacions i incentius de 7 ptes pel percentatge de magre. Segons una taula com la de la Taula 6.1
- Mercat C: el mercat de peces nobles on es considerava el preu de l'animal com la suma de les seves peces nobles. El preu del pernil 350 ptes /kg, espatlla 280 ptyes/kg, llonzat 420 ptes /kg i resta 130 ptes /kg.

A partir les dades biològiques esperades i la contribució dels costos de producció es podia treure els resultats esperats per a cada mercat i les diferències.

En aquest treball es va abordar el problema des de dues vessants: el càlcul del marge per un sol lot i el marge per any, que és el resultat de multiplicat el marge per lot per la rotació esperada de lots a la granja.

6.4.4.3 Resultats

El comportament biològic dels dos genotips és diferent. Això fa que tinguin característiques més adients segons el mercat on s'enviïn. Els resultats que es presenten són els que presenten un guany esperat millor. Es pot observar que quan es considera el marge net per any, el pes òptim de sacrifici disminueix, donant a entendre que el sistema opta per augmentar les rotacions d'engreixaments com a via per augmentar els beneficis anuals.

En la comparació entre els tres mercats s'observa que en el Mercat A s'obté clarament més benefici amb la línia genètica maternal, en canvi en el Mercat C és la línia conformada la que obté més benefici. Pel que fa al Mercat B els resultats d'ambdues línies són parells.

Els resultats de la Taula 6.7 i de la Taula 6.8 són presentats en forma de gràfic en la Figura 6.3

En la Taula 6.9 i 6.10 es presenten els resultats obtinguts sota les mateixes condicions econòmiques però amb una reducció de la variabilitat en els pesos dels animals. La diferència entre elles és si el benefici es per un lot o bé anual. L'efecte de la reducció del 20% en la desviació estàndard provoca un increment substancial (10-14%) en els beneficis esperats.

Quan més es vol acostar en el productor al consumidor més clarament cal definir els requeriments del mercat. Com a resultat d'aquesta premissa, la indústria càrnia hauria d'investigar i promoure l'ús de genotips més adaptats als requeriments dels consumidors.

La importància econòmica de reduir la variabilitat ha estat demostrada en aquesta aplicació. Per tant seguir estratègies en el maneig o en la selecció genètica per reduir l'heterogeneïtat dins dels lots pot millorar significativament els resultats en la cadena de producció de carn porcina.

El desenvolupament d'eines de suport a la decisió permeten poder integrar característiques econòmiques i biològiques i diferents mercat per poder establir pesos òptims de sacrifici per cada genotip analitzat .

Els productors haurien de tenir l'oportunitat d'escollir entre diferents genotips. Cadascun és òptim segons les condicions de mercat. Ambdós factors (genotip i mercat) han d'ésser avaluats conjuntament per fer l'elecció òptima.

Genotip	MG			LG		
	Edat (dies)	Pes viu (kg)	Valor econòmic (ptes)	Edat (dies)	Pes viu (kg)	Valor econòmic (ptes)
Market A	155	98,5	4.855	175	97,8	4.005
Market B	155	98,5	5.269	170	94,8	4.925
Market C	155	98,5	8.180	170	94,8	8.284

Taula 6.7: Valors òptims pel marge net màxim per any

Genotype	MG			LG		
	Edat (dies)	Pes viu (kg)	Valor econòmic (ptes)	Edat (dies)	Pes viu (kg)	Valor econòmic (ptes)
Market A	160	102,5	2.231	175	97,8	1.975
Market B	160	102,5	2.419	170	94,8	2.429
Market C	160	102,5	3.733	170	94,8	4.085

Taula 6.8: Valors òptims pel marge net màxim per lot

Genotype	MG			LG		
	Edat (dies)	Pes viu (kg)	Valor econòmic (ptes)	Edat (dies)	Pes viu (kg)	Valor econòmic (ptes)
Market A	160	102,5	5.325	170	94,8	4.457
Market B	160	102,5	5.770	170	94,8	5.487
Market C	155	98,5	8.962	170	94,8	9.261

Taula 6.9: Valors òptims pel marge net màxim per any amb una reducció del 20% en la variabilitat de pesos en el lot

Genotype	MG			LG		
	Edat (dies)	Pes viu (kg)	Valor econòmic (ptes)	Edat (dies)	Pes viu (kg)	Valor econòmic (ptes)
Market A	160	102,5	2.480	175	97,8	2.244
Market B	160	102,5	2.688	175	97,8	2.758
Market C	160	102,5	4.164	175	97,8	4.622

Taula 6.10: Valors òptims pel marge net màxim per lot amb una reducció del 20% en la variabilitat de pesos en el lot

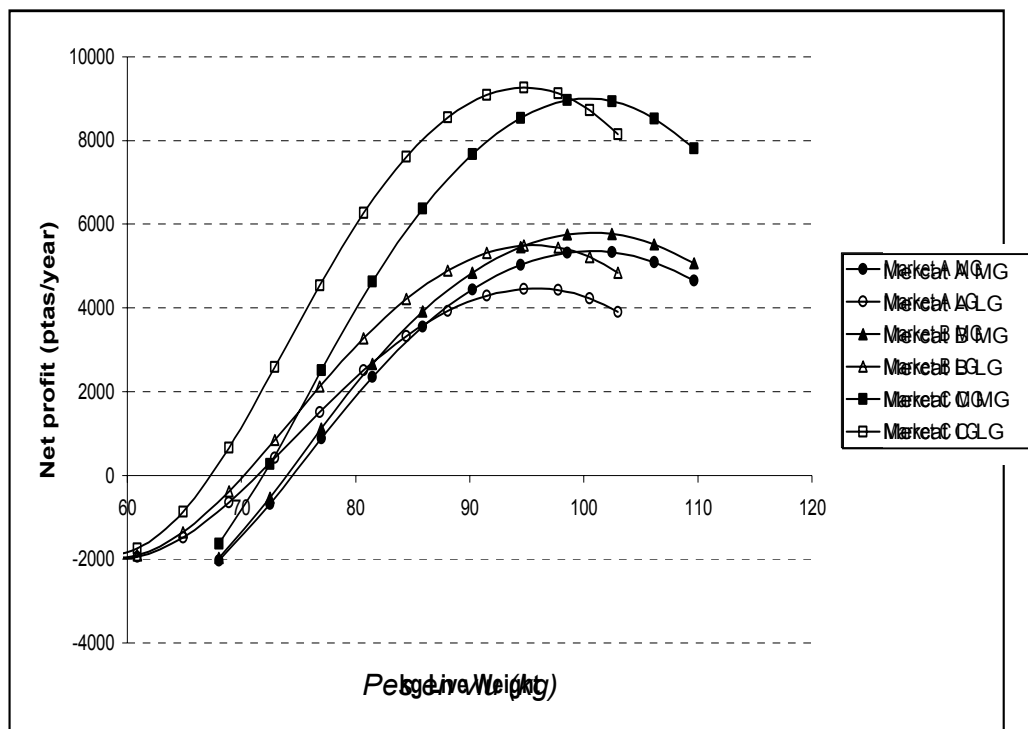


Figura 6.3 : Evolució dels beneficis esperats de les línies genètiques “Maternal” i “Conformada” en funció del pes en viu

6.4.5 Aplicació del model per poder contrastar les diferències econòmiques en l'estratègia de l'enviament dels animals.⁵

6.4.5.1 Objectiu de l'aplicació

Un dels factors de producció que pot determinar els rendiments econòmics esperats és el que fa referència al maneig de les explotacions porcínes.

En aquesta aplicació es planteja el comportament d'una variant genètica. L'objectiu és demostrar les diferències existents entre diferents estratègies d'enviar els animals a l'escorxador. Es pretén buscar l'increment de benefici que s'assoleix quan es segueix l'estratègia tot dins – tot fora o bé quan es permet enviar la totalitat del lot d'animals en diferents etapes.

També es vol mostrar la diferència econòmica quan es considera un sol lot d'animals (benefici esperat per animal) o bé el rendiment esperat per la plaça que ocupa l'animal (benefici esperat /animal/any).

Un segon objectiu que es va buscar en aquest treball va ser l'impacte de la variabilitat dins d'un mateix lot. El fet d'augmentar la variabilitat dels animals provoca una dispersió més gran d'individus i és castigada pel mercat amb més penalitzacions. És d'esperar que un augment de la variabilitat provoqui un allargament en el període d'enviaments i una disminució en el benefici esperat.

El tercer objectiu d'aquesta aplicació és poder valorar econòmicament i en el maneig de l'explotació les implicacions de variar factors econòmics de l'entorn. En concret, es volen analitzar els canvis que provoquen les variacions en el preu del garrí i en el preu del pinso.

6.4.5.2 Material i mètode

Les dades utilitzades en l'anàlisi són les d'un encreuament (Lw x Ls) x Pi. Les dades biològiques emprades han estat el creixement i el consum de pinso en funció de l'edat de l'animal. A més s'ha pogut disposar del rendiment de la canal i el percentatge de magre en funció del pes dels animals.

⁵ La darrera aplicació que es mostra en aquest apartat es desenvolupa en els annexos dels present treball doctoral.

S'ha determinat avaluar les condicions de l'engreixament per etapes, setmana a setmana. En cadascuna d'elles s'avaluava si s'enviava part del lot d'animals a l'escorxador (un mínim dels 10% de la totalitat del lot) o bé si es continuava l'engreixament amb la resta del lot.

La funció econòmica va ser avaluada tal com s'expressa en el capítol 5, tenint en compte els costos del garrí (7.500 ptes /garrí), d'estança (10 ptes/dia), d'alimentació (40 ptes /kg de pinso), de risc (Taxa mortalitat 2 % i interès 8%) i sanitari (200 ptes /animal).

Les variacions que s'han aplicat en el preu del garrí i del pinso han estat del 20%, és a dir s'han avaluat nou situacions: el preu del garrí a tres nivells (6000, 7500 i 9000 ptes /animal) i el preu del pinso a tres nivells (32, 40 i 48 /ptes /kg)

Les dades biològiques emprades es presenten en la Taula 6.11 i 6.12. La funció de creixement i consum de pinso estan representades gràficament en la figura 6.4. S'observa el creixement del lot d'animals i la dispersió dels pesos al llarg del temps. En la mateixa gràfica s'ha representat el consum de pinso. S'observa com el consum augmenta en les últimes etapes de la fase d'engreixament i per contra el ritme de creixement decreix.

En quant a la definició del mercat s'ha considerat un mercat tipus graella el sistema de pagament del qual es presenta a la Taula 6.13. És un sistema que té en compte el percentatge de magre i el pes per determinar el preu per kg. A més s'han avaluat tres situacions: amb el preu base a 207, 230 i 276 ptes/kg en el cas que CG = 7500 i CP = 40.

6.4.5.3 Resultats

Els resultats ⁶ obtinguts demostren diferències en els valors esperats quan es segueix l'estratègia tot dins – tot fora i l'enviament en diferents etapes en funció de diferents paràmetres.

A la Taula 6.14 es mostren les diferències en una situació concreta CG = 7.500 ptes /animal, CP = 40 ptes /kg i un preu base de venda de 230 ptes/kg. S'observa que el benefici esperat per animal és superior si es segueix una estratègia per etapes (1.943 ptes /animal-lot acabant a l'etapa 14) que si es segueix una estratègia tot dins – tot fora (1.582 ptes /animals-lot acabant a l'etapa 12). No obstant és més interessant avaluar el valor anual esperat que té

⁶ En aquest apartat només es mostren els resultats concluints. Tota la informació de totes les taules està recollida en els annexos.

en compte el número d'engreixaments possibles en un any en funció de la duració del període d'engreixament (Taula 6.15). Si es considera el valor anual esperat el benefici continua essent superior si es segueix l'estratègia per etapes, però el sistema marca que és millor acabar l'engreixament una etapa abans (etapa 13). L'estratègia que seguirà per obtenir el valor òptim serà la mateixa que la formulada en la taula anterior. La relació entre ambdues taules és la rotació d'engreixaments que es poden efectuar durant un any en l'explotació.

Un altre resultat que s'extreu de l'aplicació és que un augment de la variabilitat implica una disminució del benefici esperat (Taula 6.16). Aquesta incidència és més gran quan es segueix una estratègia tot dins – tot fora (de 1.582 a 1.263 ptes /animal, és a dir una reducció del 20%), que seguint l'estratègia d'enviament per etapes (de 1.943 a 1.714, és a dir una reducció del 12%). Per contra, quan es redueix la variabilitat (Taula 6.17), l'augment relatiu en el benefici esperat per animal és més important en l'estratègia tot dins - tot fora (de 1.582 a 1.917, és a dir un augment del 21%) que en l'estratègia d'enviament per etapes (de 1.943 a 2.174, és a dir un augment del 12%).

Així doncs, la influència de la variació de la desviació de pesos en el lot és més forta quan es segueix una estratègia tot dins – tot fora. No obstant, encara surt més beneficiós seguir l'estratègia d'enviament per etapes.

El següent resultat que es vol mostrar és la variació dels valors òptims esperats per lot i de les etapes que s'envien la totalitat d'animals a l'escorxador en funció del CG i el CP. D'aquesta manera és possible fer una anàlisi de sensibilitat d'aquests dos paràmetres econòmics sobre els resultats. Els resultats de l'estratègia tot dins – tot fora (Taules 6.18 i 6.19) i els resultats de l'estratègia d'enviament per etapes (Taules 6.20 i 6.21) no es desprenen fortes diferències. La tendència és escurçar els períodes d'engreixament quan el cost del pinso creix i augmentar el període quan el cost del garrí augmenta.

L'últim resultat és l'anàlisi de sensibilitat del resultat quan es varia el preu de venda base del mercat. Quan el preu s'augmenta a 276 ptes/kg el període d'engreixament augmenta (Taula 6.22), i per contra quan el preu es disminueix a 207 ptes/kg el període d'engreixament disminueix (Taula 6.23)

Edat	Pes (kg)		Consum (kg pinso)
	MITJANA	DESV	
74	29,7	3,9	5,1
81	33,4	4,6	12,1
88	37,8	5,4	20,5
95	42,6	6,3	30,2
102	47,9	7,4	41,3
109	53,5	8,4	53,4
116	59,3	9,5	66,4
123	65,3	10,6	80,3
130	71,3	11,8	94,9
137	77,4	12,9	110,1
144	83,4	14,0	125,7
151	89,2	15,2	141,6
158	94,8	16,3	157,6
165	100,0	17,5	173,7
172	104,8	18,7	189,6
179	109,1	19,8	205,3
186	112,8	21,0	220,6

Taula 6.11 : Dades biològiques de l'encreuament (Lw x Ls) x Pi.

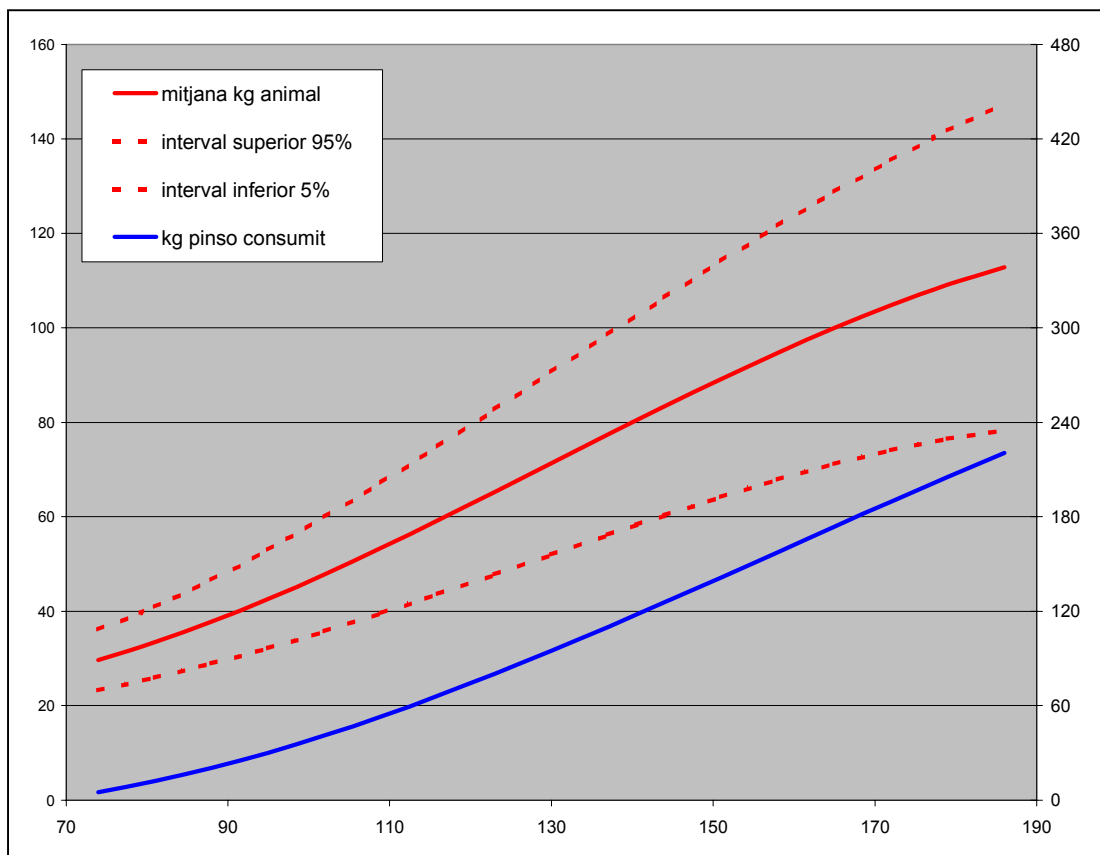


Figura 6.4 : Evolució del creixement i el consum de pinso en funció de l'edat de l'animal.

Pes en viu (kg)	Pes de la canal (kg)	Rendiment de la canal	% magre mig	Desviació % magre
50	39,4	78,79%	61,0	5,9
60	47,4	79,02%	60,4	6,2
70	55,5	79,24%	59,8	6,6
80	63,6	79,46%	59,1	7,1
90	71,7	79,68%	58,5	7,7
100	79,9	79,90%	57,9	8,4
110	88,1	80,13%	57,3	9,1
120	96,4	80,35%	56,7	9,8
130	104,7	80,57%	56,1	10,6
140	113,1	80,79%	55,5	11,4
150	121,5	81,01%	54,9	12,3
160	130,0	81,24%	54,3	13,1
170	138,5	81,46%	53,7	14,0

Taula 6.12 : Dades biològiques de l'encreuament (Lw x Ls) x Pi.

Classificació	Pesos								preu truja
	<50	50-54,5	55-59,5	60-64,5	65-79,5	80-84,5	85-89,5	90-94,5	
S	160	235	239	241	242	241	239	235	160
E	160	230	234	236	237	236	234	230	160
U	160	223	227	229	230	229	227	223	160
R	160	216	220	222	223	222	220	216	160
O	160	211	215	217	218	217	215	211	160
P	160	211	215	217	218	217	215	211	160

Taula 6.13 : Sistema de pagament del Mercat segons la graella que es presenta en funció del pes i del percentatge de magre

Etapa enviament últim grup	Valor esperat (tot dins – tot fora) (Ptes /animal)	Valor òptim esperat (estratègia per etapes) (Ptes /animal)	Estratègia
17	-597	1.522	10 % a l'etapa 10 10 % a l'etapa 12 10 % a l'etapa 13 10 % a l'etapa 14 60 % a l'etapa 17
16	57	1.745	10 % a l'etapa 10 10 % a l'etapa 12 10 % a l'etapa 13 10 % a l'etapa 14 60 % a l'etapa 16
15	685	1.861	10 % a l'etapa 10 10 % a l'etapa 12 10 % a l'etapa 13 10 % a l'etapa 14 60 % a l'etapa 15
14	1.214	1.943	10 % a l'etapa 10 10 % a l'etapa 12 10 % a l'etapa 13 70 % a l'etapa 14
13	1.543	1.884	10 % a l'etapa 10 10 % a l'etapa 12 80 % a l'etapa 13
12	1.582	1.655	10 % a l'etapa 10 90 % a l'etapa 12
11	1.307	1.314	10 % a l'etapa 10 90 % a l'etapa 11
10	757	757	100% a l'etapa 9

Taula 6.14 : Benefici esperat del maneig d'un lot d'animals. CG 7500 ptes/animal, CP 40 ptes /kg i preu base 240 ptes/kg

Etapa enviament últim grup	Valor Anual esperat (tot dins – tot fora)	Valor òptim esperat (estratègia per etapes)
	Ptes / animal /any	Ptes / animal /any
17	-1.691	4.306
16	171	5.223
15	2.175	5.908
14	4.106	6.568
13	5.577	6.811
12	6.143	6.426
11	5.485	5.514
10	3.456	3.456

Taula 6.15 : Valor anual esperat de la mateixa situació de la Taula 6.14.

Augment del 20% de la variabilitat de pesos				
Valor òptim	Estratègia tot dins – tot fora		Estratègia per etapes	
	Per lot	Anual	Per lot	Anual
17	-830	-2.351	-1.287	3.641
16	-247	-740	-1.559	4.665
15	311	988	1.692	5.372
14	801	2.707	1.714	5.795
13	1.146	4.144	1.681	6.078
12	1.263	4.906	1.475	5.730
11	1.088	4.566	1.088	4.566
10	619	2.826	619	2.826

Taula 6.16 Valors òptims esperats per lot i valors anuals esperats per any en funció de l'etapa en què s'acaba amb un augment del 20% de la variabilitat en els pesos

Reducció del 20% de la variabilitat de pesos				
Valor òptim	Estratègia tot dins – tot fora		Estratègia per etapes	
	Per lot	Anual	Per lot	Anual
17	-344	-974	1.866	5.280
16	412	1.234	2.081	6.228
15	1.121	3.560	2.174	6.900
14	1.663	5.623	2.162	7.308
13	1.917	6.929	2.085	7.535
12	1.840	7.148	1.840	7.148
11	1.490	6.254	1.490	6.254
10	919	4.193	919	4.193

Taula 6.17 Valors òptims esperats per lot i valors anuals esperats per any en funció de l'etapa en què s'acaba amb una disminució del 20% de la variabilitat en els pesos

		CP		
		32	40	48
CG	6000	4.415	3.140	1.963
	7500	2.855	1.582	405
	9000	1.294	24	-1.152

Taula 6.18 Valors òptims esperats per lot en funció del cost del pinso (CP) i el cost del garrí (CG), seguint una estratègia tot dins – tot fora.

		CP		
		32	40	48
CG	6000	13	12	12
	7500	13	12	12
	9000	13	12	12

Taula 6.19 Etapa de finalització de l'engreixament en funció del cost del pinso (CP) i el cost del garrí (CG) per obtenir el valor òptim esperat per lot de la Taula 6.18.

		CP		
		32	40	48
CG	6000	4.904	3.534	2.196
	7500	3.314	1.943	613
	9000	1.755	370	-965

Taula 6.20 Valors òptims esperats per lot en funció del cost del pinso (CP) i el cost del garrí (CG), seguint una estratègia tot dins – tot fora.

		CP		
		32	40	48
CG	6000	14	14	13
	7500	14	14	13
	9000	15	14	13

Taula 6.21 Etapa de finalització de l'engreixament en funció del cost del pinso (CP) i el cost del garrí (CG) per obtenir el valor òptim esperat per lot de la Taula 6.20

Etapa enviament últim grup	Valor esperat (tot dins – tot fora) (Ptes /animal)	Valor òptim esperat (estratègia per etapes) (Ptes /animal)
17	1.561	5.312
16	2.472	5.473
15	3.374	5.465
14	4.143	5.453
13	4.611	5.241
12	4.633	4.789
11	4.178	4.210
10	3.312	3.312

Taula 6.22 Benefici esperat del maneig d'un lot d'animals comparant les dues estratègies amb CG 7500 ptes/animal, CP 40 ptes /kg i preu de venda base 276 ptes /kg

Etapa enviament últim grup	Valor esperat (tot dins – tot fora) (Ptes /animal)	Valor òptim esperat (estratègia per etapes) (Ptes /animal)
17	-1.677	-367
16	-1.150	-109
15	-659	65
14	-249	193
13	9	211
12	56	93
11	-128	-128
10	-519	-519

Taula 6.23 Benefici esperat del maneig d'un lot d'animals comparant les dues estratègies amb CG 7500 ptes/animal, CP 40 ptes /kg i preu de venda base 207 ptes /kg

7 Conclusions i futures línies de recerca

7.1 CONCLUSIONS

7.2 FUTURES LÍNIES DE RECERCA

7.1 Conclusions

D'acord amb els objectius plantejats en aquesta tesi es desenvolupen a continuació les conclusions a què s'ha arribat : .

1r objectiu: Establir un marc estructural on desenvolupar models de sistemes de producció aplicables a la producció de carn porcina.

La descripció del procés de la fase d'engreixament porcí com un procés industrial convencional ha portat a un seguit de conclusions:

- A semblança de molts sectors industrials, la producció de carn porcina ha sofert el fenomen de la integració dels requeriments dels consumidors.
- Per poder millorar els seus beneficis, la producció porcina ha d'orientar-se cap al consumidor i buscar quines són les característiques del producte que s'està demanant.
- A nivell de sistema productiu cal una canvi paradigma que comporta un canvi d'estratègia : passar des d'una MTS, on la influència del consumidor no és decisiva, a una MTO, on el sistema productiu prendrà decisions en funció de la definició del producte per part del client. A fi d' integrar els requeriments del consumidors
- El consumidor de carn porcina té una capacitat de decisió que serà potenciada pels distribuïdors de carn i per les indústries carnes quan incorporin els requeriments del consumidors (certificacions de qualitat, traçabilitat....etc.).

2n objectiu: Proposar i plantejar un model que integri la fase d'engreixament dins tota la cadena de producció de carn porcina

Els imputs la fase d'engreixament provenen de diferents àmbits:

- L'àmbit tècnic – biològic
- L'àmbit dels factors de producció
- L'àmbit de caracterització de la demanda.

Els tres àmbits conformen el model descriptor complet de la fase d'engreixament i inclouen les relacions amb els clients i els proveïdors de la cadena de producció de carn porcina.

3r objectiu: *Analitzar l'impacte dels paràmetres de l'entorn de producció i comercialització sobre el rendiment econòmic d'una explotació porcina d'engreixament.*

El model desenvolupat és una eina per a l'anàlisi integral de la fase d'engreixament dins la cadena de producció de carn porcina, que permet :

- Analitzar els efectes de diferents factors de producció i biològics (costos, sexe, tipus genètic, etc...).
- Avaluar les diferències entre diferents mercats on poder enviar els animals.
- Quantificar econòmicament l'impacte de la reducció de la dispersió en la distribució de pesos de sacrifici sobre el benefici esperat d'un lot d'animals.

4t objectiu: *Desenvolupar una eina per poder prendre decisions a nivell tàctic i operatiu per les explotacions de producció porcina*

L'eina de suport a la decisió que s'ha establert té la capacitat de poder analitzar i escollir l'estratègia d'enviament òptima que pot en el moment d'enviar els animals al mercat.

L'algorisme desenvolupat permet determinar el pes òptim de sacrifici en funció dels costos de producció, el mercat, i les característiques biològiques de l'animal (genotip, sexe, etc.)

5è objectiu: *Il·lustrar algunes de les aplicacions del model desenvolupat*

Les aplicacions que s'han dut a terme en projectes en col·laboració amb el Centre de Control Porcí de l'IRTA demostren la utilitat de l'eina desenvolupada per:

- Quantificar diferències econòmiques entre els diferents alternatives de producció segons el mercat on es pensa enviar els animals.
- Analitzar l'efecte de la variabilitat dels animals i de l'estratègia d'enviament dels animals al sacrifici sobre el rendiment econòmic.
- Estudiar l'impacte de variacions econòmiques en els factors de producció o en el condicionants dels mercats.

En resum :

1.- Cal una focalització del sector productor segons les preferències del consumidor a través de mercats diferenciats (en funció del seus condicionants productius).

2.- Es necessita un sistema de suport a la decisió que inclogui els requeriments del consumidor, els aspectes de maneig dels animals i els condicionants tècnics i biològics propis de l'espècie.

3.- S'ha desenvolupat un model que integra factors biològics, productius i econòmics i ha permès assimilar el procés de l'engreixament a un procés industrial.

4.- El sistema que s'ha elaborat facilita la presa de decisions objectives per part del ramaders en base a la comparació de la dinàmica biològica i econòmica de sistemes alternatius de producció.

5.- S'ha desenvolupat una eina que, en base al coneixement : (1) de la evolució dels paràmetres tècnics dels animals, (2) dels condicionats econòmics de la producció i (3) de les característiques tècniques i econòmiques de diferents mercats, permet :

- Analitzar l'efecte de diferents paràmetres dins d'un model integrat de la fase d'engreixament porcí i optimitzar una funció objectiu de caràcter econòmic.
- Estudiar l'efecte de la variabilitat dels pesos dels animals i de diferents estratègies d'enviament dels animals a sacrifici sobre el marge econòmic

7.2 Futures línies de recerca

Les futures línies de recerca s'han de dirigir en ampliar aspectes del model que s'ha presentat.

a) Caracterització de la demanda.

Cal aprofundir en l'anàlisi de les tendències de mercat basades en la valoració d'aspectes no contemplats amb suficient profunditat, com són:

- La valoració individualitzada de les peces nobles del porcí
- La integració d'òptims no sols econòmics sinó mediambientals i/o socials
- L'anàlisi de l'efecte de la aplicació de normes de benestar (Ouden, Nijsing et al., 1997)
- La definició de sistemes productius molt més específics (races, encreuaments, pesos de sacrifici) a fi de cercar nínxols del mercat on el producte diferenciat pugui ser més valorat que el dels seus competidors (Barkema, 1993).
- La integració d'eines per a la certificació de qualitat i del tractament particularitzat dels animals (Carrasco and Ferradás, 1997).

b) Paràmetres de maneig.

En aquesta tesi s'ha demostrat la conveniència de dividir el lot d'animals en diversos grups per ajustar els animals que s'envien a l'escorxador als rangs establerts pels escorxadors tot considerant un sobrecost de maneig dels animals en les fases successives. La reducció de la variabilitat dels lots limita el sobrecost a través de la minimització del nombre de lots de sacrifici.

Una segona línia d'investigació, doncs, seria avaluar la conveniència d'introduir elements de gestió (control individual de pesos, reagrupament dels animals), pràctiques alimentàries o sanitàries diferenciades o tècniques de selecció i millora genètica (que minimitzin la variabilitat genètica entre animals) a fi de facilitar la formació (i reduir el nombre) dels grups d'enviament a sacrifici .

c) Assignació de costos que s'incorren en la producció porcina.

El cost d'estança i cost associat al risc (pèrdua de l'animal i dels factors de producció invertits) ha estat una simplificació de la realitat.

En una tercera línia d'investigació es creu convenient aprofundir en la determinació fórmules més precises per establir i imputar acuradament els costos propis de la fase d'engreixament porcí incloent els referents a aspectes medi ambientals i de benestar animal.

- d) Implementació de la aplicació en una aplicació informàtica d'ús general

Aquesta proposta s'emmarca dins d'un àmbit informàtic i tindria com a objectiu desenvolupar una eina per facilitar l'ús de les rutines i algorismes obtinguts a usuaris no experts.

8 Bibliografia

8.1 LLIBRES

8.2 RESEARCH REPORTS

8.3 ARTICLES I CAPÍTOLS DE LLIBRES

8.1 Llibres

Arbonés, E. A. (1990). *Logística Empresarial*. Barcelona: Marcombo .

Bailleul, P. J. D. (1998). *Modélisation et optimisation du revenu net de l'engraissement porcin* . Ph D Thesis, Laval: Departement des sciences Animales, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'alimentation. Université Laval.

Bellman, R. (1957). *Dynamic Programming*, NY: Priceton University Press.

Bowersox, D. J. and D. J. Closs (1996). *Logistical Management (The integrated Supply Chain Proces)*. USA: Mc Graw Hill.,

Buxadé, C. (1984). *Ganado Porcino : Sistemas de explotación y técnicas de reproducción*. Madrid: Mundi - Prensa.

Caldeteney P., Haro T et al (1994) *Marketing Agrario*, Madrid: Mundiprensa

Caldeteney P. and Gomez A.C. (1993) *Economía de los mercados agrarios*. Madrid: Mundiprensa.

Caldeteney P. (1998) *Nueva economía agroalimentaria*. Madrid: Ed Agrícola Española.

Copacino, W. C. (1997). *Supply Chain Management. The Basics and Beyond*, USA: St. Lucie Press & Apics.

Cuatrecases, L. (2000). *Organización de la Producción y Dirección de Operaciones. Sistemas Actuales de Gestión Eficiente y Competitiva*, Madrid: Centro de Estudios Ramon Areces S.A.

DARP (1997). *La indústria càrnica a Catalunya*, Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

Fernández, E. d. M. (1993). *Introducción a la Gestión (Management) I*, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Forrester (1972). *Dinámica Industrial*, El Ateneo.

France, J. and J. H. M. Thornley (1984). *Mathematical models in agriculture*. London, Butterworths.

Fraser, A. F. and D. M. Broom (1990). *Farm Animal Behaviour and Welfare*. London, Bailliere Tindall.

- Gil, I. (1996). *Sistemas y Tecnologías de la Información para la Gestión*, Madrid: Mc Graw Hill.
- Hayes, R., S. C. Wheelwright, et al. (1988). *Dynamic Manufacturing. Creating the learning Organization*, NY: The Free Press.
- Heizer, J. and B. Render (1997). *Dirección de la Producción. Decisiones estratégicas*, Madrid: Prentice Hall.
- Hillier, F. S. and G. J. Lieberman (1991). *Introducción a la Investigación de Operaciones*, México: Mc Graw Hill.
- Howard, R. A. (1960). *Dynamic programming and Markov processes*. Cambridge, The MIT Press.
- ITP, I. T. d. P. (1997). *Manual del porcicultor*. Zaragoza, Ed. Acribia SA.
- Krajewsky, L. J. and L. P. Ritzman (1999). *Operations Management. Strategy and Analysis*, USA: Addison-Wesley.
- Kure, H. (1997). Marketing Management support in slaughter pig production . Ph D Thesis, Copenhagen: Department of Animal Science and Animal Health, The Royal Veterinary and Agricultural University.
- Lange, C. F. M. D. and B. J. Marty (1999). Determinants of Profits in the Growing - Finishing Barn. Guelph: Department of Animals and Poultry Science, Agribrands Purina Canada, Inc.
- Law, A. M. and W. D. Kelton (1991). *Simulation Modelling and Analysis*. New York, Mc Graw Hill.
- Littell, R. C., G. A. Milliken, et al. (1996). *SAS System for mixed model*. USA: Cary, NC,.
- Machuca, J. A. D., S. García, et al. (1994). *Dirección de Operaciones. Aspectos Estratégicos*, Madrid: Mc Graw Hill.
- Mocholí, M. and R. Sala (1999). *Decisiones de Optimización*. Valencia, Tirant lo Blanch.
- Moughan, P. J., M. W. A. Verstegen, et al., Eds. (1995). *Modelling Growth in the pig*. Wageningen, EAAP publications.
- NRC, N. R. C. (1998). *Nutrients requirements of swine. Tenth Revision Edition*. Waginston DC, National Academy Press.

- Perreault, Y. and T. Vlasic (1998). *Implementing Baan*, USA: Que Corporation.
- Porter M. E. (1980) *Competitive strategy techniques for analyzing industries and competitors*, NY: Free Press.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage*, NY: Free Press.
- Porter M.E. (1991) *La Ventaja competitiva de las naciones* .Barcelona: Plaza & Janés
- Prida, B. and G. Gutierrez (1996). *Logística de aprovisionamientos*, Madrid: Mc Graw Hill.
- Regh, J. A. (1994). *Computer Integrated Manufacturing*, USA: Prentice Hall Career & Technology.
- Ridgeon, B. (1993). *The economics of pig production*. London, Farming Press.
- Riggs, J. L. (1998). *Sistemas de Producción. Planeación, Análisis y Control*, Limusa. Noriega Editores.
- Shafer, S. M. and J. R. Meredith (1998). *Operations Management*, USA: John Wiley & Sons.
- Soret, I. (1997). *Logística Comercial y Empresarial*, Madrid: Escuela Superior De Gestión Comercial y Marketing ESIC.
- Sprage, R. H. and H. J. Watson (1989). *Decision support Systems: Putting Theory into practice*. USA: Ed. Prentice Hall.
- Stevenson, W. J. (1999). *Production / Operations Management*, USA: Irwin Mc Graw Hill.
- Taha, H. A. (1995). *Investigación de Operaciones*. Colombia: Alfaomega.
- Vollman, T. E., W. L. Berry, et al. (1995). *Sistemas de Planificación y Control de la Fabricación*, Madrid: Irwin.
- Wild, R. (1999). *Production and Operations Management*, USA: Cassel.
- Winston, W. L. (1994). *Operations Research. Applications and Algorithms*, USA: Duxbury Press.

8.2 Research Reports

Broekmans, J. E. (1992). Influence of price fluctuations on delivery strategies for slaughter pigs. Copenhagen, Dina Research Report.

Cargill, C. (1996) Benefits of all in / all out housing identified. South Australian Research and Development Institute. Internal report

Castro, R. d. (1999). *El pes òptim de sacrifici*. Vic, Xarxa temàtica d'eficiència Porcina. <http://www.irta.es/xarxatem/pla3105.htm>

Dhorne, T. and G. Daumas (1993). Calcul de l'écart quadratique moyen dans le cas d'utilisation de différents appareils pour la mesure des variables prédictives. Rennes, Laboratoire de Biométrie de l'INRA.

Diestre, A. and M. Gispert (1997). Clasificación de las canales porcinas en España. Monells (Girona), IRTA. Centre de Control de la Carn.

European Commission. (1999). Prospects for Agricultural Markets 1999-2006, European Commission Directorate-General for Agriculture.

Giesen, G. W. J., W. H. M. Baltussen, et al. (1988). Optimalisering van het afleveren van mestvarkens. Den Haag, Lanbouw-Economisch Instituut.

Goldsmith, P. D., C. Pomar, et al. (2000). Social Welfare and the selection of Optimum Hog slaughter weight in Quebec. Urbana, University of Illinois.

Huirne, R. B. M., P. V. Beek, et al. (1990). An application of stochastic dynamic programming to support sow replacement decisions. Wageningen, University of Wageningen. Research Report

Jorgensen, E. (1996). Textbook notes of herd management: From registration to information, Dina Research Report.

Jorgensen, E. (1998). Stochastic Modelling of Pig Production. Working paper: growth models, Dina Research Report.

Knap, P. (1999). *Modelización de la Producción Porcina: factores ambientales* J. Tibau : Factores que Afectan la eficiencia productiva y la calidad en el porcino , Vic. <http://www.irta.es/xarxatem/pla0106.htm>

Knap, P., A. Willam, et al. (1997). Genetic parameters for lean meat content and meat quality traits in different pig breeds, Research Report. Roslin Institute.

Kristensen, A. R. (1994). Dynamic programming as a framework for decisions support in animal production, Dina Research Report.

Kristensen, A. R. (1996). Textbook notes of herd management: Dynamic programming and Markov decision processes, Dina Research Report.

Kristensen, A. R. and E. Jorgensen (1995). Applicational Perspectives of recent developments in Dynamic programming Methods for herd Management, Dina Research Report.

Marchand, L. and K. McEwan (1999). Benchmark Perspectives for the Ontario Swine Industry. Guelph, Ridgetown College - University of Guelph. Research Report

McEwan, K. (2000). Pork Marketing in 2005 - How will it look? University of Guelph, Centralia Swine Research.

McEwan, K. (2000). The economic impact of variation in pig performance University of Guelph, Centralia Swine Research.

Muñoz, A. (1994). Análisis de Costos de la Producción Porcina. Research Report

Murphy J. (2000) Issues to consider in Marketing Heavier Hogs OMAFRA research report

Oenema, J., G. W. J. Giesen, et al. (1990). BAM Een economisch Model Om afleverbeslissingen bij mestvarkens te ondersteunen. Wageningen, Wageningen Agricultural University.

Oliver, M. A. (1999). *Calidad de la carne en el porcino: Últimos resultados experimentales en relación al gen del Halotano*. J. Tibau : Factores que Afectan la eficiencia productiva y la calidad en el porcino , Vic. <http://www.irta.es/xarxatem/pla0106.htm>

Paarlberg P., Boehlje M. et al (1999) Structural Change and Market Performance in Agriculture: Critical Issues and Concerns about Concentration in the Pork Industry. Purdue University Report.

Pomar, C. (1998). La modelización como herramienta de ayuda a la toma de decisiones en la optimización de los sistemas de producción porcinos. Research Report

Pomar, C. (1999). *Alimentar Mejor los Cerdos para Proteger el Medio Ambiente* J. Tibau : Factores que Afectan la eficiencia productiva y la calidad en el porcino , Vic. <http://www.irta.es/xarxatem/pla0106.htm>

PorkMa\$ter (1997). A computerized performance monitoring system for growing-finishing pigs based on feed intake and growth curves. Guelph, Department of Animal and Poultry Science. Univ Guelph.

Schrader, L. F. and M. Boehlje (1996). Cooperative Coordination In the Hog Pork system: Examples from Europe and The U.S., Dept of Agricultural Economics Purdue University. Research paper

Serra, O. and V. C. Group (2000). Oportunidades para el sector cárnico en el siglo XXI. Research Report

Torrellardona, D. (1999). *Nuevos Requerimientos Nutricionales en Porcino* J. Tibau : Factores que Afectan la eficiencia productiva y la calidad en el porcino , Vic. <http://www.irta.es/xarxatem/pla0106.htm>

Yaceniuk, M. (1998). "What does it cost to raise a pig?" *Manitoba Swines* 10(1) Research Report.

Yaceniuk, M. (2001). "What does it cost to raise a pig?" *Manitoba Swines* 13(1) Research Report.

8.3 Artículos i Capítols de llibres

Alfonso, L. and I. Cordovin (1999). "Productividad numérica de las cerda en función de la edad al destete." *Información Técnica Económica Agraria* 20 pp 759-761.

Backus G.B. C. Timmer, G. Th. et al (1995) "A Decision support system for startegic planning on pig farms" *Agricultural economics* 13 pp 101-108

Backus G.B. C. and Vaessen M.A. (1995) "Five countries compared on production costs " *Pig International* 27 (8) pp 10-14

Barkema, A. (1993). "Reaching Consumers in the Twenty First Century: The short way around the barn." *American Journal Agricultural Economics* 75, pp 1126-1131.

Black, J. L. (1995). The evolution of animals growth models. Dins P. J. Moughan, M. W. A. Verstegen and M. I. Visser-Reyneveld (Eds) *Modelling growth in the pig.* Wageningen, EAAP publications. pp 15-26

Boger S., Hobbs J E. et al (2001) "Supply Chain relationships in the Polish pork sector " *Supply Chain Management* 6 (2) pp 74 - 82

Bonneau, M. (1998) "Use of Entire Males for Pig Meat in the European Union". *Meat Science* 1001 (49) pp s257-s272

Boony S. (2000) "Les consommateurs, l'agriculture, la qualité et la securité des aliments: une analyse du questionnement des consommateurs et des réponses apportées". *INRA Productions animales* 14 pp 287-301

Brorsen, B. W., J. T. Akridge, et al. (1998). "Performance of Alternative Component Pricing Systems for pork." *Journal of Agricultural and Applied Economics* 30(2), pp 313-324.

Carrasco, P. M. and E. Ferradás (1997). La Implementación de un Sistema de Calidad como vía para Incrementar la diferenciación en el sector agroalimentario: Una aplicación al sector chacinero Onubense. Dins Manuel Ruiz (Eds) *XI Congreso Nacional AEDEM* , Universidad de Lleida. pp 245-250

Castro, R. d. X. Puigvert et al. (1999). "Un sistema de Ayuda a la Decisión para el análisis técnico económico de la Fase de Crecimiento en Ganado porcino." *Información Técnica Económica Agraria* 20, pp 223-225.

Castro, R. d., X. Puigvert, et al. (2000). Economic Modelling of the fattening stage to make comparisons between different pig meat markets. Dins L. M. Pla and J. Pomar (Eds): *Symposium on pig herd management modeling and information technologies related*, Lleida, Irta - UdL. pp 9-16

Chavas, J. P., J. Kliebenstein, et al. (1985). "Modelling Dynamic Agricultural Production Response: The Case of Swine Production." *American Agricultural Economics Association*. pp 636-646

Daza, A., J. Rioperez, et al. (1999). "Efecto del destete precoz en cerda primíparas y en sus camadas." *Información Técnica Económica Agraria* 20 771-773.

Diestre, A. (1999). "La cadena de la Carne ¿Hacia la Integración?" *Pic Report* núm 29 .pp 15-20

Diestre, A., M. Gispert, et al. (1989). "The use of automatic probes in the new scheme for pig carcass grading according to the EEC regulations." *Animal Production* 48, pp 443-448.

Dijkhuizen, A. A., A. W. Jalvingh, et al. (1997). Critical Steps in systems simulation. Dins A. A. Dijkhuizen and R. S. Morris (Eds) *Animal Health Economics..* Sydney, University of Sydney, Wageningen Agricultural University, Massey University. pp 45-60

Dourmad, J. Y., B. Seve, et al. (1999). "Nitrogen Comsumption, utilisation and losses in pig production : France." *Livestock Production Science* 58, pp 199-211.

Fawcett, R. H. (1973). "Toward a dynamic Production Function." *Journal Agricultural Economics* 24, pp 543-555.

Fernandez, J. (1999). "Comission on Pig Production." *Livestock Production Science* 60, pp 193-195.

Fernandez J.A. Poulsen H. D. et (1999). "Nitrogen Comsumption, utilisation and losses in pig production : Denmark." *Livestock Production Science* 58, pp 225-242.

Font, M., M. Gispert, et al. (1999). "Niveles de Androstenona y Escatol en Machos Enteros Producidos en España." *Información Técnica Económica Agraria* 20, pp 603-605.

García-Belenguer, S., M. P. Pérez, et al. (1999). "Influencia de diferentes tiempos de espera previo al sacrificio sobre parámetros indicativos del estado de

bienestar y de calidad de la carne en ganado porcino." *Información Técnica Económica Agraria* 20, pp 191-193.

Gill, P. (1998). "Implicaciones técnicas al aumentar el peso de la matanza: terneza y efecto "sabor a verraco"." *The Pig Journal* 42, pp 125 - 132.

Gispert, M. and A. Diestre (1994). "Classement des carcasses de porc en Espagne: Un pas vers l'harmonisation communautaire." *Techni-Porc* 17, pp 29-32.

Gispert, M., A. Diestre, et al. (1996). "La mortalitat dels porcs des de la granja a l'escorxador." *Irta - CARN* 18 , pp 6-8.

Grimsdell K. (1996) "The supply Chain for fresh vegetables: what it takes to make it work" *Supply Chain Management* 1 (1) pp 11-14

Gutierrez E. Mahlau M. et al (1996) "Calidad y consumo de carnes" *Agricultura* 12 pp 171-175

Hill, J. D., J. J. M. Glone, et al. (1998). "Environmental enrichment influences on pig behavior, performance and meat quality." *Applied Animal Behaviour Science* 57, pp 51-68.

Hobbs, J. E., W. A. Kerr, et al. (1998). "Creating international competitiveness through supply chain management: Danish Pork." *Supply Chain Management* 3 (2) .pp 68-78

Huirne, R. B. M. (1990). "Basic Concepts of Computerized support for farm management decisions." *European Review of Agricultural Economics* 17, pp 69-84.

Jalving, A. W. (1992). "The possible role of existing models in on-farm decision support in dairy cattle and swine production." *Livestock Production Science* 31, pp 351-365.

Jorgensen, E. (1993). "The influence of weighing precision on delivery decisions in Slaughter Pig Production." *Acta Agriculturae Scandinavica* 43, pp 181-189.

Jongbloed A.W., Poulsen H.D. et al (1999) "Environmental and legislative aspects of pig production in The Netherlands, France and Denmark. *Livestock Production Science* 58 pp 243-249

Kanis, E. and J. Koops (1990). "Daily Gain, Food Intake and Food efficiency in Pigs During the growing period." *Animal Production* 50, pp 353-364.

Klein K.K Faminow M.D. et al (1996) "An evaluation of supply chain performance in the Canadian pork sector" *Supply Chain Management* 1 (3) pp 12-24

Kristensen, A. R. (1992). "Hierarchic Markov Processes and their applications in replacement models." *European Journal of Operations Research* 35 , pp 33-41.

Kristensen, A. R. (1994). "A survey of Markov decision programming techniques applied to the animal replacement problem." *European Review of Agricultural Economics* 21, pp 73-93.

Kristensen, A. R. (2000). A software system for multi-level hierarchic markov processes L. Pla. J. Pomar (Eds) *International symposium on Pig herd management Modeling and Information Technologies Related* , Lleida pp.37-47

Kure, H. (1995). Recursive Dynamic Programming: Heuristic rules, bounding and state space reduction. Dins A. U. t. Cate, R. M. Clouaire, A. A. Dijkhuizen and C. Lokhorst (Eds) *2nd IFAC/IFIP/ Eur Ag Eng Workshop on Artificial Intelligence in Agriculture* , Wageningen.pp 80-87

Kure, H. (1997). Optimal Slaughter pig marketing dins A. R. Kristensen (Eds) : *Dutch/Danish Symposium on Animal Health and Management Economics* , Copenhagen.

Kure, H. (1997). Slaughter Pig marketing management : Utilization of Highly biased herd-specific data. Dins H. Kure, I. Thyssen and A. Kristensen (Eds) *First European Conference for Information Technology in Agriculture* , Copenhagen. The Royal Veterinary and Agricultural University.

Lainez, M., S. Balash, et al. (1999). "Caracterización técnica de la producción porcina de la Comunidad Valenciana : Edad y peso de entrada y salida de los cerdos en cebaderos." *Información Técnica Económica Agraria* 20, pp 756-758.

Lange, C. F. M. d. and S. K. Baidoo (1997). Feeding for profit in the finisher MRN. Dins C.F Lange (Eds) *Manitoba Swine Seminar. Staying Competitive: Tomorrow's Technology for Today* 11. pp 130-145

Lange, C. F. M. D. and H. W. E. Schreurs (1995). Principles of Model application. . Dins P. J. Moughan, M. W. A. Versgenten and M. I. Visser-Reyneveld (Eds) *Modelling Growth in the Pig*. Wageningen, The Netherlands, Wageningen Press pp 187-208.

Losinger, W. C., N. L. Dalsted, et al. (1999). "Returns to Scale in the Production of Finisher Pigs in the United States." *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim* 14, pp 71-84.

Lumbreras, J. (1996). "Hacia una mayor calidad de Canal". *Instituto Tecnico y de Gestión del Porcino Navarra Agraria*.pp 69 - 80

Lynch, J. Q. (1999). "Pride on display." *Go! Agribusiness* <http://gazetteonline.com/agri/ag719.htm>

Martín, C. (1994). El Control de Gestión en Cebaderos de cerdos. Buxadé C. (Eds) *El sector porcino: aspectos básicos.*. Madrid, Mundiprensa, pp 475-493.

Maza, M. T., E. Gaspar, et al. (1999). "La gestión de la calidad en el sector cárnico: situación actual y dificultades en el aseguramiento de la calidad." *Información Técnica Económica Agraria* 20, pp 229-231.

Molto, M. and L. M. Pla (1999). "Evolución y perspectiva de los precios del porcino desde 1991." *Información Técnica Económica Agraria* 20, pp 217-219.

Noguera, J. L., J. Estany, et al. (1994). Problemática de la aplicación de los programas de gestión en las empresas de porcino. Buxadé C. (Eds) *El sector porcino: aspectos básicos.* Madrid, Mundiprensa, pp 494-505

Nuthall, P. L. (1997). Farm decision information costs and returns revisited. Dins H. Kure, I. Thysen and A. Kristensen (Eds) *First European Conference for Information Technology in Agriculture* , Copenhagen, The Royal Veterinary and Agricultural University.

Ouden, M. d., A. A. Dijkhuizen, et al. (1996). "Vertical Cooperation in Agricultural Production Marketing Chains, with special Reference to product differentiation in pork." *Agribusiness* 12(3) pp -290.

Ouden, M. D., J. T. Nijsing, et al. (1997). "Economic optimization of pork production-marketing chains: I. Model Input on Animal welfare and costs." *Livestock Production Science* 48 pp 3-37.

Peer-Schwering C.M.C., Jongbloed A.W. et al. (1999). "Nitrogen Consumption, utilisation and losses in pig production : The Netherlands" *Livestock Production Science* 58, pp 213-224.

Pla, L. M., J. Pomar, et al. (1999). "Validación de un sistema de ayuda a la toma de decisiones en explotaciones porcinas." *Información Técnica Económica Agraria* 20 pp 220-222.

Pomar, C., D. L. Harris, et al. (1991). "Computer Simulation Model of Swine production Systems: 1. Growth of young animals." *Journal of Animals Science* 66 pp 1468-1488.

Pomar, C., J. J. Matte, et al. (1991). "A systems approach to estimate nutrient requirements for growing pigs and its application to diet formulation." *Journal of Animal Science* 69 pp 373-384.

Puigvert, X., J. Soler, et al. (2001). "The effect of breed slaughter weight and halotane genotype and carcass and health quality from Large White and Landrace Pigs." *Livestock Production Science* Submitted .

ROTI, A. (1999). "Consideraciones sobre comfort ambiental en explotaciones de ganado porcino." *Ediporc* 15 pp 20-24.

Santos, B. L. D. (1991). "Justifying investments in new information Technologies." *Journal of Management Information Systems* 7 pp 71-90.

Shinckel, A. P. (1994). Nutrient Requirements for Modern pig genotypes. P. J. Garnsworthy and D. J. A. Cole (Eds). *Recent Advances in Animal nutrition* Nottingham, Univ Of Nottingham press pp 133-169.

Soler, J., J. Reixach, et al. (1996). "Uso de las ecuaciones de prediccion de la eficiencia productiva en un programa de mejora genetica porcina." *Anaporc* 152 pp 53-67.

Stuyft, E. V. d., C. P. Schofield, et al. (1991). "Development and application of computer vision systems for uses in livestock production." *Computers and Electronics in Agriculture* 6 pp 243-265.

Tibau, J. (1997). Eficiencia Genética. Disn C. Buxadé. (Eds) *Producción Porcina Aspectos Clave*. Madrid, Mundiprensa pp 236- 259

Tibau, J., X. Puigvert, et al. (1997). "Incidencia de factores geneticos y de comportamiento en la eficiencia del crecimiento, la composicion y la calidad de la canal y de la carne en distintas razas porcinas." *Anaporc* 171 pp 74-91.

Tibau, J., J. Soler, et al. (1998). Optimal use of Pig Lines in Crossbreeding for target markets Dins 49th Annual meeting of the European Association of Animal Production , Varsaw, pp 346- 357

Tomaszewski, M. A., A. A. Dijkhuizen, et al. (1997). A Method to Quantify effects attributable to management Information Systems in Farming. Dins H. Kure, I. Thysen and A. R. Kristensen (Eds) *First European Conference for Information Technology in Agriculture* , Copenhagen, The Royal Veterinary and Agricultural University.

Verstegen, J. A. A. M., R. B. M. Huirne, et al. (1995). "Economic Value of management information systems in agriculture: a review of evaluation approaches." *Computer and Electronics in Agriculture* 13 pp 273-288.

Whittemore, C. (1983). "Development of recommended energy and protein allowances for growing pigs." *Agricultural systems* 11 pp 159-186.

Whittemore, C. T. (1986). "An approach to pig growth modeling." *Journal of Animals Science* 63 pp 615-621.

Whittemore, C. T. and R. H. Fawcett (1974). "Model responses of the growing pig to dietary intake of energy and protein." *Animal Production* 19 pp 221-231.

9 Anexos

9.1 INTRODUCCIÓ

9.2 MODEL BIOLÒGIC

9.2.1 EVOLUCIÓ DEL PES DELS ANIMALS

9.2.2 EVOLUCIÓ DEL CONSUM DELS ANIMALS

9.2.3 EVOLUCIÓ DEL PERCENTATGE DE MAGRE

9.2.4 EVOLUCIÓ DEL RENDIMENT DE LA CANAL

9.3 MODEL DELS FACTORS DE PRODUCCIÓ

9.4 MODEL DE CARACTERITZACIÓ DE LA DEMANDA

9.5 MODEL DE DECISIÓ

9.5.1 TAULES DE L'ALGORISME PEL CÀLCUL DE L'ESTRATÈGIA ÒPTIMA D'ENVIAMENT PER ETAPES.

9.1 Introducció

En aquests annexos es presenten totes les dades que han estat considerades de rellevància per poder entendre el funcionament del model i els resultats obtinguts en el cas que s'ha exposat en el l'apartat 6.4.5. L'objectiu és mostrar una aplicació pràctica del model desenvolupat.

Els annexos es componen de quatre apartats que exposen els paràmetres i variables que s'han considerat de cada àmbit del model global: el model biològic, el model de factors de producció, el model de caracterització de la demanda i el model de decisió.

9.2 Model biològic

El model biològic que s'ha usat explica l'evolució :1) Del pes dels animals en funció de l'edat dels animals, 2) del consum esperat en funció de l'edat dels animals, 3) del percentatge de magre en funció del pes i 4) del rendiment de la canal en funció del pes.

9.2.1 Evolució del pes dels animals

Per mostrar aquest evolució es presenten les taules de pes de la mitjana d'animals amb la seva desviació estàndard (Taula 1). Corresponen a un encreuament (Lw x Ls) x Pi i una mescla de femelles i mascles castrats.

Edat (Dies)	PES (kg)		CONSUM (kg)	
	MITJANA	DESV	MITJANA	DESV
74	29,7	3,9	5,1	5,5
81	33,4	4,6	12,1	8,5
88	37,8	5,4	20,5	12,1
95	42,6	6,3	30,2	15,9
102	47,9	7,4	41,3	19,7
109	53,5	8,4	53,4	23,6
116	59,3	9,5	66,4	27,5
123	65,3	10,6	80,3	31,4
130	71,3	11,8	94,9	35,3
137	77,4	12,9	110,1	39,2
144	83,4	14,0	125,7	43,2
151	89,2	15,2	141,6	47,1
158	94,8	16,3	157,6	51,0
165	100,0	17,5	173,7	54,9
172	104,8	18,7	189,6	58,9
179	109,1	19,8	205,3	62,8
186	112,8	21,0	220,6	66,7

Taula 1 : Dades biològiques de l'encreuament (Lw x Ls) x Pi. Evolució del pes i el consum de pinso en funció dels dies d'inserció en l'explotació. S'expressa en la mitjana i la desviació estàndard de la distribució normal.

L'evolució també es mostra gràficament de dues maneres:

- 1) L'evolució temporal del pes al llarg del temps (Figura 1)
- 2) La dispersió de pesos en tres moments del procés d'engreixament (Figura 2.1, 2.2 i 2.3). Aquesta representació resulta d'un histograma fet a partir de les dades del model biològic en tres moments concrets de l'engreixament (Taula 2)

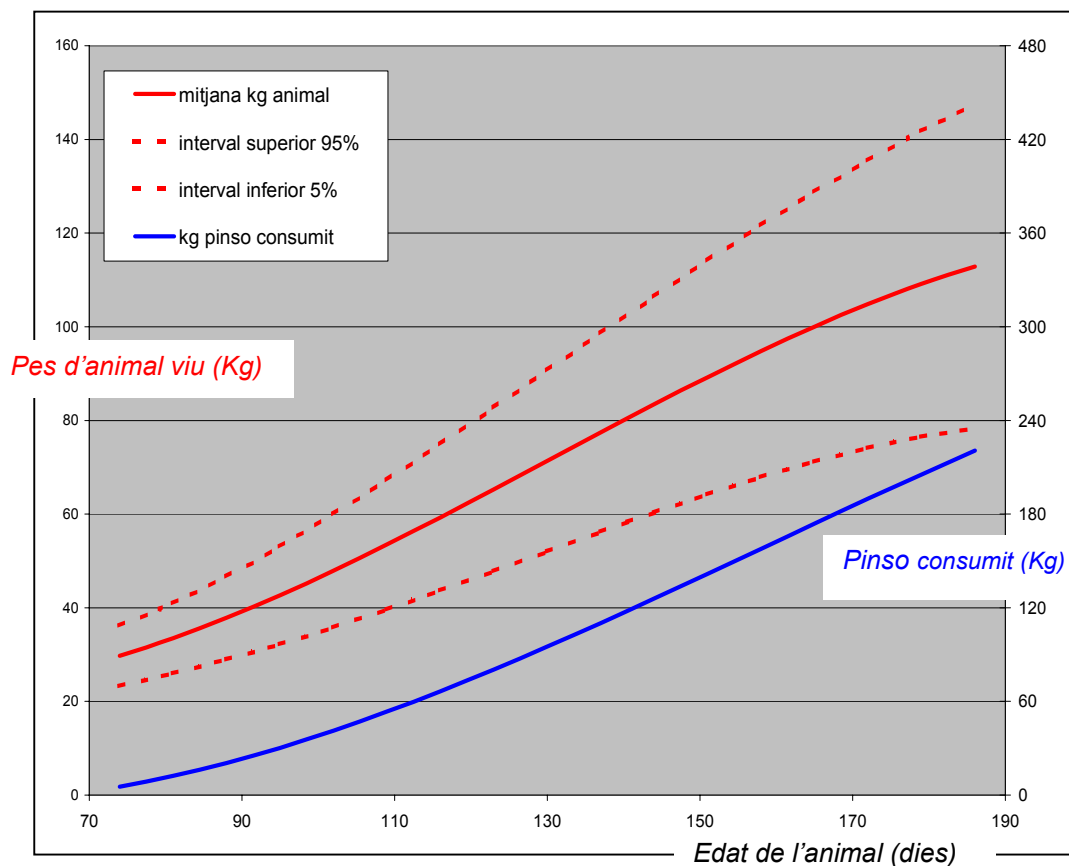


Figura 1: Evolució del creixement i el consum de pinso en funció de l'edat de l'animal.

edat		130	151	172
dies a l'explotació		63	84	105
etapa		9	12	15
Distribució de pesos en viu (kg)				
<60	<	16,74%	2,72%	0,82%
60	70	28,73%	7,58%	2,29%
70	80	31,47%	16,93%	6,08%
80	90	17,44%	24,87%	12,19%
90	100	4,88%	24,05%	18,46%
100	110	0,69%	15,31%	21,12%
110	120	0,05%	6,41%	18,26%
120	130	0,00%	1,76%	11,92%
>130		0,00%	0,36%	8,85%

Taula 2: Evolució de la distribució de pesos en tres moments de la fase d'engreixament (9, 12 i 15) del període d'engreixament.

9.2.2 Evolució del consum dels animals

El consum de pinso de cada animal correspon a la quantitat de pinso consumit esperat en funció de l'edat (Taula 1). Encara que el model biològic també subministra la desviació estàndard d'aquesta variable, no es fa servir en el model complet. Es tracta de calcular el cost de la totalitat del lot i per tant, el que suposaria un sobrecost pels animals que consumissin més pinso que la mitjana es compensa amb l'estalvi que s'assoleix amb els animals que consumeixen per sota la mitjana. Per la totalitat del lot el pinso consumit correspondrà al de la mitjana.

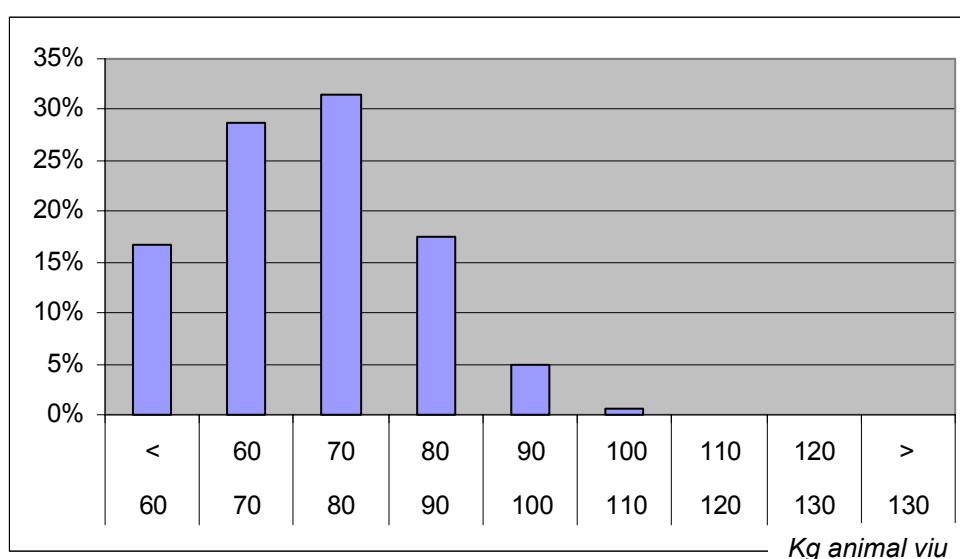


Figura 2.1 : Histograma que representa la distribució dels pesos en l'etapa 9 que correspon a edat = 130 dies i $\mu = 71.3$ Kg i $\sigma = 11.8$

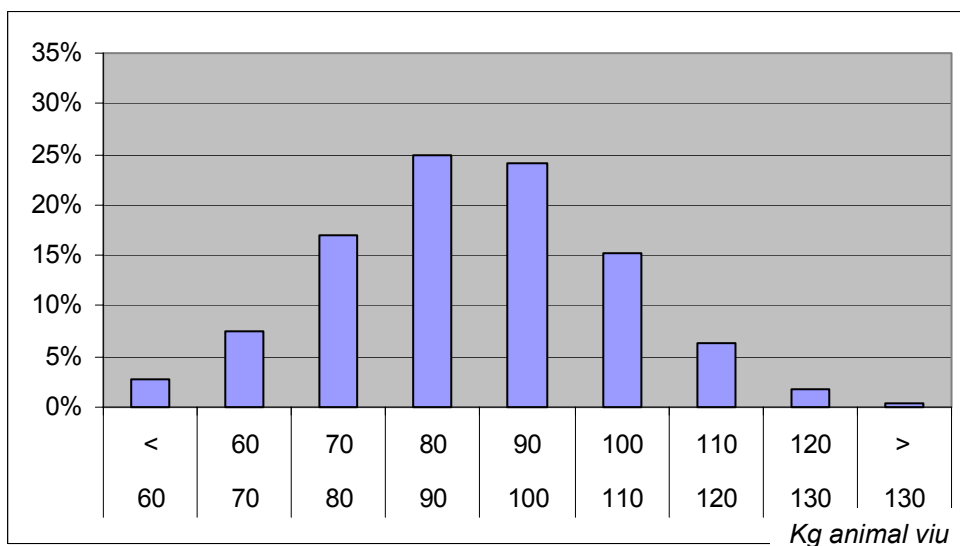


Figura 2.2: : Histograma que representa la distribució dels pesos en l'etapa 12 que correspon a edat = 151 dies i $\mu = 89.2$ Kg i $\sigma = 15.2$

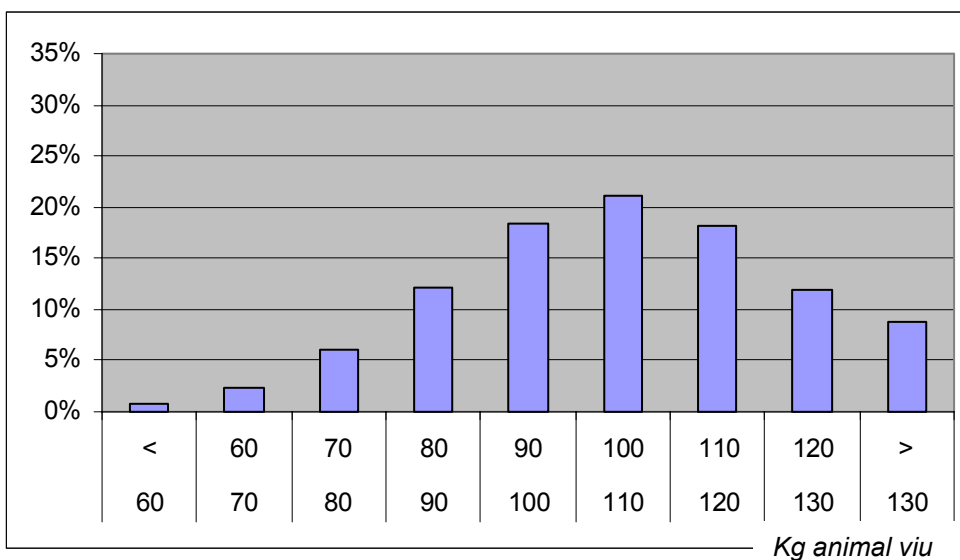


Figura 2.3: Histograma que representa la distribució dels pesos en l'etapa 15 que correspon a edat = 172 dies i $\mu = 104.8$ Kg i $\sigma = 18.7$

9.2.3 Evolució del percentatge de magre

El percentatge de magre ha estat modelitzat en funció del pes de l'animal. A partir d'aquestes dades del model biològic es pot conèixer el percentatge de magre esperat dels animals al llarg del procés d'engreixament i la seva distribució normal.

Els resultats també es presenten en forma de taula (Taula 3) i en forma gràfica (Figura 3). Combinant la informació de l'evolució del pes i l'evolució del percentatge de magre es presenta la Figura 4 que mostra la distribució dels animals del lot en funció del pes i del percentatge de magre.

9.2.4 Evolució del rendiment de la canal

El rendiment de la canal també varia al llarg del temps depenent del tipus genètic de l'animal. Els resultats també es presenten en forma de taula (Taula 3) i en forma gràfica (Figura 5).

Pes	Percentatge de magre		Rendiment de la canal mitjana
	mitjana	desv	
50	61,0	5,9	78,79%
55	60,7	6,0	78,82%
60	60,4	6,2	78,84%
65	60,1	6,4	78,86%
70	59,8	6,6	78,88%
75	59,5	6,9	78,90%
80	59,1	7,1	78,93%
85	58,8	7,4	78,95%
90	58,5	7,7	78,97%
95	58,2	8,0	78,99%
100	57,9	8,4	79,02%
105	57,6	8,7	79,04%
110	57,3	9,1	79,06%
115	57,0	9,5	79,08%
120	56,7	9,8	79,10%
125	56,4	10,2	79,13%
130	56,1	10,6	79,15%
135	55,8	11,0	79,17%
140	55,5	11,4	79,19%
145	55,2	11,9	79,22%
150	54,9	12,3	79,24%
155	54,6	12,7	79,26%
160	54,3	13,1	79,28%
165	54,0	13,5	79,30%
170	53,7	14,0	79,33%
175	53,4	14,4	79,35%

Taula 3: Evolució del percentatge de magre i el rendiment de la canal en funció del pes. El percentatge de magre es presenta la seva mitjana i la desviació estàndard.

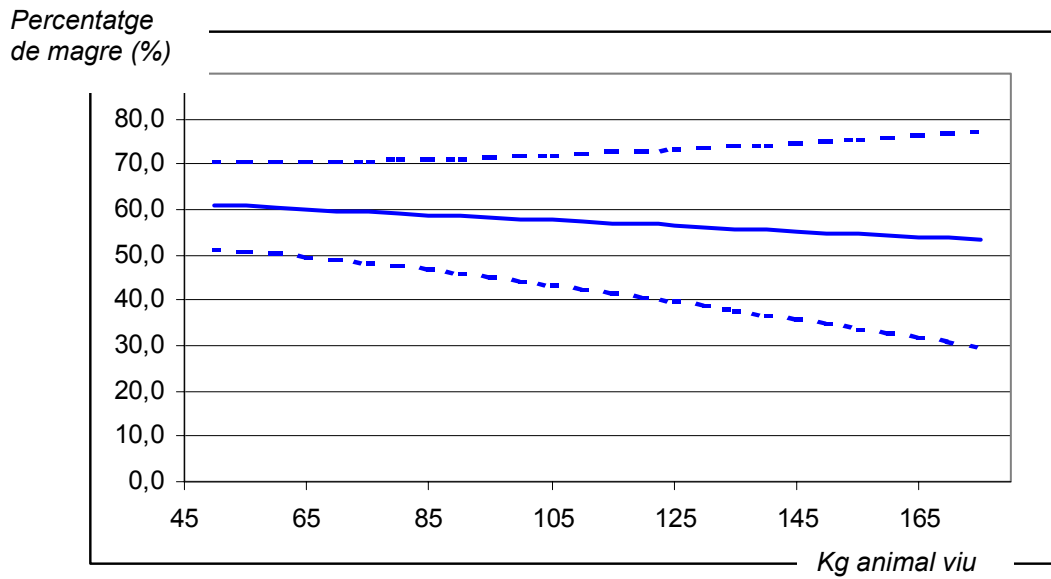


Figura 3: Evolució del percentatge de magre en funció del pes de l'animal. S'observa el valor màxim (95%) i el valor mínim (5%) que pot adoptar.

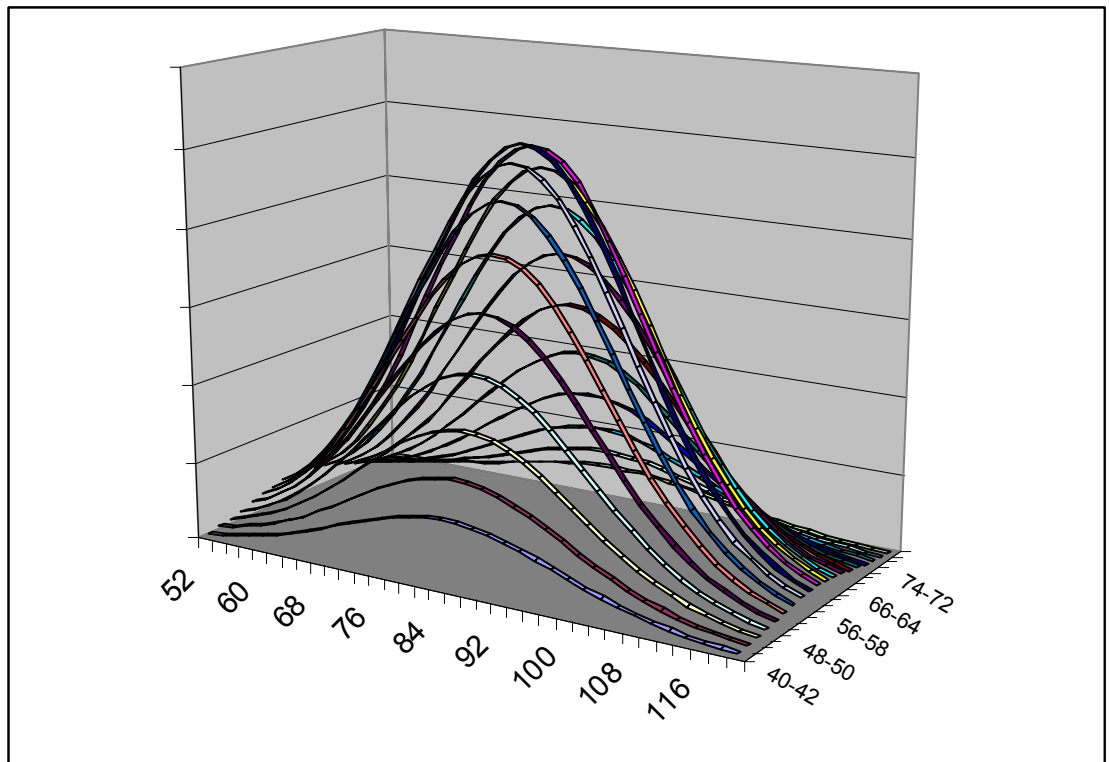


Figura 4: Representació bidimensional del lot en funció del pes dels animals i el percentatge de magre. La situació correspon a l'etapa 12 que suposa l'edat de 151 dies i $\mu = 89.2$ Kg i $\sigma = 15.2$.

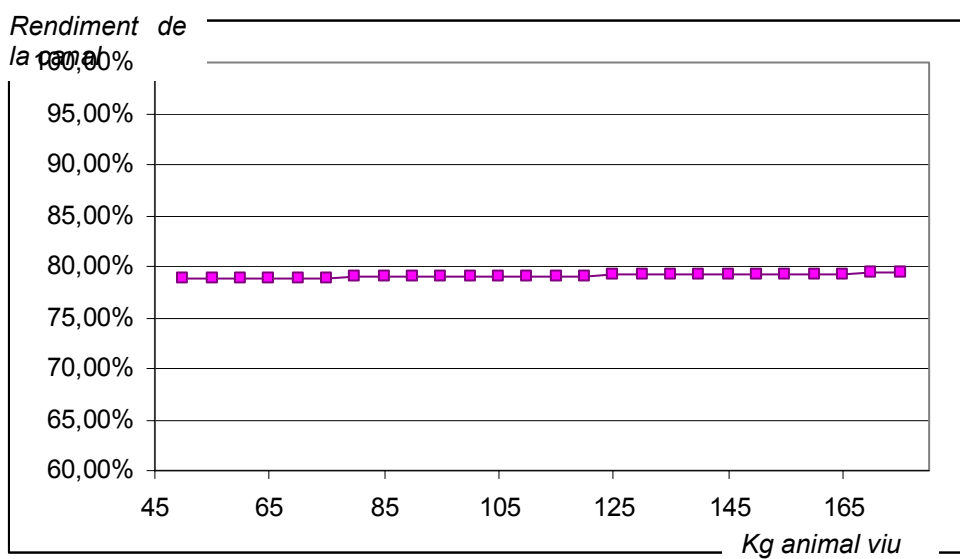


Figura 5: Evolució del rendiment de la canal en funció del pes ^{Percentatge} _{Kg animal viu} de magre

9.3 Model dels factors de producció

Per una part es tenen els paràmetres de gestió i per l'altra els econòmics.

Quant els paràmetres de gestió, s'ha dividit tot el període d'engreixament en setmanes. Per tant, com ja s'ha observat anteriorment, l'estat del lot d'animals (pes i consum de pinso) està determinat en períodes setmanals.

El període màxim d'engreixament s'ha fixat a 17 setmanes, la qual cosa implica que com a cas extrem es permet un engreixament de 17 setmanes amb la totalitat del lot d'animals presents a la granja.

El buidatge sanitari que s'ha considerat un període de 10 dies. Aquesta variable s'ha considerat imput del sistema per tant es pot comprovar l'efecte de la seva variació.

Quan existeix la possibilitat de fer grups del lot per dividir l'enviament dels animals cap a l'escorxador en diverses etapes, cal determinar la mida del grup mínima que es pot enviar independentment. Aquest valor s'ha considerat el 10% de la totalitat dels animals de l'explotació. Aquest valor haurà d'estar estretament lligat a la capacitat dels camions que realitzaran el transport.

Els costos d'engreixament que s'han considerat es presenten en la Taula 4

Cost del garrí,	7500 ptes /garrí
Cost del pinso	40 ptes /kg de pinso
Cost sanitari	200 ptes/animal
Cost d'estança	10 ptes /dia /animal (amb la granja a ple rendiment)
Cost del risc basat en:	
Percentatge d'interès	8%
Taxa de mortalitat	2%

Taula 4: Valor dels paràmetres econòmics dels factors de producció

A partir de l'evolució de les variables biològiques, es pot determinar com evolucionen els costos al llarg del període d'engreixament i la seva incidència en l'escandall de costos.

Els resultats es presenten en forma de taula (Taula 5) i en forma de gràfica (Figura 5). Es pot observar com al llarg del període d'engreixament el cost del garrí va perdent percentatge en el cost total i el pinso va augmentant.

Etapa	3	5	7	9	11	13	15	17
Cost Risc	210	260	321	392	474	565	664	770
Cost sanitari	200	200	200	200	200	200	200	200
Cost garri	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
Cost pinso	818	1.650	2.658	3.798	5.028	6.304	7.584	8.825
Cost estança	210	350	490	630	770	910	1.050	1.190
Cost total	8.939	9.960	11.168	12.520	13.971	15.479	16.999	18.485
% Cost Risc	2,4%	2,6%	2,9%	3,1%	3,4%	3,6%	3,9%	4,2%
% Cost sanitari	2,2%	2,0%	1,8%	1,6%	1,4%	1,3%	1,2%	1,1%
% Cost garri	83,9%	75,3%	67,2%	59,9%	53,7%	48,5%	44,1%	40,6%
% Cost pinso	9,2%	16,6%	23,8%	30,3%	36,0%	40,7%	44,6%	47,7%
% Cost estança	2,3%	3,5%	4,4%	5,0%	5,5%	5,9%	6,2%	6,4%

Taula 5: Evolució dels costos al llarg del període d'engreixament. El cost d'estança correspon quan està funcionant la granja amb totes les places ocupades.

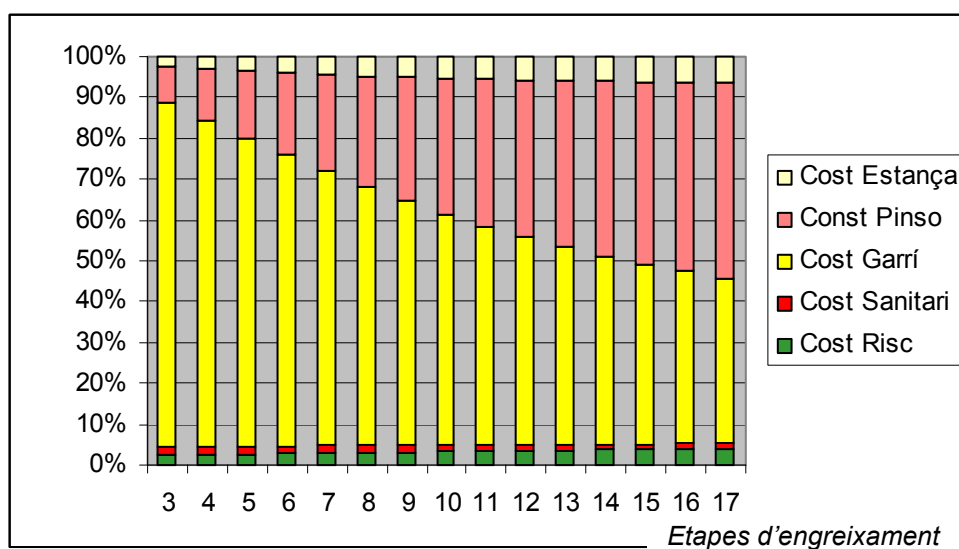


Figura 5: Evolució de la distribució de costos durant la fase d'engreixament.

9.4 Model de caracterització de la demanda

En el cas que es presenta en els annexes s'ha determinat el preu de venda en funció del percentatge de magre dels animals. S'ha usat una taula de preus (Taula 6) que determina el preu per quilo de canal en funció del pes de l'animal i la categoria (SEUROP) que determina el percentatge de magre.

Classificació	Pes								preu truja
	<50	50-54,5	55-59,5	60-64,5	65-79,5	80-84,5	85-89,5	90-94,5	
S	160	235	239	241	242	241	239	235	160
E	160	230	234	236	237	236	234	230	160
U	160	223	227	229	230	229	227	223	160
R	160	216	220	222	223	222	220	216	160
O	160	211	215	217	218	217	215	211	160
P	160	211	215	217	218	217	215	211	160

Taula 6 : Sistema de pagament del Mercat segons la graella que es presenta en funció del pes i del percentatge de magre.

Segons la distribució del percentatge de magre esperat en funció del pes expressat en la Taula 3 es pot deduir la distribució d'animals que s'espera tenir de cada classe en funció del pes. Aquesta informació es presenta en forma de taula (Taula 7) i en forma de gràfic (Figura 6).

A partir de la informació de la distribució d'animals de cada classe en funció del pes, és possible obtenir el preu per quilo esperat i l'ingrés que s'espera obtenir per la venda d'aquell animal. En la Figura 7 es pot observar l'evolució del preu de venda per quilo al llarg del temps, que depèn principalment dels rangs de pesos imposats per l'escorxador i del percentatge de magre de l'animal.

S ¹	E	U	R	O	P	Pes		Preu Quilo	Ingrés esperat
						viu	Pes canal		
56,55%	27,89%	12,42%	2,80%	0,32%	0,02%	50	39,4	160	6.303
54,42%	28,23%	13,51%	3,37%	0,44%	0,03%	55	43,4	160	6.944
52,35%	28,35%	14,60%	4,05%	0,60%	0,05%	60	47,4	160	7.585
50,38%	28,23%	15,64%	4,83%	0,83%	0,08%	65	51,4	230,6	11.859
46,82%	27,40%	17,40%	6,64%	1,52%	0,23%	75	59,5	233,9	13.917
48,53%	27,90%	16,59%	5,71%	1,13%	0,14%	70	55,5	234,2	12.992
45,24%	26,75%	18,06%	7,60%	1,99%	0,36%	80	63,6	235,5	14.969
43,81%	26,00%	18,56%	8,55%	2,54%	0,55%	85	67,6	236,1	15.969
42,51%	25,17%	18,89%	9,46%	3,15%	0,82%	90	71,7	235,7	16.905
41,33%	24,31%	19,08%	10,30%	3,82%	1,17%	95	75,8	235,3	17.839
40,26%	23,42%	19,12%	11,05%	4,52%	1,62%	100	79,9	235,0	18.774
39,30%	22,53%	19,05%	11,71%	5,23%	2,18%	105	84,0	233,6	19.625
38,44%	21,66%	18,88%	12,26%	5,93%	2,84%	110	88,1	231,2	20.379
37,65%	20,80%	18,63%	12,71%	6,60%	3,61%	115	92,3	226,9	20.933
36,95%	19,98%	18,32%	13,05%	7,23%	4,48%	120	96,4	160	15.427
36,30%	19,19%	17,96%	13,31%	7,80%	5,44%	125	100,6	160	16.092
35,72%	18,44%	17,57%	13,47%	8,32%	6,48%	130	104,7	160	16.758
35,19%	17,72%	17,15%	13,57%	8,77%	7,60%	135	108,9	160	17.427
34,71%	17,04%	16,72%	13,60%	9,16%	8,77%	140	113,1	160	18.097
34,27%	16,40%	16,29%	13,57%	9,49%	9,98%	145	117,3	160	18.769
33,86%	15,79%	15,85%	13,50%	9,76%	11,23%	150	121,5	160	19.443
33,49%	15,22%	15,41%	13,39%	9,98%	12,51%	155	125,7	160	20.119
33,15%	14,68%	14,98%	13,25%	10,14%	13,79%	160	130,0	160	20.796
32,83%	14,17%	14,56%	13,08%	10,27%	15,08%	165	134,2	160	21.475
32,54%	13,69%	14,15%	12,89%	10,35%	16,37%	170	138,5	160	22.156
32,27%	13,23%	13,76%	12,69%	10,39%	17,65%	175	142,7	160	22.839

Taula 7 : Distribució de classes en funció del pes. Aquesta distribució determina el preu per quilo esperat en funció del pes (viu o de canal).

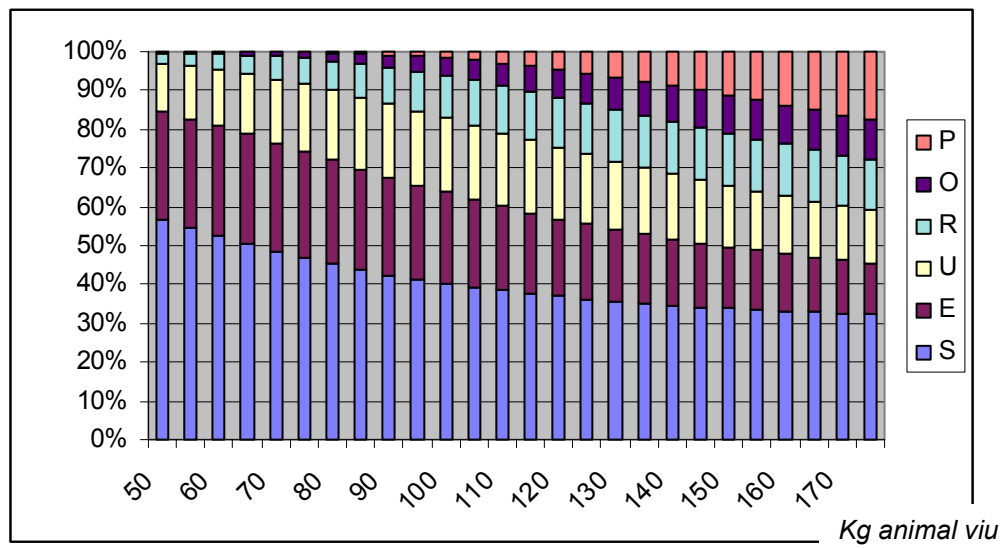


Figura 6: Distribució de classes (SEUROP) en funció del pes.

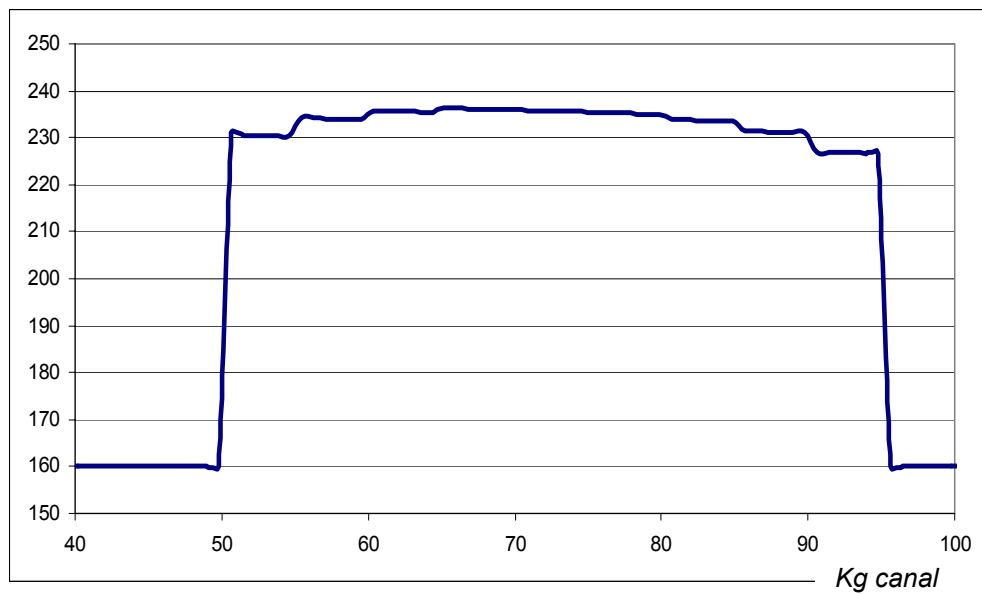


Figura 7: Preu per quilo de canal en funció del pes de canal.

9.5 Model de decisió

Pel model de decisió es presenten les taules necessàries per comprendre el procediment del càlcul de l'òptim. Es presenten els valors esperats per animal i per lot en funció de l'etapa en què es finalitzi la fase d'engreixament. Aquests resultats depenen de l'estratègia seguida : si es segueix l'estratègia tot dins – tot fora o bé l'estratègia de fer els enviaments per etapes.

Les taules resultants de l'aplicació de l'algorisme es presenten en un apartat posterior.

La presentació dels resultats òptims es fa en forma de taula (Taula 8), la qual és millor per poder observar l'estratègia d'enviament, o bé en forma de gràfica (Figura 8) on és veu millor l'evolució del marge esperat en funció de l'etapa d'acabament.

Etapa enviament últim grup *	Valor esperat (tot dins – tot fora) (Ptes /animal)	Valor òptim esperat (estratègia per etapes) (Ptes /animal)	Estratègia
17	-597	1.522	10 % a l'etapa 10 10 % a l'etapa 12 10 % a l'etapa 13 10 % a l'etapa 14 60 % a l'etapa 17
16	57	1.745	10 % a l'etapa 10 10 % a l'etapa 12 10 % a l'etapa 13 10 % a l'etapa 14 60 % a l'etapa 16
15	685	1.861	10 % a l'etapa 10 10 % a l'etapa 12 10 % a l'etapa 13 10 % a l'etapa 14 60 % a l'etapa 15
14	1.214	1.943	10 % a l'etapa 10 10 % a l'etapa 12 10 % a l'etapa 13 70 % a l'etapa 14

Taula 8: Benefici esperat del maneig d'un lot d'animals. CG 7500 ptes/animal, CP 40 ptes /kg i preu base 240 ptes/kg.

* Setmana després de l'inici de l'engreixament.

Etapa enviament últim grup *	Valor esperat (tot dins – tot fora) (Ptes /animal)	Valor òptim esperat (estratègia per etapes) (Ptes /animal)	Estratègia
13	1.543	1.884	10 % a l'etapa 10 10 % a l'etapa 12 80 % a l'etapa 13
12	1.582	1.655	10 % a l'etapa 10 90 % a l'etapa 12
11	1.307	1.314	10 % a l'etapa 10 90 % a l'etapa 11
10	757	757	100% a l'etapa 9

Taula 8: (continuació) Benefici esperat del maneig d'un lot d'animals. CG 7500 ptes/animal, CP 40 ptes /kg i preu base 240 ptes/kg

* Setmana després de l'inici de l'engreixament.

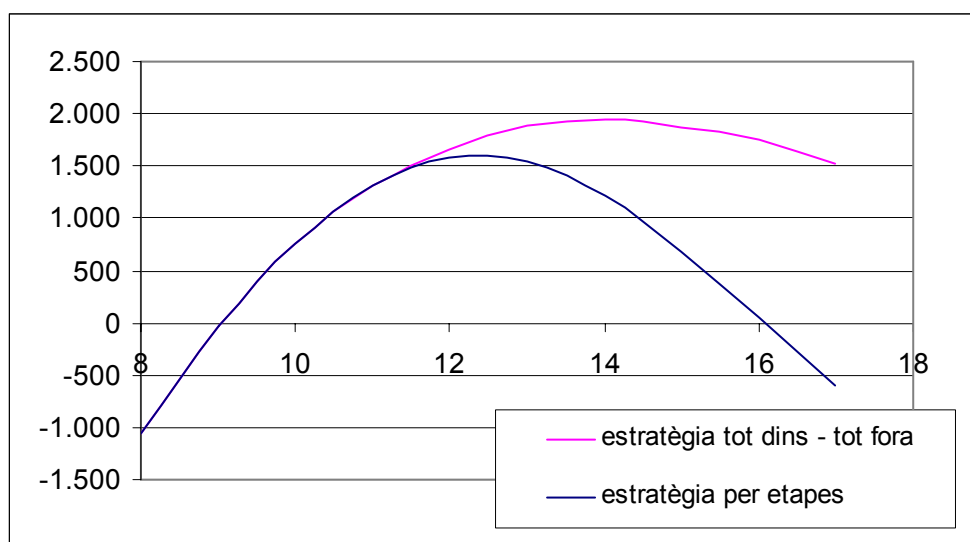


Figura 8 : Evolució del marge esperat per lot en funció de l'etapa d'acabament (setmanes des d'inserció) seguint una estratègia tot dins – tot fora i seguint l'estratègia d'enviament per etapes.

No obstant el valor a optimitzar per prendre la decisió encertada és el Valor Anual Esperat el qual depèn de l'etapa en què es finalitza l'engreixament, el

període sanitari i el benefici esperat per animal. Aquest valor es presenta en la Taula 9.

Es pot observar que si fixem com a criteri el Valor Anual Esperat, que equival al benefici que espero treure d'una plaça d'engreixament al llarg del temps, resulta que és millor acabar els engreixaments una etapa abans del que marcava si només es considera un lot d'animals.

La presentació dels resultats òptims es fa en forma de taula (Taula 9) o bé en forma de gràfica (Figura 9). L'estratègia òptima d'enviament per etapes correspon a la marcada en la Taula 8.

Etapa enviament últim grup	Valor Anual esperat (tot dins – tot fora)	Valor òptim esperat (estratègia per etapes)
	Ptes / animal /any	Ptes / animal /any
17	-1.691	4.306
16	171	5.223
15	2.175	5.908
14	4.106	6.568
13	5.577	6.811
12	6.143	6.426
11	5.485	5.514
10	3.456	3.456

Taula 9 : Valor Anual Esperat de la mateixa situació de la Taula 8.

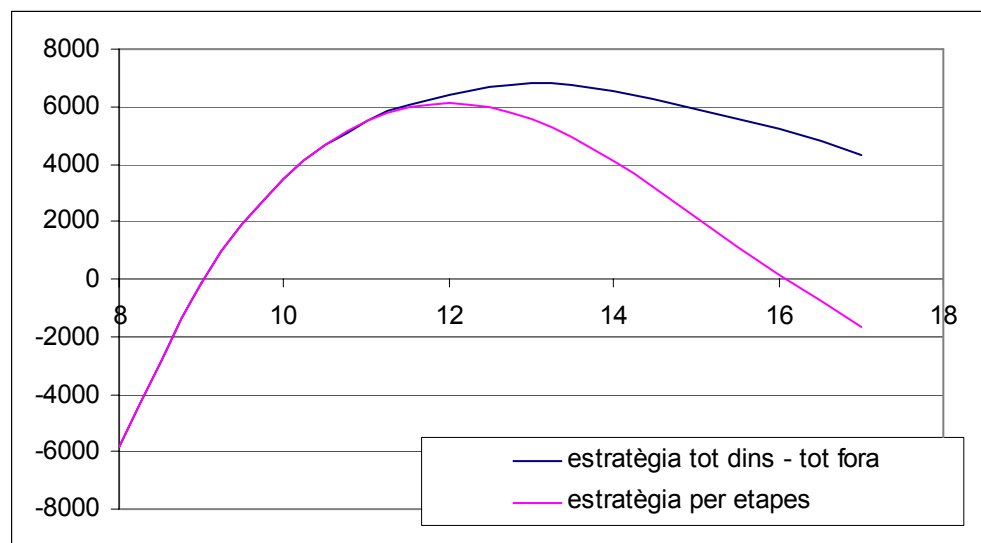


Figura 9: Evolució del marge esperat per any en funció de l'etapa d'acabament (setmana des d'inserció) seguint una estratègia tot dins – tot fora i seguint l'estratègia d'enviament per etapes

9.5.1 Taules de l'algorisme pel càlcul de l'estratègia òptima d'enviament per etapes.

Es presentaran les taules emprades per la resolució de del problema quan només es té en compte una variable d'estat: el percentatge restant d'animals en cada etapa. No obstant, cal remarcar que pel model complet i pels resultats que s'han obtingut s'han considerat dues variables d'estat: el percentatge d'animals restants a l'explotació i l'etapa en què es finalitza l'engreixament

Per cada etapa (n) d'estudi de la fase d'engreixament s'ha d'actualitzar i calcular una taula com la que es presenta en la Taula 10. A continuació es detalla el significat de cada columna.

ESTAT: és el percentatge d'animals que resten a l'explotació en l'etapa n

ACCIÓ: és el percentatge d'animals que s'envien a l'escorxadfor en l'etapa n

VAEE (S) : és el valor esperat dels animals que s'envien a l'escorxador en l'etapa n, és a dir els que corresponen a l'ACCIÓ.

ESTAT SEGÜENT: és el percentatge d'animals que restaran a l'explotació en la següent etapa.

CCE : És el cost de mantenir a l'explotació els animals que restin durant una setmana. Aquest cost dependrà del percentatge d'ocupació de l'explotació.

f * N+1 (S,X) : és el valor òptim de la funció objectiu en l'etapa n+1, és a dir l'etapa següent.

f * N (S,X) : és el valor òptim que s'escull i determinan l'acció a prendre en l'etapa n.

MILLOR ACCIÓ: : és la millor acció que cal prendre.

Les dues taules que es presenten de resultats corresponen a l'etapa 13 i 14 de l'aplicació que es presenta.

La Taula 10 correspon a l'etapa 14 del problema que es presenta. Si encara quedés el 100% dels animals de l'explotació (ESTAT = 100%), s'observa que la millor opció seria enviar-los tots a l'escorxador, i el guany esperat per cadascun d'ells seria 2.125 ptes – 910 (cost de mantenir els animals fins l'etapa 13) = 1.215 ptes/animal.

La Taula 11 correspon a l'etapa 13 i forma part de la mateixa aplicació de la taula 10. En aquest cas, si en l'etapa 13 encara es disposés de tots els animals del lot la millor opció seria enviar el 30% dels animals a l'escorxador en l'etapa 13 i passar a la següent etapa amb el 70% dels animals. Llavors, es pot observar en la Taula 10, que amb el 70% dels animals, el més convenient és enviar-los tot a l'escorxador. El guany esperat per a cada animal és $2.442 - 840$ (cost de mantenir els animals fins l'etapa 12) = 1.602 ptes/animal.

ESTAT	ACCIÓ	VAEE(S)	ESTAT SEGÜENT	CCE	f* N+1 (S,X)	f* N (S,X)	MILLOR ACCIÓ
10%	0	0,0	10%	700,0	-989,4	-1689,4	
10%	10%	-294,3	0%	700,0	0,0	-994,3	10%
20%	0	0,0	20%	350,0	-640,4	-990,4	
20%	10%	-1,0	10%	350,0	-989,4	-1340,4	
20%	20%	-295,3	0%	350,0	0,0	-645,3	20%
30%	0	0,0	30%	233,3	-387,5	-620,8	
30%	10%	104,9	20%	233,3	-640,4	-768,8	
30%	20%	103,9	10%	233,3	-989,4	-1118,8	
30%	30%	-190,4	0%	233,3	0,0	-423,7	30%
40%	0	0,0	40%	175,0	-95,8	-270,8	
40%	10%	219,7	30%	175,0	-387,5	-342,8	
40%	20%	324,6	20%	175,0	-640,4	-490,8	
40%	30%	323,6	10%	175,0	-989,4	-840,8	
40%	40%	29,4	0%	175,0	0,0	-145,6	40%
50%	0	0,0	50%	140,0	202,2	62,2	
50%	10%	264,8	40%	140,0	-95,8	29,0	
50%	20%	484,5	30%	140,0	-387,5	-43,0	
50%	30%	589,4	20%	140,0	-640,4	-191,0	
50%	40%	588,4	10%	140,0	-989,4	-541,0	
50%	50%	294,2	0%	140,0	0,0	154,2	50%
60%	0	0,0	60%	116,7	633,9	517,2	
60%	10%	421,6	50%	116,7	202,2	507,1	
60%	20%	686,4	40%	116,7	-95,8	473,9	
60%	30%	906,1	30%	116,7	-387,5	401,9	
60%	40%	1.011,0	20%	116,7	-640,4	253,9	
60%	50%	1.010,0	10%	116,7	-989,4	-96,1	
60%	60%	715,7	0%	116,7	0,0	599,1	60%
70%	0	0,0	70%	100,0	1106,0	1006,0	
70%	10%	480,6	60%	100,0	633,9	1014,5	
70%	20%	902,2	50%	100,0	202,2	1004,4	
70%	30%	1.167,0	40%	100,0	-95,8	971,2	
70%	40%	1.386,7	30%	100,0	-387,5	899,2	
70%	50%	1.491,6	20%	100,0	-640,4	751,2	
70%	60%	1.490,6	10%	100,0	-989,4	401,2	
70%	70%	1.196,4	0%	100,0	0,0	1096,4	70%

Taula 10: Taula de decisió dels estats 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% i 70% en l'etapa 14 del problema plantejat.

ESTAT	ACCIÓ	VAEE(S)	ESTAT SEGÜENT	CCE	f* N+1 (S,X)	f* N (S,X)	MILLOR ACCIÓ
80%	0	0,0	80%	87,5	1465,2	1377,7	
80%	10%	480,4	70%	87,5	1106,0	1498,9	
80%	20%	961,0	60%	87,5	633,9	1507,4	
80%	30%	1.382,6	50%	87,5	202,2	1497,3	
80%	40%	1.647,4	40%	87,5	-95,8	1464,1	
80%	50%	1.867,1	30%	87,5	-387,5	1392,1	
80%	60%	1.972,0	20%	87,5	-640,4	1244,1	
80%	70%	1.971,0	10%	87,5	-989,4	894,1	
80%	80%	1.676,7	0%	87,5	0,0	1589,2	
90%	0	0,0	90%	77,8	1472,1	1394,3	
90%	10%	357,6	80%	77,8	1465,2	1745,0	
90%	20%	838,0	70%	77,8	1106,0	1866,2	
90%	30%	1.318,6	60%	77,8	633,9	1874,7	
90%	40%	1.740,2	50%	77,8	202,2	1864,6	
90%	50%	2.005,0	40%	77,8	-95,8	1831,4	
90%	60%	2.224,7	30%	77,8	-387,5	1759,4	
90%	70%	2.329,6	20%	77,8	-640,4	1611,4	
90%	80%	2.328,6	10%	77,8	-989,4	1261,4	
90%	90%	2.034,4	0%	77,8	0,0	1956,6	90%
100%	0	0,0	100%	70,0	1665,5	1595,5	
100%	10%	160,6	90%	70,0	1472,1	1562,7	
100%	20%	518,3	80%	70,0	1465,2	1913,4	
100%	30%	998,6	70%	70,0	1106,0	2034,6	
100%	40%	1.479,3	60%	70,0	633,9	2043,1	
100%	50%	1.900,8	50%	70,0	202,2	2033,1	
100%	60%	2.165,6	40%	70,0	-95,8	1999,8	
100%	70%	2.385,4	30%	70,0	-387,5	1927,9	
100%	80%	2.490,3	20%	70,0	-640,4	1779,8	
100%	90%	2.489,3	10%	70,0	-989,4	1429,9	
100%	100%	2.195,0	0%	70,0	0,0	2125,0	100%

Taula 10 (continuació) Taula de decisió dels estats 80%, 90% i 100 en l'etapa 14 del problema plantejat

ESTAT	ACCIÓ	VAEE(S)	ESTAT SEGÜENT	CCE	f* N+1 (S,X)	f* N (S,X)	MILLOR ACCIÓ
10%	0	0,0	10%	700,0	-994,3	-1694,3	
10%	10%	-314,5	0%	700,0	0,0	-1014,5	10%
20%	0	0,0	20%	350,0	-645,3	-995,3	
20%	10%	-13,1	10%	350,0	-994,3	-1357,4	
20%	20%	-327,6	0%	350,0	0,0	-677,6	20%
30%	0	0,0	30%	233,3	-423,7	-657,0	
30%	10%	108,8	20%	233,3	-645,3	-769,8	
30%	20%	95,7	10%	233,3	-994,3	-1131,9	
30%	30%	-218,8	0%	233,3	0,0	-452,2	30%
40%	0	0,0	40%	175,0	-145,6	-320,6	
40%	10%	175,8	30%	175,0	-423,7	-422,9	
40%	20%	284,6	20%	175,0	-645,3	-535,7	
40%	30%	271,4	10%	175,0	-994,3	-897,8	
40%	40%	-43,1	0%	175,0	0,0	-218,1	40%
50%	0	0,0	50%	140,0	154,2	14,2	
50%	10%	260,2	40%	140,0	-145,6	-25,4	
50%	20%	436,0	30%	140,0	-423,7	-127,7	
50%	30%	544,8	20%	140,0	-645,3	-240,5	
50%	40%	531,7	10%	140,0	-994,3	-602,6	
50%	50%	217,1	0%	140,0	0,0	77,1	50%
60%	0	0,0	60%	116,7	599,1	482,4	0%
60%	10%	335,5	50%	116,7	154,2	373,0	
60%	20%	595,7	40%	116,7	-145,6	333,4	
60%	30%	771,5	30%	116,7	-423,7	231,1	
60%	40%	880,3	20%	116,7	-645,3	118,3	
60%	50%	867,1	10%	116,7	-994,3	-243,8	
60%	60%	552,6	0%	116,7	0,0	436,0	
70%	0	0,0	70%	100,0	1096,4	996,4	0%
70%	10%	485,0	60%	100,0	599,1	984,1	
70%	20%	820,5	50%	100,0	154,2	874,7	
70%	30%	1.080,7	40%	100,0	-145,6	835,1	
70%	40%	1.256,5	30%	100,0	-423,7	732,8	
70%	50%	1.365,3	20%	100,0	-645,3	620,0	
70%	60%	1.352,1	10%	100,0	-994,3	257,9	
70%	70%	1.037,6	0%	100,0	0,0	937,6	

Taula 11 : Taula de decisió dels estats 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60 i 70% en l'etapa 13 del problema plantejat

ESTAT	ACCIÓ	VAEE(S)	ESTAT SEGÜENT	CCE	f* N+1 (S,X)	f* N (S,X)	MILLOR ACCIÓ
80%	0	0,0	80%	87,5	1589,2	1501,7	10%
80%	10%	497,3	70%	87,5	1096,4	1506,1	
80%	20%	982,3	60%	87,5	599,1	1493,8	
80%	30%	1.317,8	50%	87,5	154,2	1384,4	
80%	40%	1.578,0	40%	87,5	-145,6	1344,8	
80%	50%	1.753,7	30%	87,5	-423,7	1242,5	
80%	60%	1.862,5	20%	87,5	-645,3	1129,8	
80%	70%	1.849,4	10%	87,5	-994,3	767,6	
80%	80%	1.534,9	0%	87,5	0,0	1447,4	
90%	0	0,0	90%	77,8	1956,6	1878,8	20%
90%	10%	597,0	80%	77,8	1589,2	2108,4	
90%	20%	1.094,2	70%	77,8	1096,4	2112,8	
90%	30%	1.579,3	60%	77,8	599,1	2100,5	
90%	40%	1.914,7	50%	77,8	154,2	1991,1	
90%	50%	2.175,0	40%	77,8	-145,6	1951,5	
90%	60%	2.350,7	30%	77,8	-423,7	1849,2	
90%	70%	2.459,5	20%	77,8	-645,3	1736,5	
90%	80%	2.446,4	10%	77,8	-994,3	1374,3	
90%	90%	2.131,9	0%	77,8	0,0	2054,1	
100%	0	0,0	100%	70,0	2125,0	2055,0	30%
100%	10%	321,6	90%	70,0	1956,6	2208,1	
100%	20%	918,5	80%	70,0	1589,2	2437,8	
100%	30%	1.415,8	70%	70,0	1096,4	2442,2	
100%	40%	1.900,8	60%	70,0	599,1	2429,9	
100%	50%	2.236,3	50%	70,0	154,2	2320,5	
100%	60%	2.496,5	40%	70,0	-145,6	2280,9	
100%	70%	2.672,3	30%	70,0	-423,7	2178,6	
100%	80%	2.781,1	20%	70,0	-645,3	2065,8	
100%	90%	2.768,0	10%	70,0	-994,3	1703,7	
100%	100%	2.453,4	0%	70,0	0,0	2383,4	

Taula 11 (continuació) : Taula de decisió dels estats 80%, 90% i 100% en l'etapa 13 del problema plantejat

La solució òptima del cas que s'han presentat les Taules 10 i 11 és la que es presenta a continuació:

Guany esperat a l'etapa 10 amb l'estat del 100% és = 2.573 ptes – 630 ptes (de cost d'arribar fins l'etapa 10) = **1.943 ptes**, que correspon a l'estratègia de :

- enviar 10% a l'etapa 10
- enviar 10% a l'etapa 12
- enviar 10% a l'etapa 13
- enviar 70% a l'etapa 14

El resum de les Taules anteriors per les següents etapes és:

Etapa 10

ESTAT	ACCIÓ	f*(S,X)
0%		0,0
10%	10%	-1195,7
20%	20%	-1094,7
30%	0%	-946,0
40%	0%	-679,4
50%	0%	-319,0
60%	0%	132,4
70%	0%	696,4
80%	0%	1243,6
90%	0%	1888,1
100%	10%	2573,4

Etapa 11

ESTAT	ACCIÓ	f*(S,X)
0%		0,0
10%	10%	-1169,7
20%	20%	-882,5
30%	30%	-712,6
40%	0%	-504,4
50%	0%	-179,0
60%	0%	249,1
70%	0%	796,4
80%	0%	1331,1
90%	0%	1965,8
100%	10%	2636,5

Etapa 12

ESTAT	ACCIÓ	$f^*(S,X)$
0%		0,0
10%	10%	-1068,5
20%	20%	-754,2
30%	30%	-553,4
40%	40%	-329,4
50%	50%	-39,0
60%	0%	365,7
70%	0%	896,4
80%	0%	1418,6
90%	10%	2043,6
100%	20%	2640,6

Etapa 13

ESTAT	ACCIÓ	$f^*(S,X)$
0%		0,0
10%	10%	-1014,5
20%	20%	-677,6
30%	30%	-452,2
40%	40%	-218,1
50%	50%	77,1
60%	0%	482,4
70%	0%	996,4
80%	10%	1506,1
90%	20%	2112,8
100%	30%	2442,2

Etapa 14

ESTAT	ACCIÓ	$f^*(S,X)$
0%		0,0
10%	10%	-994,3
20%	20%	-645,3
30%	30%	-423,7
40%	40%	-145,6
50%	50%	154,2
60%	60%	599,1
70%	70%	1096,4
80%	80%	1589,2
90%	90%	1956,6
100%	100%	2125,0

Aquesta estratègia correspon a l'òptim, però pot ser que per condicionants de l'entorn productiu, no es pugui fraccionar tant l'enviament. L'aplicació també permet evaluar altres combinacions que, si bé no són l'òptim, es pot saber la distància que separa la combinació de la solució òptima.

Altres combinacions són:

Estratègia	Guany per lot	Distància a l'òptim
enviar 10% a l'etapa 10 enviar 20% a l'etapa 12 enviar 70% a l'etapa 14	1.831 ptes /animal	112 ptes /animal
enviar 30% a l'etapa 12 enviar 70% a l'etapa 14	1.759 ptes /animal	184 ptes / animal
enviar 30% a l'etapa 13 enviar 70% a l'etapa 14	1.602 ptes /animal	341 ptes /animal