

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD CIENCIAS**

**“MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA LA PLANEACIÓN  
DE LA PRODUCCIÓN EN UNA COMPAÑÍA  
PRODUCTORA DE PAVOS COMERCIALES. EL CASO DE  
UNA EMPRESA DE LA CIUDAD DE QUITO”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN  
CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS**

**SILVIA EUGENIA LUGO ALDÁS**  
slugo@turbonet.ec

**DIRECTOR: Ing. Washington Rodríguez M.**  
wrodriguez@pronaca.com

**Quito, junio del 2012**

## DECLARACIÓN

Yo, Silvia Eugenia Lugo Aldás, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Silvia Eugenia Lugo Aldás

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Silvia Eugenia Lugo Aldás, bajo mi supervisión.

---

Ing. Washington Rodríguez M  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Silvia Eugenia Lugo Aldás, en conformidad con el Reglamento de Sistema de Estudios vigente.

---

Dr. Luis Miguel Torres  
CODIRECTOR DE PROYECTO

## **AGRADECIMIENTO**

- *Agradezco a Dios por haberme permitido culminar este proyecto, porque a pesar de muchos desaciertos he podido encontrar el camino correcto.*
- *Mis padres Victor Hugo y Blanca Rocío quien con su amor y apoyo incondicional han estado siempre a mi lado.*
- *A cada uno de mis hermanos en especial a Hugo, Rocío, Paty y Narciza que han sido un apoyo fundamental en momentos difíciles.*
- *A mis sobrinos y en especial Alisson que con su amor han adornado este paseo de mi vida con sonrisas y alegrías.*
- *A Javier Prado el gran amor de mi vida, por su cariño y ayuda en todo este trabajo*
- *Al ingeniero Washington Rodríguez que ha sido el director de este trabajo por su paciencia y apoyo incondicional.*
- *Al doctor Luis Miguel Torres por compartir sus conocimientos y dar luz verde a este trabajo.*

## **DEDICATORIA**

- *Todo este trabajo se lo dedico a mis padres Víctor Hugo y Blanca Rocío, quienes me han enseñado con su ejemplo la constancia, valentía y sacrificio para conseguir los objetivos, siempre me han apoyado en todas mis decisiones, son mi fuente de inspiración, mi razón de ser , sin ellos hubiese sido imposible alcanzar este logro.*
- *Rocío mi hermana, mi compañera, mi amiga, quien ha sido mi motivación diaria en este trabajo.*
- *Paty que ha estado alentándome siempre y me ha enseñado el lado divertido de la vida*
- *Oswaldo García que ha sido un amigo incondicional y me ha permitido compartir y crecer en su compañía*
- *Todos mis hermanos que confiaron en mí y su apoyo moral.*
- *Todos mis amigos que compartieron tristezas y alegrías y han aportado a la culminación de este trabajo.*

## ÍNDICE

<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.....</b>	<b>I</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>PRODUCCIÓN DE PAVOS COMERCIALES.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PAVOS EN EL     ECUADOR .....</b>	<b>9</b>
<b>1.3 INDICADORES PRODUCTIVOS EN LA CRIANZA DE     PAVOS .....</b>	<b>12</b>
1.3.1 CALIDAD DEL PAVO BB.....	12
1.3.2 MORTALIDAD DEL PAVO AL CUARTO DÍA .....	12
1.3.3 PRIMERA SEMANA DE CRIANZA DEL PAVO.....	12
1.3.4 EVOLUCIÓN SEMANAL DEL PAVO .....	14
1.3.5 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL LOTE.....	15
1.3.6 PESO PROMEDIO DEL PAVO EN PIE.....	15
1.3.7 CONVERSIÓN ALIMENTICIA .....	16
1.3.8 GANANCIA DIARIA DE PESO .....	17
1.3.9 PORCENTAJE DE MORTALIDAD.....	17
1.3.10 FACTOR DE EFICIENCIA EUROPEO (FEE).....	18
1.3.11 KILOS POR METRO CUADRADO.....	20
1.3.12 COSTO POR KG DE CARNE PRODUCIDA.....	20
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 CADENA DE VALOR DE LA INDUSTRIA DE PAVOS .....</b>	<b>22</b>
2.1.1 LOGÍSTICA DE ENTRADA .....	22
2.1.2 OPERACIONES .....	22
2.1.3 MARKETING Y VENTAS.....	23
2.1.4 CADENA DE VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE PAVOS COMERCIALES EN EL ECUADOR.....	23
2.1.5 GRANJAS DE PRODUCCIÓN .....	23
2.1.6 PROVISIÓN DE ALIMENTO.....	23
2.1.7 PROVISIÓN DE MEDICINAS .....	23
2.1.8 FAENAMIENTO .....	24

2.1.9	LOGÍSTICA Y VENTAS .....	24
<b>2.2</b>	<b>ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCION DE PAVOS</b> .....	<b>25</b>
2.2.1	PROCESO DE CRIANZA .....	26
2.2.2	PROCESO DE FAENAMIENTO Y LOGÍSTICA .....	26
2.2.3	PROCESO DE VENTAS .....	27
2.2.4	PRINCIPALES ELEMENTOS DEL COSTO .....	27
2.2.4.1	Materias Primas .....	27
2.2.4.2	Mano de Obra Directa .....	27
2.2.4.3	Materiales Directos.....	28
2.2.4.4	Costos Indirectos de Producción .....	28
2.2.4.5	Estimación del Costo de Producción de Pavos.....	29
2.2.4.6	En la Etapa de Crianza de los Pavos.....	29
2.2.4.7	Faenamiento del Pavo.....	30
2.2.4.8	Logística y Ventas .....	30
2.2.4.9	Costos Fijos y Costos Variables .....	30
2.2.5	PRESUPUESTO DE GASTOS Y ASIGNACIÓN DE COSTO.....	32
2.2.6	COSTOS DEL PROCESO DE CRIANZA.....	32
2.2.7	PROCESO DE FAENAMIENTO Y LOGÍSTICA .....	33
2.2.8	VENTAS Y LOGÍSTICA .....	34
<b>2.3</b>	<b>FORMULACIÓN DE MODELOS DE PROGRAMACIÓN</b> <b>LINEAL EN EMPRESAS AVICOLAS .....</b>	<b>36</b>
2.3.1	CASO SADIA CONCORDIA S. A.....	36
2.3.2	MODELO MATEMÁTICO .....	38
2.3.3	IMPLEMENTACIÓN COMPUTACIONAL.....	40
2.3.4	EL CASO DE AVÍCOLA SAN FELIPE DE PARANAÍ.....	42
2.3.5	MODELO MATEMÁTICO .....	43
2.3.6	IMPLEMENTACIÓN COMPUTACIONAL.....	44
<b>CAPÍTULO 3</b>		
<b>FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO .....</b>		<b>46</b>
<b>3.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>3.2</b>	<b>MODELO DE PLANIFICACIÓN DE INGRESO DE PAVO</b> <b>BB</b>	<b>46</b>
3.2.1	DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	46
3.2.2	VARIABLES DE DECISIÓN .....	47
3.2.3	PARÁMETROS Y FUNCIÓN OBJETIVO DEL MODELO.....	47
3.2.4	RESTRICCIONES .....	48



3.2.4.1 Capacidad de las Granjas.....	48
3.2.4.2 Días de Descanso.....	48
3.2.4.3 Restricción de Envíos .....	49
3.2.4.4 Restricción de Flujo.....	49
3.2.4.5 Restricción de Secuencia del ingreso .....	49
3.2.4.6 Modelo General .....	50
<b>3.3 MODELO DE PLANIFICACIÓN DE PEDIDOS DE PAVO BB A PROVEEDORES .....</b>	<b>51</b>
3.3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	51
3.3.2 VARIABLES DE DECISIÓN .....	51
3.3.3 PARÁMETROS Y FUNCIÓN OBJETIVO DEL MODELO.....	52
3.3.4 FUNCIÓN OBJETIVO .....	52
3.3.5 RESTRICCIONES .....	52
3.3.5.1 Demanda de Pavo BB.....	52
3.3.5.2 Capacidad de Galpones .....	52
3.3.5.3 Proveedores .....	52
3.3.5.4 Modelo General .....	53
<b>3.4 MODELO DE FAENAMIENTO .....</b>	<b>53</b>
3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	53
3.4.1.1 Distribución de Pavos por Rangos de Peso .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.4.2 VARIABLES DE DECISIÓN .....	54
3.4.3 PARÁMETROS Y FUNCIÓN OBJETIVO DEL MODELO.....	54
3.4.4 DEFINICIÓN DE RESTRICCIONES .....	55
3.4.4.1 Hembras Disponibles.....	55
3.4.4.2 Machos Disponibles .....	55
3.4.4.3 Demanda por Rangos .....	55
3.4.4.4 Capacidad Máxima de Pavos Faenados por Día .....	55
3.4.4.5 Capacidad Máxima de Kilos Faenados por Día .....	56
3.4.4.6 Modelo General .....	56
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>IMPLEMENTACIÓN COMPUTACIONAL EN WHAT'S BEST .....</b>	<b>58</b>
<b>4.1 GENERALIDADES DEL PROGRAMA .....</b>	<b>58</b>
4.1.1 INTRODUCCIÓN DE DATOS .....	59

<b>4.2</b>	<b>RESULTADOS DEL MODELO.....</b>	<b>60</b>
4.2.1	PROGRAMA DE INGRESO DE PAVITOS DE UN DÍA DE EDAD.....	60
4.2.2	PROGRAMA DE PLANIFICACIÓN DE PEDIDOS DE PAVO BB A PROVEEDORES.....	62
4.2.3	PROGRAMA DE FAENAMIENTO.....	64
4.2.4	ESTADO DE RESULTADOS Y BALANCE GENERAL.....	70
<b>CAPÍTULO 5</b>		
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>73</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	73
5.2	RECOMENDACIONES.....	75
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>76</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>77</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>RESULTADOS DEL PROGRAMA WHAT´S BEST.</b>	

## Índice De Figuras

Figura 1.1 Producción Nacional de Pavos.....	9
Figura 1.2 Tamaño del Mercado 2006-2009 .....	10
Figura 1.3 Tamaño del Mercado 2006-2009 .....	11
Figura 1.4 Peso de los Pavos a la Primera Semana .....	13
Figura 1.5 Distribución de la Mortalidad de Primera Semana. ....	13
Figura 1.6 Mortalidad Semanal .....	14
Figura 1.7 Peso en Pie (Kg).....	15
Figura 1.8 Evolución de la Conversión de Alimento .....	16
Figura 1.9 Evolución de la Ganancia de Peso .....	17
Figura 1.10 Mortalidad Final.....	18
Figura 1.11 Factor de Eficiencia Europeo .....	19
Figura 1.12 Kilos por Metro Cuadrado .....	20
Figura 1.13 Porcentaje de Costos de Producción-2007 .....	21
Figura 2.1 Cadena de valor de Pavos (Tomado de Satir) .....	25
Figura 2.2 Costos Variables y Costos Fijos.....	36
Figura 2.3 Línea de Tiempo para el Modelo Matemático .....	43
Figura 2.4 Variables de Decisión .....	44
Figura 3.1 Costos Variables y Costos Fijos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4.1 Solución del Modelo .....	59
Figura 4.2 Programación del Modelo .....	60
Figura 4.3 Comparación de Producción por Categoría de Peso en Unidades .....	68
Figura 4.4 Diferencia de Producción en Kilos .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Temperatura Recomendada en la Crianza de Pavos.....	3
Tabla 1.2 Consumo de Alimento en el Proceso de Crianza del Pavo .....	4
Tabla 1.3 Peso, Consumo y Conversión de Alimento-Línea Genética Hybrid.....	5
Tabla 1.4 Peso, Consumo y Conversión de Alimento-Línea Genética Nicholas .....	6
Tabla 1.5 Pesos Línea Genética But Aviagen .....	7
Tabla 1.6 Recomendaciones de Uso Máximo de Cereales y Subproductos en Dietas Para Pavos de Engorde (Hybrid, 2000) .....	8
Tabla 1.7 Recomendaciones de uso de Diversas-Fuentes Proteicas y Grasas.....	8
Tabla 1.8 Datos del Tamaño del Mercado.....	11
Tabla 1.9 Variación del Porcentaje de Costos de Producción.....	21
Tabla 2.1 Categorías y Peso de los Pavos .....	28
Tabla 2.2 Costos Durante la Crianza .....	29
Tabla 2.3 Cargos para el Faenamiento del Pavo .....	30
Tabla 2.4 Cargos Por Costos Fijos .....	31
Tabla 2.5 Cargos Por Costos Variables .....	31
Tabla 2.6 Cantidades de Materia Prima.....	32
Tabla 2.7 Costo de Producción-Proceso de Crianza.....	33
Tabla 2.8 Costo del Faenamiento .....	33
Tabla 2.9 Gasto de Administración Ventas y Mercadeo .....	34
Tabla 2.10 Costo Total de Producción .....	34
Tabla 2.11 Costos Fijos y Costos Variables de Producción.....	35
Tabla 4.1 Programa de Ingreso de Pavo BB a las Granjas (Miles) .....	61
Tabla 4.2 Programa de Ingreso de Pavo BB a las Granjas (Miles) .....	63
Tabla 4.3 Pedidos de Pavo BB a Proveedores (Miles).....	63
Tabla 4.4 Programa de Faena de Pavos Año 2007 (Miles) .....	65
Tabla 4.5 Días de Descanso de las Granjas .....	67
Tabla 4.6 Producción de Pavos por Categoría de Peso por Mes (En Miles).....	67
Tabla 4.7 Comparación de la Producción por Categoría de Peso .....	68
Tabla 4.8 Estado de Resultados Año 2007 .....	70
Tabla 4.9 Balance General Diciembre 2007.....	71

## RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio es elaborar un modelo de planificación que integra a cada uno de los eslabones de la cadena de producción de pavo. Hay tres hitos importantes a tomar en cuenta en la cadena de valor de producción de pavos: el ingreso de pavo bb a las granjas, el pedido de pavo bb a proveedores y finalmente el faenamiento.

El plan de ingreso semanal de pavo bb a granjas de engorde optimiza el uso de las capacidades de las granjas y respeta un determinado número de días de descanso entre ingresos a una misma granja, cumple con la demanda establecida por la compañía, considera la tasa de mortalidad de los pavos durante todo el proceso de crianza y, lo más importante, minimiza el costo de ingreso de los pavos bb a las granjas de engorde.

El plan de pedido de pavo bb a proveedores está ligado al plan de ingreso y considera minimizar el costo de realizar el pedido a los diferentes proveedores.

El plan de faena busca minimizar el costo considerando la demanda de pavo, el sexo, la edad de faena, categoría de peso y capacidad de faena de la planta faenadora.

El sistema de planificación de producción de pavos optimiza el cumplimiento del programa de ventas tanto en unidades como en kilogramos y a su vez maximiza la rentabilidad de la compañía.

Con la implementación del nuevo modelo de planificación, las mejoras planteadas se traducen en un incremento en la utilidad operativa del negocio en USD 131 mil anuales. En el caso de kilogramos producidos el modelo propone un incremento de 223 TON al año.

Los resultados descritos en el cuarto capítulo afirman el éxito del modelo, e involucra una serie de decisiones implícitas que garantizan un beneficio para la

empresa. Es evidente que la programación matemática es una herramienta que brinda ayuda al momento de tomar decisiones importantes respecto al giro del negocio.

## **PRESENTACIÓN**

La programación matemática garantiza la automatización de los procesos de planeación de la producción. Las principales razones para la planeación de la producción son: minimizar el costo de ingreso del pavo bb a las granjas, minimizar el costo de pedido de pavo bb a proveedores, minimizar el costo de faena de los pavos.

El programa planteado en este trabajo da solución a toda la cadena de producción de pavos. No se considera un modelo para pronóstico de la demanda debido a que este rubro se convierte en un insumo para la planificación y se da por entendido que la Dirección Comercial ya hizo el modelo de pronóstico. La información proporcionada por la empresa para el modelo corresponde al año 2007 debido a la confidencialidad de la información, sin que ello signifique que el modelo no tenga validez. El modelo no incluye una restricción presupuestaria ya que las capacidades de las diferentes instalaciones requeridas para la producción de pavos están definidas y por tanto en el presupuesto de ventas ya considera los costos y gastos correspondientes, sin embargo, esto no implica que el modelo pierda consistencia en su estructura.

En el primer Capítulo se describe la evolución de la producción de pavos en el Ecuador, y los principales indicadores productivos en la crianza de pavos con el objetivo de conocer a profundidad cuál es el proceso de producción de pavos comerciales.

En el segundo Capítulo se conoce la cadena de valor de la producción de pavos comerciales, los principales costos, además ejemplos de empresas avícolas que han utilizado la programación matemática para la planeación de la producción. Se introduce la modelización matemática y los resultados obtenidos.

En el tercer Capítulo se realiza la formulación matemática del programa, para ello se plantea con claridad las variables de decisión, función objetivo y parámetros del modelo y, finalmente definición de restricciones.

En el cuarto Capítulo se realizó la implementación en el software What's Best, y se describen los resultados obtenidos para cada uno de los modelos planteados. Además se plantea un análisis de los logros económicos alcanzados mediante el Estado de Resultados y el Balance General.

En el quinto Capítulo, se encuentran detalladas las conclusiones y recomendaciones de los resultados obtenidos del programa y del análisis realizado.

# CAPÍTULO 1

## PRODUCCIÓN DE PAVOS COMERCIALES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El sector avícola ecuatoriano ha experimentado un gran desarrollo en sus diferentes líneas de producción: pollos, gallinas ponedoras, codornices, patos, avestruces y pavos.

El presente estudio pondrá énfasis en la producción de pavos comerciales, para lo cual se inicia con una introducción en el manejo de la crianza de éstas aves, desde que se importan los pavitos de un día de edad, que en lo sucesivo será llamado pavo bb, hasta su sacrificio y comercialización.

En lo referente a genética de pavos existen dos compañías internacionales dedicadas a la reproducción de pavos, las cuales, se reparten el mercado mundial; un tercer reproductor de pavos importante se enfoca en el mercado estadounidense.

“Aviagen Turkeys fue creada en 2005, a raíz de la compra de British United Turkeys (B.U.T.), propiedad de la compañía de sanidad animal Merial, por parte de Aviagen. Esta empresa cuenta con 350 empleados y dos marcas de genética de pavo, suministra pavos recién nacidos a todo el mundo a través de Nicholas (EEUU) y B.U.T., líder del mercado europeo con una participación de más del 55% en genética de pavos”<sup>1</sup>.

“Hybrid Turkeys, Canadá, pertenece a Nutreco Hybrid; ostenta el segundo puesto en ventas de genética de pavos, con una cuota de mercado del 34%”<sup>2</sup>.

“Willmar Poultry Company (WPC) atiende a cerca de la tercera parte del mercado de reproducción de pavos en Estados Unidos, incluyendo compañías integradas de comercialización de alimentos y criadores independientes de

---

<sup>1</sup><http://www.aviagen.com/home.aspx?siteId=1> (visitada el 4 de Octubre 2011)

<sup>2</sup>B.J. Wood, H. Wojcinski and N. Buddiger, Hybrid Turkeys (2006): Company Consolidation And The Responsibility of The Primary Turkey Breeders, VIII Congreso Mundial de Genética Aplicada a la Producción Ganadera, 13-18, Agosto, 2006, Belo Horizonte, MG, Brasil



pavos. Algunas marcas importantes son: Sara Lee Foods, Cargill Turkey Production, Farbest Farms”<sup>3</sup>.

El pavo híbrido se caracteriza por ser blanco y de pechuga ancha, proviene del cruzamiento de dos líneas genéticas. El macho que es de gran tamaño y excelente desarrollo alcanza un peso adulto de 20 kg. La hembra se caracteriza por ser una excelente productora de huevos; en promedio pesa 7 kg. El cruzamiento de ambas especies es imposible de lograr por apareamiento normal, por lo cual, es imprescindible el empleo de la inseminación artificial para la producción de huevos fértiles para incubar.

El proceso productivo del pavo en Ecuador inicia con la importación de los pavos bb al país. Se considera el tamaño de pavo comercial y el desempeño zotécnico que se desee producir. Se importan distintas líneas genéticas: BUT, Hybrid ó Nicholas provenientes en su mayoría de Chile, Perú y pequeñas cantidades de USA. Los pavos bb son transportados en cajas de cartón a las granjas, donde permanecen por un período de 12 a 15 semanas.

Cuando los pavos bb llegan a los galpones de engorde se ubican dentro de unos pequeños círculos. Allí, aprovechan de mejor manera el calor para evitar que se mueran; además tienen un sigiloso cuidado hasta que alcanzan los 15 días de edad y superan la etapa crítica de crecimiento; luego, a medida que crecen se amplía el diámetro de los círculos hasta cuando se liberan por completo dentro del galpón.

“El porcentaje promedio de mortalidad registrado en Ecuador para pavos comerciales durante todo su ciclo de vida es de un 7%. Este es un valor bastante alto comparado con parámetros internacionales (1,2%); esto lo logran teniendo un especial cuidado y un manejo adecuado de estas aves”<sup>4</sup>.

Los pavos bb son muy vulnerables en los primeros días de vida; por lo tanto, hay que tomar estrictos cuidados para el buen desarrollo de su crecimiento. Algunos de los cuidados más importantes son: suministrar agua constantemente, lavar los bebederos dos veces al día con agua y desinfectante antes de usarlos, mover el alimento cada dos horas, vigilar la humedad de la cama, así como también verificar la adecuada temperatura y ventilación las 24

<sup>3</sup> <http://www.willmarpoultry.com/home.asp> (visitada el 4 de Octubre 2011)

<sup>4</sup> Agrotendencia.com , *Proceso productivo de pavos*,

horas del día; los tres primeros días se recomienda utilizar luz las 24 horas. La temperatura es el factor fundamental de la crianza en los primeros días de vida de los pavos bb como se detalla en la Tabla 1.1. Durante la primera semana de ingreso a la granja deberá encontrar una temperatura de 35°C en la cama y 24°C en el ambiente del galpón. En la Tabla 1.1 se indican las temperaturas recomendadas según la edad de los pavos durante las primeras seis semanas; posteriormente se puede mantener la temperatura constante de 18°C, tanto en la cama como, en el interior del galpón.

**Tabla 1.1 Temperatura Recomendada en la Crianza de Pavos**

SEMANA	TEMPERATURA
1	35°C cama y 24 °C galpón.
2	32 °C cama y 22 °C galpón.
3	29 °C cama y 21 °C galpón.
4	25 °C cama y 21 °C galpón.
5	21 °C cama y 18 °C galpón
>=6	18 °C cama y 18 °C galpón.

Fuente: Manual de Manejo para la Crianza de Pavos

La primera vacuna se suministra a los 7 días de edad; consiste en agregar una gota de la vacuna en el ojo del pavo, para introducir el virus en una glándula inmunológica y estimular la producción de anticuerpos.

Luego a los 28 días de edad se hace una segunda vacunación por medio del agua para activar la memoria inmunológica y cada 4 semanas para mantener altos títulos de la vacuna en los diferentes lotes de pavos.

La alimentación representa entre el 60% y 70% del costo total de todo el proceso de crianza; por lo cual, se debe realizar una adecuada selección de proveedores de alimento. La alimentación del pavo representa una variable fundamental por la relación directa que existe con el peso en el momento de comercialización. A los pavos que se comercializan con peso de 5 a 7 kilogramos se les suministran alrededor de 3 a 4 tipos de alimento (iniciador, crecimiento 1, crecimiento 2, y terminador); a mayor peso de comercialización son más los tipos de alimentos que recibe (pre inicio, inicio1, inicio 2, crecimiento 1, crecimiento 2 y terminador); incluso, sugieren suministrar

alimentos diferentes para machos y hembras según las recomendaciones de las líneas genéticas.

En la Tabla 1.2 se indica el consumo de alimento durante todo el proceso de crianza del pavo.

**Tabla 1.2 Consumo de Alimento en el Proceso de Crianza del Pavo**

<b>CONSUMO DE ALIMENTO DURANTE TODO EL PROCESO DE CRIANZA DEL PAVO (LINEA GENETICA HYBRID)</b>			
<b>EDAD SEMANAS</b>	<b>TIPO DE ALIMENTO</b>	<b>CONSUMO ALIMENTO KG</b>	<b>CONSUMO ACUMULADO KG</b>
2	Pre iniciador	0,23	0,23
4	Iniciador I	0,70	0,93
8	Iniciador II	1,71	2,64
12	Crecimiento I	2,59	5,23
16	Crecimiento II	3,10	8,33
18	Terminador	3,25	11,58

Fuente: <http://www.produccion-animal.com>, visitada 22 de noviembre 2011

La carne de pavo es muy apreciada por el alto contenido de fibra. Estas aves pueden llegar a pesar en promedio desde 7,5 Kg hasta 9 Kg en las hembras y los machos desde 12 Kg hasta 19 Kg de acuerdo a la edad y del peso comercial que se desee producir. La Tabla 1.3 señala la edad en semanas y peso en Kg, consumo kg, el consumo acumulado en kg y la conversión de alimento acumulado de la línea genética Hybrid, la cual es un referente para el sector avícola.

**Tabla 1.3 Peso, Consumo y Conversión de Alimento-Línea Genética Hybrid**

TABLA DE PESO, CONSUMO Y CONVERSIÓN DE ALIMENTO LINEA GENETICA HYBRID								
MACHOS					HEMBRAS			
EDAD SEMANA	PESO KG	CONSUMO KG	CONSUMO ACUMULADO KG	CONVERSIÓN DE ALIMENTO ACUMULADO	PESO KG	CONSUMO KG	CONSUMO ACUMULADO KG	CONVERSIÓN DE ALIMENTO ACUMULADO
1	0,17	0,17	0,17	1,06	0,16	0,19	0,19	1,19
2	0,35	0,23	0,40	1,17	0,34	0,23	0,42	1,23
3	0,74	0,52	0,92	1,25	0,73	0,52	0,94	1,29
4	1,32	0,78	1,70	1,29	1,17	0,61	1,55	1,33
5	2,06	1,06	2,76	1,34	1,72	0,87	2,42	1,41
6	2,96	1,37	4,13	1,39	2,39	1,11	3,53	1,48
7	3,97	1,65	5,78	1,46	3,15	1,34	4,87	1,55
8	5,07	1,85	7,63	1,51	3,98	1,56	6,43	1,61
9	6,23	2,2	9,83	1,58	4,86	1,77	8,2	1,69
10	7,44	2,44	12,27	1,65	5,75	1,96	10,16	1,77
11	8,67	2,64	14,91	1,72	6,62	2,21	12,37	1,87
12	9,93	2,95	17,86	1,8	7,47	2,23	14,6	1,95
13	11,22	3,31	21,17	1,89	8,27	2,24	16,84	2,04
14	12,54	3,46	24,63	1,96	9,02	2,26	19,1	2,12
15	13,85	3,64	28,27	2,04	9,7	2,27	21,37	2,2
16	15,12	3,92	32,19	2,13	10,32	2,27	23,64	2,29
17	16,37	4,13	36,32	2,22	10,88	2,31	25,95	2,38
18	17,58	4,17	40,49	2,3	11,38	2,33	28,28	2,49
19	18,76	4,35	44,84	2,39	11,82	2,36	30,64	2,59
20	19,89	4,44	49,28	2,48	12,25	2,38	33,02	2,7
21	20,96	4,68	53,96	2,57				
22	21,98	4,77	58,73	2,67				

Fuente:<http://es.aviagen.com/>, visitada 20 de octubre 2011

Cada línea genética Nicholas y But presentan tablas de peso, consumo y conversión de alimento. La Tabla 1.4 muestra los pesos de acuerdo a la edad y estos datos referenciales se han usado en los indicadores de crecimiento y desarrollo.

**Tabla 1.4 Peso, Consumo y Conversión de Alimento-Línea Genética Nicholas**

TABLA DE PESO, CONSUMO Y CONVERSIÓN DE ALIMENTO LINEA GENETICA NICHOLAS						
HEMBRAS				MACHOS		
EDAD SEMANAS	PESO KG	CONSUMO KG	CONSUMO ACUMULADO KG	PESO KG	CONSUMO KG	CONSUMO ACUMULADO KG
1	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15
2	0,31	0,21	0,35	0,4	0,29	0,44
3	0,64	0,43	0,78	0,79	0,5	0,94
4	1,05	0,59	1,37	1,29	0,69	1,63
5	1,53	0,78	2,15	1,9	0,89	2,52
6	2,14	1,04	3,19	2,7	1,26	3,78
7	2,83	1,28	4,47	3,65	1,61	5,39
8	3,59	1,45	5,92	4,7	1,85	7,24
9	4,4	1,66	7,58	5,88	2,23	9,47
10	5,27	1,85	9,43	7,25	2,71	12,18
11	6,05	1,94	11,37	8,57	2,82	15
12	6,79	1,93	13,3	9,86	3,05	18,05
13	7,57	2,14	15,44	11,19	3,32	21,37
14	8,31	2,16	17,6	12,54	3,58	24,95
15	9	2,29	19,89	13,89	3,8	28,75
16	9,68	2,26	22,15	15,23	4,15	32,9
17	10,31	2,27	24,42	16,56	4,36	37,26
18	10,88	2,67	27,09	17,85	4,69	41,95
19	11,41	2,35	29,44	19,1	4,84	46,79
20	11,9	2,56	32	20,29	4,75	51,54
21	12,29	2,29	34,29	21,42	5	56,54
22	12,64	2,35	36,64	22,45	5,2	61,74

Fuente: <http://es.aviagen.com/>, visitada 20 de octubre 2011

Tabla 1.5 Pesos Línea Genética But Aviagen

TABLA DE PESOS LINEA GENETICA BUT AVIAGEN		
EDAD SEMANAS	MACHOS PESO KG	HEMBRAS PESO KG
1	0,15	0,15
2	0,37	0,33
3	0,72	0,61
4	1,21	1
5	1,86	1,51
6	2,64	2,12
7	3,56	2,82
8	4,59	3,59
9	5,71	4,41
10	6,9	5,26
11	8,15	6,12
12	9,43	6,99
13	10,72	7,84
14	12,03	8,68
15	13,32	9,48
16	14,6	10,25
17	15,85	10,98
18	17,08	11,66
19	18,28	12,29
20	19,45	12,87
21	20,61	
22	21,75	

Fuente:<http://es.aviagen.com/>, visitada 20 de octubre 2011

Las líneas genéticas que producen pavos se encargan de proveer un manual de alimentación para el óptimo crecimiento al sector dedicado a la crianza de pavos. La Tabla 1.6 y Tabla 1.7 indican una dieta rica en cereales y proteínas para los pavos de engorde Hybrid, 2000.

**Tabla 1.6 Recomendaciones de Uso Máximo de Cereales y Subproductos en Dietas para Pavos de Engorde (Hybrid, 2000)**

<b>RECOMENDACIONES DE USO MÁXIMO DE CEREALES Y SUBPRODUCTOS EN DIETAS PARA PAVOS DE ENGORDE EN GR (HYBRID, 2000)</b>			
<b>PRODUCTO</b>	<b>0 - 3 sem</b>	<b>3-12 sem</b>	<b>&gt; 12 sem</b>
MAÍZ	70	100	100
SORGO	30	40	50
TRIGO	25	25	30
TRIGO + ENZIMAS	50	50	60
AVENA	7	20	—
CEBADA	10	15	25
CEBADA + ENZIMAS	40	40	50
CENTENO	0	2	7
TRITICALE	2	10	15
ARROZ	6	15	25
SALVADO DE TRIGO			25
GLUTEN DE MAÍZ, 60%	12	20	25
GLUTEN FEED, 20%	10	15	20
DDGS	5	7	7
SUBPRODUCTO DE GALLETAS	3	6	7

Fuente: R. Lázaro, G.G. Mateos y M.A. Latorre, *Nutrición y Alimentación de Pavos de Engorde*

**Tabla 1.7 Recomendaciones de Uso de Diversas-Fuentes Proteicas y Grasas**

<b>RECOMENDACIONES DE USO DE DIVERSAS FUENTES PROTEICAS Y GRASAS EN GR (HYBRID, 2000)</b>			
<b>PRODUCTO</b>	<b>0 - 3 sem</b>	<b>3-12 sem</b>	<b>&gt; 12 sem</b>
HARINA DE SOYA, 48%	33	33	33
HARINA DE GIRASOL	7	10	20
HARINA DE COLZA	3	5	7
HARINA DE ALGODÓN	4	7	7
SOYA INTEGRAL TOSTADA	10	15	25
HARINA DE PESCADO	5	10	10
GRASA A NIMAL	5	7	8
GRASA VEGETAL	5	7	8

Fuente: R. Lázaro, G.G. Mateos y M.A. Latorre, *Nutrición y Alimentación de Pavos de Engorde*

El monitoreo de la ganancia de peso se lo realiza cada semana para obtener mejores resultados. Los pavos tienen gran respuesta cuando son estimulados para el consumo de un adecuado alimento. Según los indicadores del proceso, los pavos deben pesar entre 1,4 y 1,6 kilogramos a los 35 días de edad y cuando llegan a la edad de faena, los pavos en promedio pesan de 9 a 10 kilogramos. El proceso de faena se realiza de acuerdo a la cuota de demanda y a la planificación de la producción.

## 1.2 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PAVOS EN EL ECUADOR

El mercado de los pavos comerciales ha tenido un crecimiento acelerado en estos últimos 10 años; cabe destacar que a inicios del 2000, la producción de pavo era incipiente, más aún, la demanda siempre ha estado por encima de la oferta y por ello las importaciones han tomado un papel importante en este sector; tal es así, que para ese mismo año las importaciones fueron de 305 toneladas métricas y se han incrementado progresivamente. En el año 2007 se evidenció un repunte con 1.721 toneladas métricas; cinco veces más que en el año 2000.

La oferta de pavos en el Ecuador al 2009, según el CONAVE<sup>5</sup>, fue provista por cinco empresas procesadoras: PRONACA 67%, Grupo Oro 18 %, DISCARNA 6%, AVITALSA 4%, POFASA 4% y otros 1%.



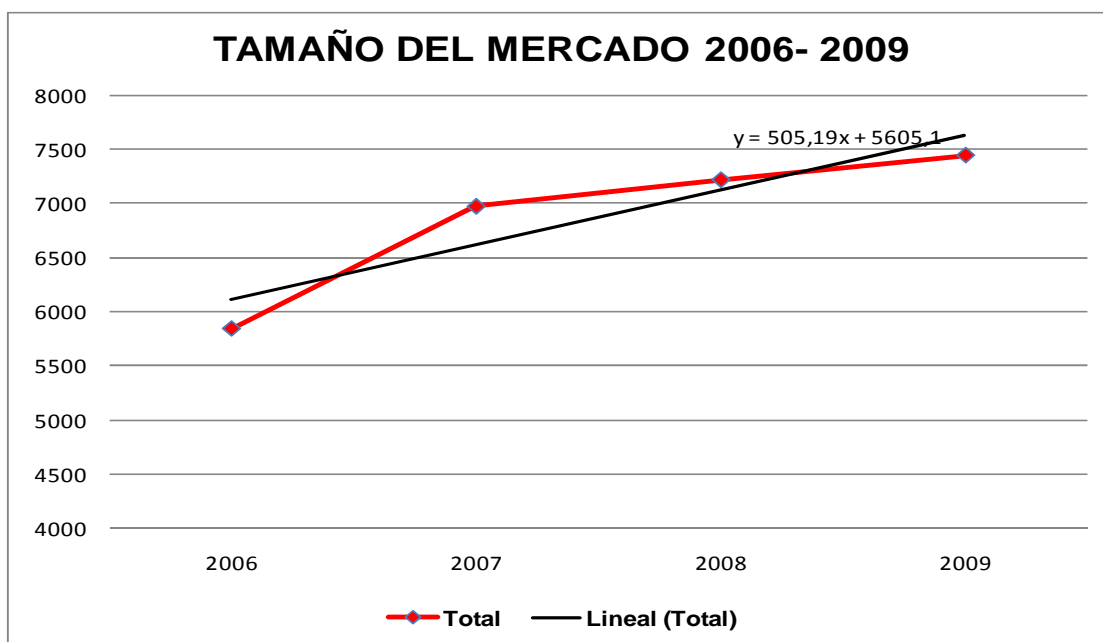
**Figura 1.1 Producción Nacional de Pavos**

<sup>5</sup>CONAVE: Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador



La demanda de mercado de pavos está formada por la producción nacional y las importaciones. Según las estadísticas del CONAVE, al 2009 se registraron 6.450 toneladas métricas de producto nacional (89%) y 893 toneladas (11%) de importaciones, con una demanda neta de 7.443 toneladas métricas; además el crecimiento con respecto al 2008 es del 6,8%, lo que indica que el consumo tiene una tendencia ascendente.

A continuación se muestra la tendencia de la demanda del mercado 2006-2009.



**Figura 1.2 Tamaño del Mercado (TM) 2006-2009**

Fuente: CONAVE, 2009

La Figura 1.2 muestra una tendencia creciente de 505 TM anuales en promedio, con una tasa de mortalidad de los pavos promedio de 7% lo que ha permitido que el crecimiento de este sector sea constante.

A medida que se ha incrementado el consumo de pavos, las procesadoras han innovado y optimizado sus procesos, y como resultado han reducido la tasa de mortalidad de pavos, el tiempo de crianza y la conversión de alimento; el proceso es más eficiente.

La Figura 1.3 muestra el crecimiento de la producción nacional y la contracción de las importaciones desde el año 2006 al 2009; esto se debe en gran medida

a la colaboración del Estado a través del MAGAP y CONAVE con medidas arancelarias para favorecer al productor nacional, lo que ha beneficiado a este sector impulsando su crecimiento.

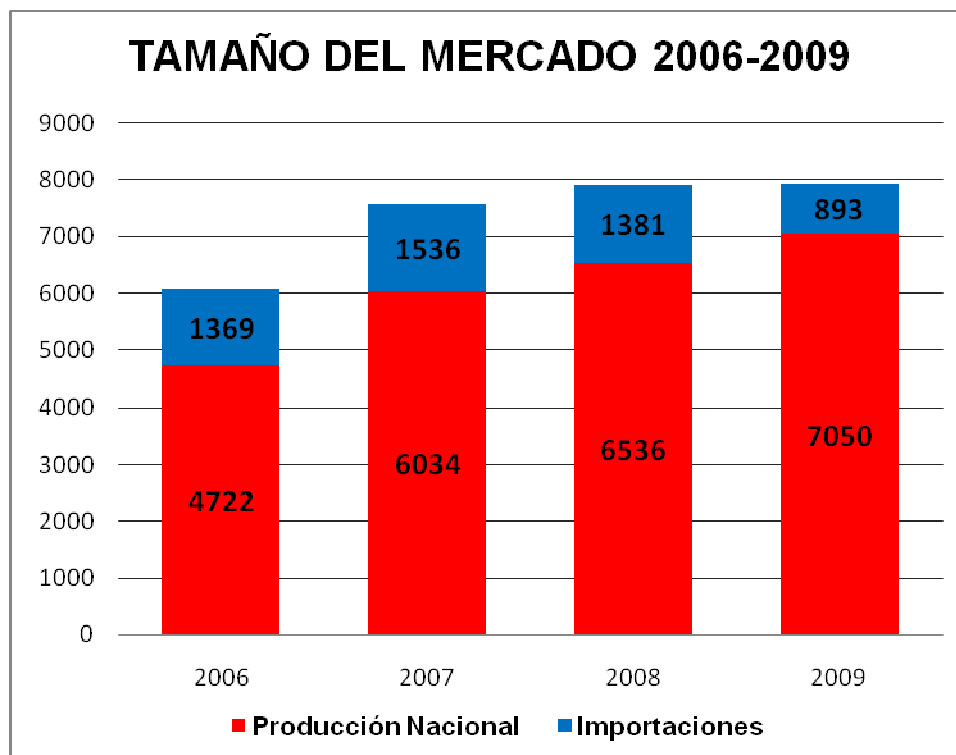


Figura 1.3 Tamaño del Mercado 2006-2009

Fuente: CONAVE, 2009

Tabla 1.8 Datos del Tamaño del Mercado

DATOS DEL TAMAÑO DEL MERCADO			
AÑO	PRODUCCION NACIONAL	IMPORTACION PROCESADO	TOTAL
2006	4.722	1.369	6.091
2007	6.034	1.536	7.550
2008	6.536	1.381	7.917
2009	7.050	893	7.943

Fuente: CONAVE, 2009

En el Ecuador, el consumo de la carne de pavo entero representa el 90% y despresado apenas el 10%, siendo un producto totalmente estacional con el 95% de la demanda concentrada en diciembre.

### **1.3 INDICADORES PRODUCTIVOS EN LA CRIANZA DE PAVOS**

Existen diferentes indicadores que miden el logro de los objetivos durante cada etapa del desarrollo del lote. El proceso de crianza se divide en etapas y se distinguen las siguientes: Calidad del Pavito bb, Primera semana, Semanal y Resultado Final.

#### **1.3.1 CALIDAD DEL PAVO BB**

Un pavito BB sano, robusto y de gran vitalidad producirá un pavo resistente a las enfermedades y llegará con rapidez a los estándares de crecimiento. Para medir la calidad de pavo bb se pone mucho énfasis en el porcentaje de mortalidad al cuarto día.

#### **1.3.2 MORTALIDAD DEL PAVO AL CUARTO DÍA**

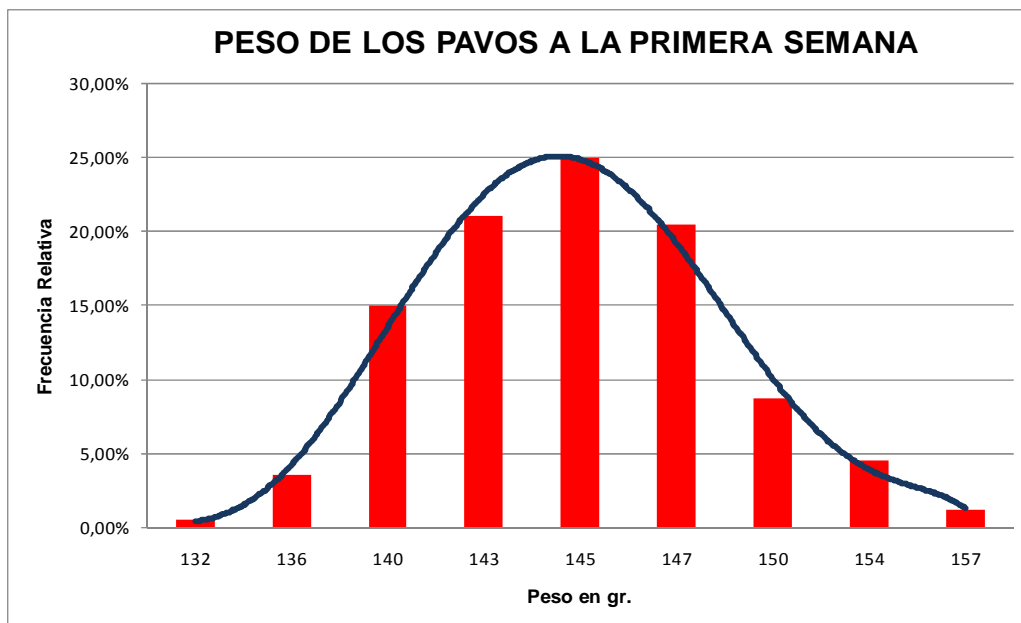
La mortalidad al cuarto día está estrechamente relacionada con el proceso de incubación. Esta medida ayudará a evidenciar problemas posibles de contaminación o descartes genéticos.

$$\% \text{ Mortalidad } 4\text{to día} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de pavos muertos hasta el 4to día}}{\text{N}^{\circ} \text{ de pavos ingresados}} \quad (1.1)$$

#### **1.3.3 PRIMERA SEMANA DE CRIANZA DEL PAVO**

La primera semana es la etapa más importante del proceso de crianza del pavo de engorde. Si las condiciones son adecuadas para que el pavo bb llegue a la primera semana con buenas características, se asegura un lote con buen resultado. Las medidas más comunes en primera semana son: Peso y porcentaje de mortalidad.

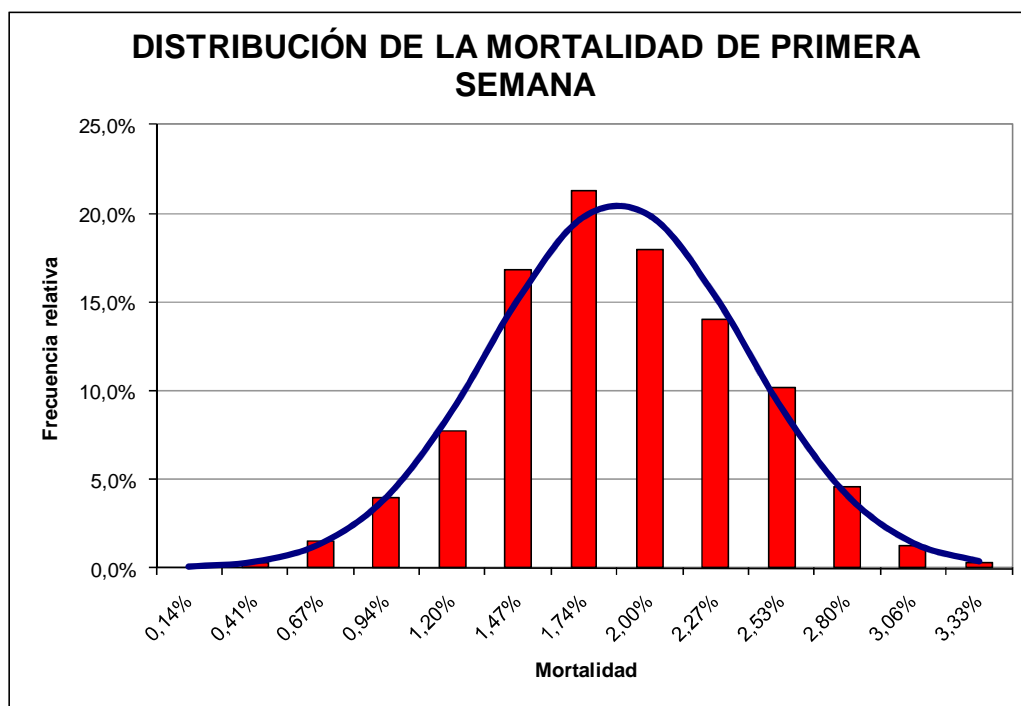
La Figura 1.4 fue desarrollada con un lote de 1.000 pavos, mientras los pavos se acercan más al peso de la tabla proporcionada por la línea genética en la primera semana, mejor es el desempeño del lote; como se puede observar en la Figura 1.4 en promedio los pavos a la primera semana pesan 144 gr.



**Figura 1.4 Peso de los Pavos a la Primera Semana**

Generalmente se considera el porcentaje de mortalidad en la primera semana inferior al 3,33% y este valor tiene una responsabilidad compartida entre la mortalidad en tránsito y el manejo del criador.

La Figura 1.5 muestra la distribución del porcentaje de mortalidad de la primera semana.



**Figura 1.5 Distribución de la Mortalidad de Primera Semana.**

### 1.3.4 EVOLUCIÓN SEMANAL DEL PAVO

Los parámetros a medir son básicamente dos: peso promedio semanal y porcentaje de mortalidad semanal en todo el proceso de producción de pavos.

Es evidente que hay otras medidas a considerar en la evolución semanal del lote, sin embargo, se consideran las dos que se han mencionado como las medidas más importantes para evaluar el desempeño del lote.

El control semanal del peso promedio proporciona una idea clara de la fecha probable de faena. En cuanto a la mortalidad, el registro semanal también es importante controlar ya que se puede estimar cuántos pavos llegarán a la faena y confirmar el cumplimiento del presupuesto o programa de producción.

Las Figura 1.6 muestra la mortalidad semanal y la mortalidad acumulada durante las 15 semanas del proceso de crianza de pavos. Como se observa la primera semana es la más crítica, pues la tasa de mortalidad es mucho más alta.

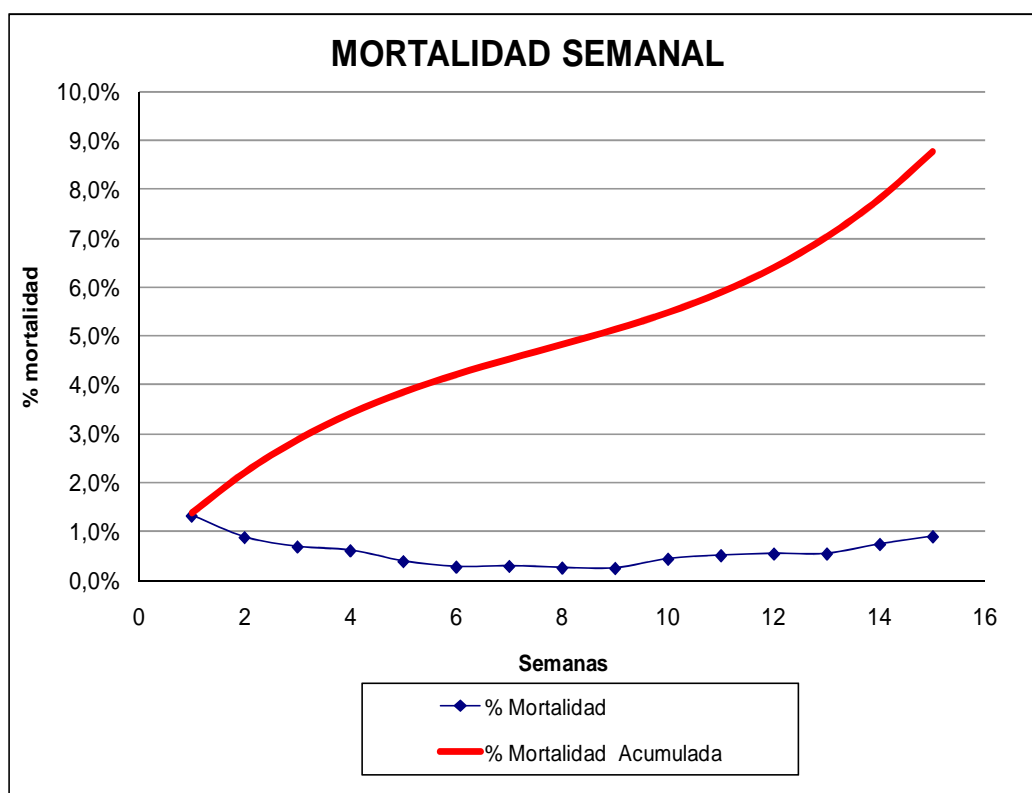


Figura 1.6 Mortalidad Semanal

### 1.3.5 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL LOTE

Las medidas anteriores permiten evaluar el desempeño durante la vida del lote, así como, controlar y tomar decisiones para corregir cualquier desviación dentro de lo programado. La evaluación del lote se la realiza con el objeto de medir el desempeño final de las aves.

Para evaluar el resultado final se tienen las siguientes medidas: Peso Promedio (PP), Conversión alimenticia (CA), Edad de sacrificio (Edad), Ganancia diaria de peso (GDP), % de mortalidad (% M), Factor de Eficiencia Europeo (FEE), Kilos por m<sup>2</sup> (Kg/ m<sup>2</sup>), Costo por Kg de carne producida (Costo/Kg).

### 1.3.6 PESO PROMEDIO DEL PAVO EN PIE

El peso promedio corresponde al peso que en promedio tuvo cada pavo al sacrificio del lote.

$$PP = \frac{\text{Kg de carne producida}}{\text{N}^\circ \text{ de pavos faenados}} \quad (1.2)$$

La Figura 1.7 indica la evolución del peso promedio desde el año 2005 al 2009.



Figura 1.7 Peso en Pie (Kg)

### 1.3.7 CONVERSIÓN ALIMENTICIA

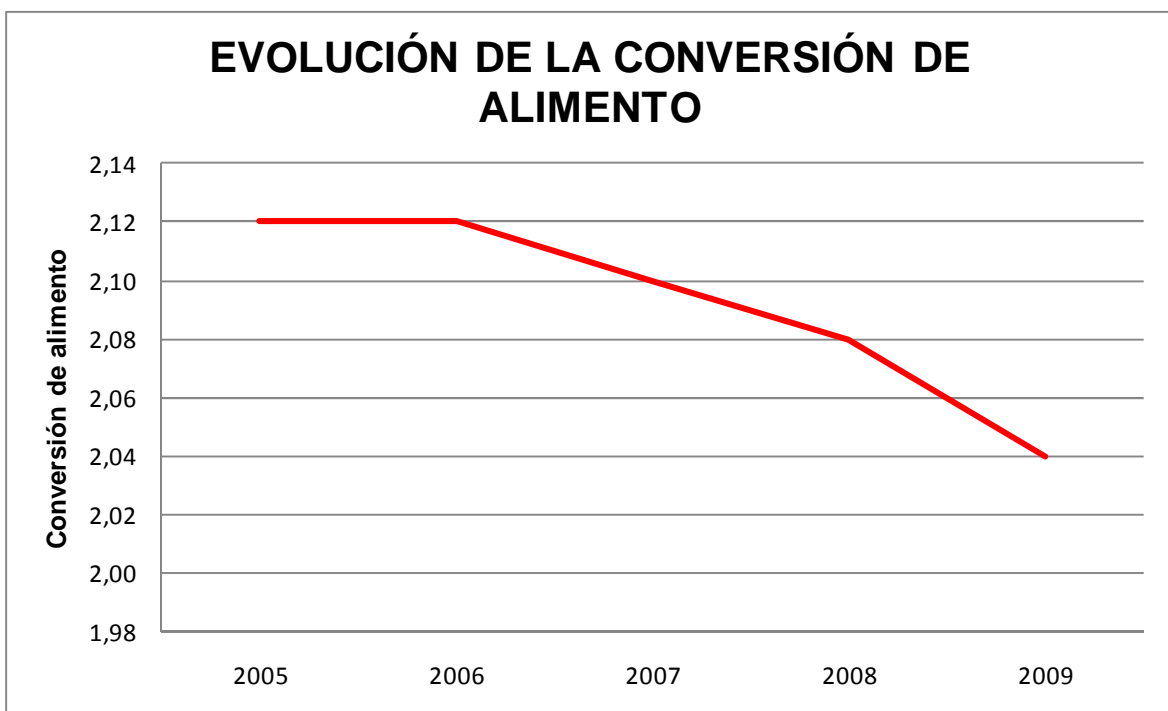
En general, la conversión alimenticia es una medida de la productividad de un animal y se define como la relación entre el alimento que consume con el peso que gana.

Por ejemplo, si se usan cuatro kilos de alimento para producir dos kilos de carne de pavo, la conversión alimenticia es 2.00 (4 kilos divididos por 2 kilos). Es evidente que cuanto menor sea la conversión más eficiente es el pavo.

Matemáticamente la relación se expresa de la siguiente manera:

$$CA = \frac{\text{Kg alimento consumido}}{\text{Kg de carne producida}} \quad (1.3)$$

La Figura 1.8 presenta la evolución de la conversión alimenticia desde el año 2005 al año 2009



**Figura 1.8 Evolución de la Conversión de Alimento**

La Figura 1.8 indica que la conversión alimenticia va disminuyendo año tras año. Este resultado se ve muy favorable si se toma en cuenta la evolución del peso promedio. Como se puede observar cada año el criador ha mejorado su eficiencia.

### 1.3.8 GANANCIA DIARIA DE PESO

La ganancia diaria de peso es el promedio de ganancia de peso que el pavo tuvo por cada día de vida. Se obtiene este valor de la división del peso promedio (PP) menos el peso inicial (Po) para la edad de faena.

$$GDP = \frac{PP - P_o}{Edad} \quad (1.4)$$

La Figura 1.9 indica la tendencia de la ganancia diaria de peso desde el año 2005 al año 2009

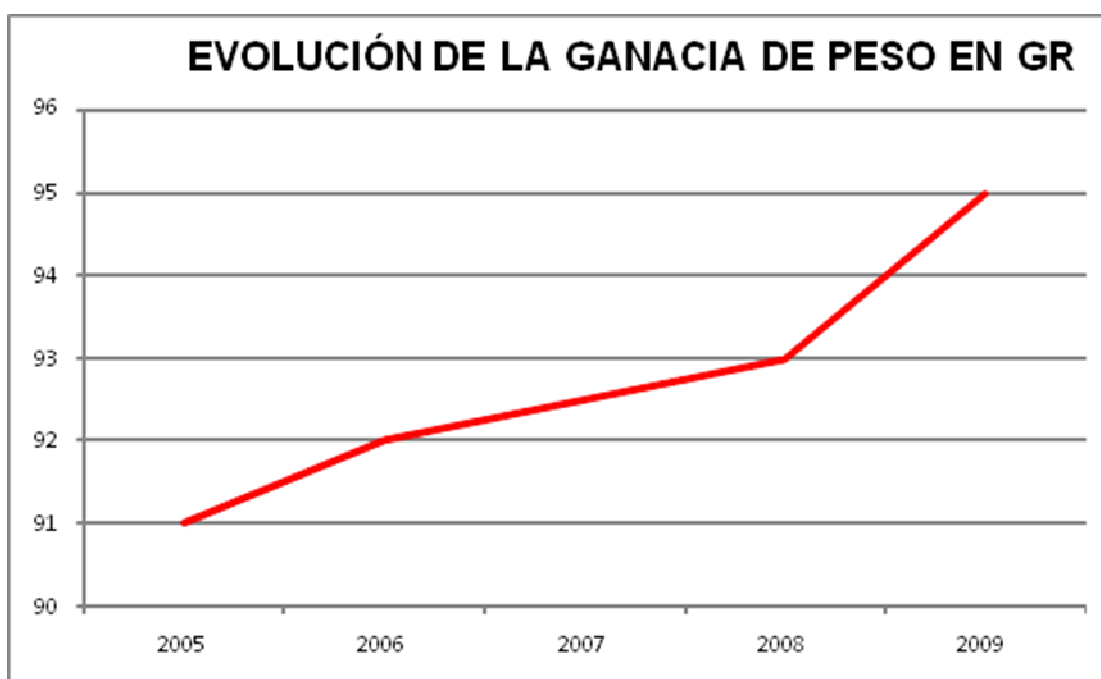


Figura 1.9 Evolución de la Ganancia de Peso

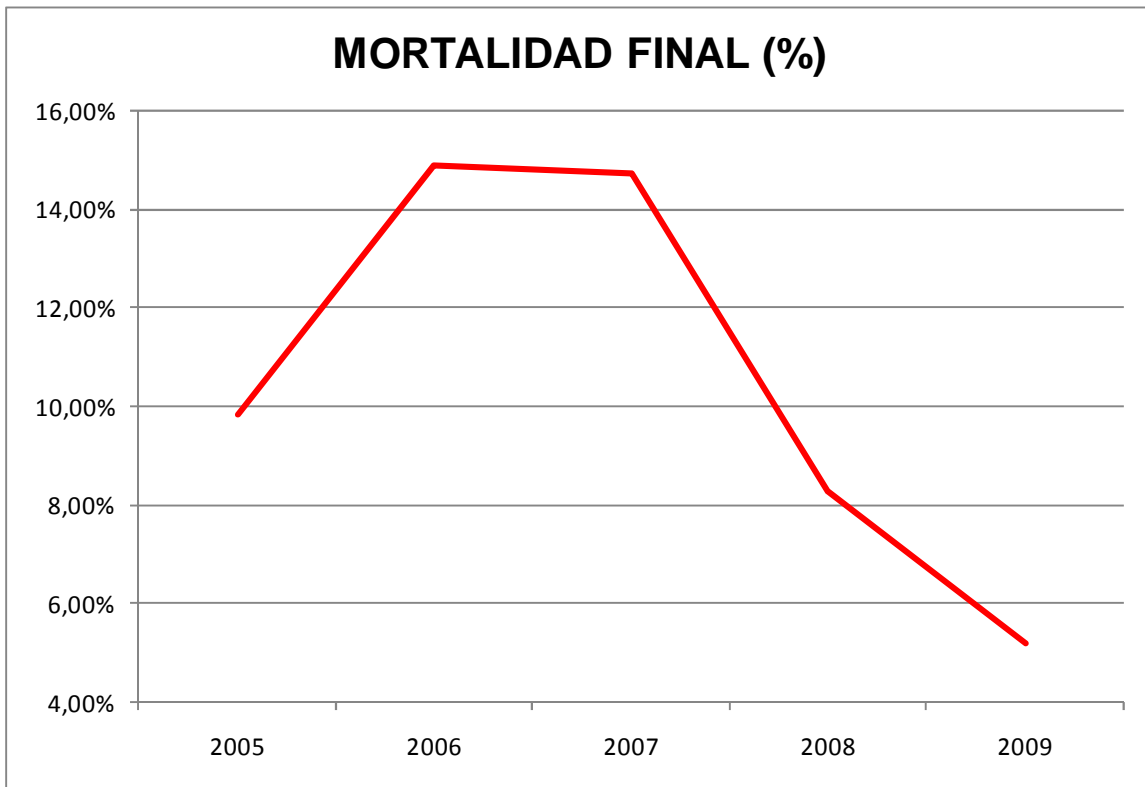
### 1.3.9 PORCENTAJE DE MORTALIDAD

El porcentaje de mortalidad es la cantidad de pavos que mueren en el proceso de crianza y se expresa como porcentaje del total de pavos ingresados.

$$\%M = \frac{Pavos Muertos}{Pavos Ingresados} \quad (1.5)$$

La Figura 1.10 muestra como ejemplo los siguientes datos con la tendencia de la mortalidad desde el año 2005 al año 2009.





**Figura 1.10 Mortalidad Final**

### ***1.3.10 FACTOR DE EFICIENCIA EUROPEO (FEE)***

Esta medida es una de las más importantes en la evaluación del desempeño del lote de pavos porque utiliza las medidas anteriores y las resume en un solo índice que mide la eficiencia del lote. Matemáticamente la relación entre las variables se escribe de la siguiente manera:

$$FEE = \frac{(1 - \%M) \times GDP}{CA} \times 10^4 \quad (1.6)$$

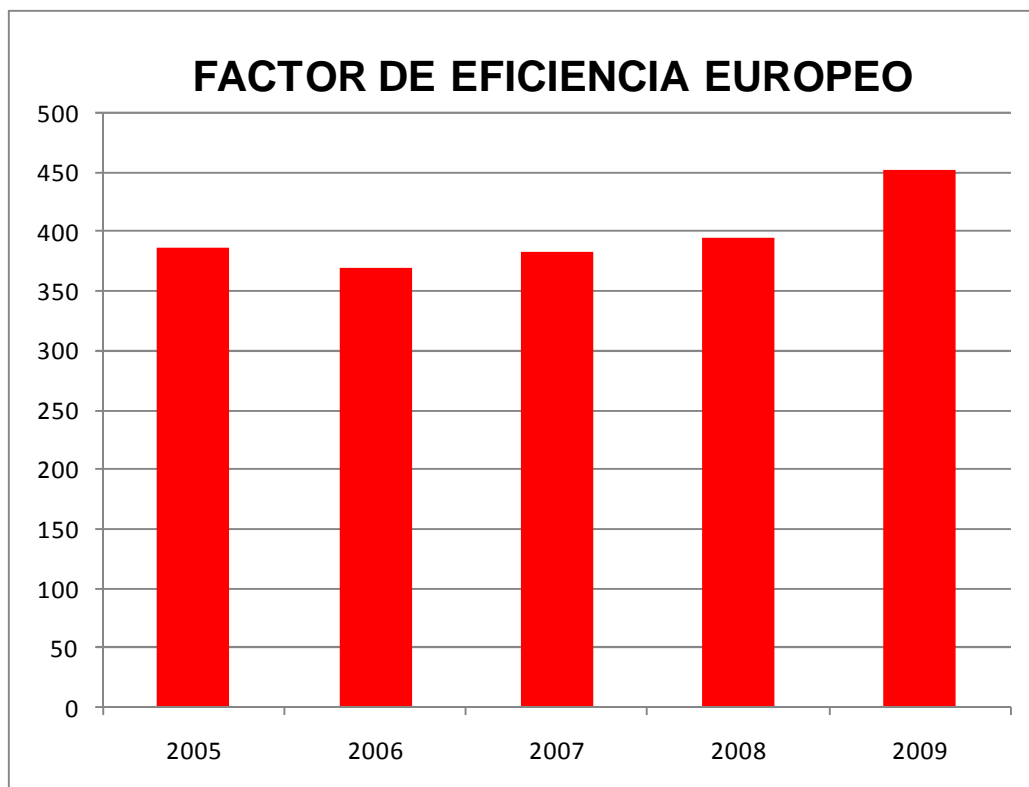
Existen otras formas de expresar el FEE; esto depende de las unidades de medida que se usen. En el presente caso la mortalidad está en porcentaje, y la ganancia diaria de peso (GDP) en Kg; por esta razón, es necesario el factor  $10^4$ .

Para ilustrar la fórmula anterior, se muestra un ejemplo con datos del 2009; mortalidad final 7%, peso promedio 8,2 kilogramos, peso inicial 0,05 kilogramos, la edad promedio 91 días, conversión de 2,1 kilogramos. Se aplica la fórmula y se obtiene:

$$FEE = \frac{(1 - 0,07) \times \left(\frac{8,15}{91}\right)}{2,1} \times 10^4 \quad (1.7)$$

$$FEE = 397$$

La Figura 1.11 muestra la continuación del ejemplo: el FEE desde el año 2005 hasta el año 2009



**Figura 1.11 Factor de Eficiencia Europeo**

### 1.3.11 KILOS POR METRO CUADRADO

Este indicador es importante para medir la densidad utilizada y se calcula dividiendo el total de kilos de carne producida por el área útil de los galpones en donde se crían los pavos. Esta densidad depende de las condiciones del galpón. En galpones abiertos disminuye la densidad y en galpones de túnel se obtiene densidades mayores. Cada empresa debe analizar sus condiciones y escoger la densidad adecuada. La Figura 1.12 muestra un ejemplo.

$$Kg / m^2 = \frac{Kg \text{ Carne}}{\text{Área}} \quad (1.7)$$

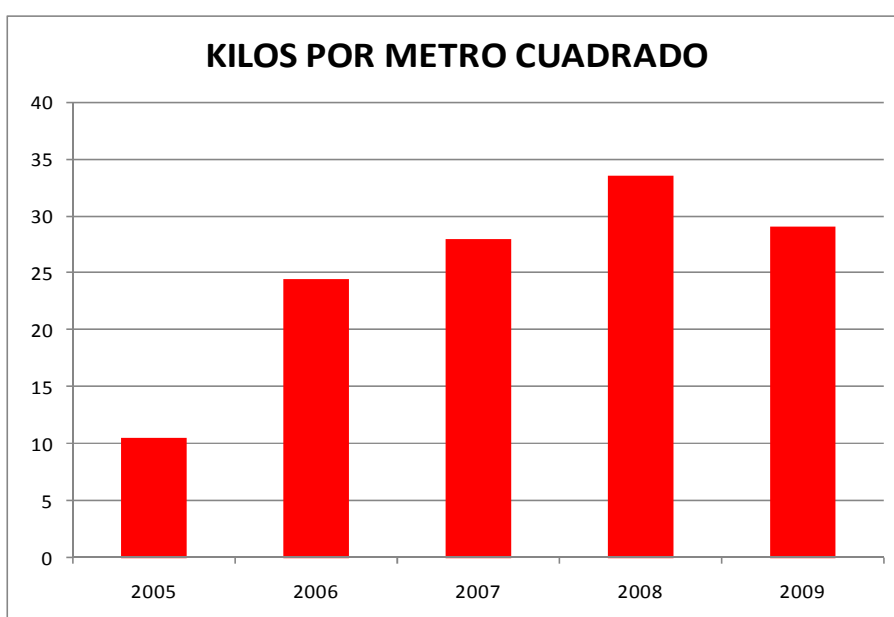


Figura 1.12 Kilos por Metro Cuadrado

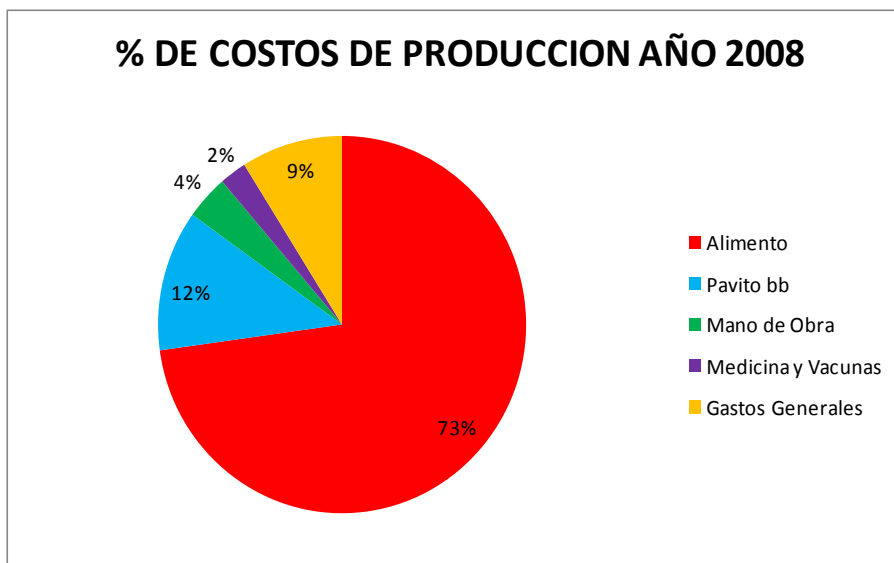
### 1.3.12 COSTO POR KG DE CARNE PRODUCIDA

El costo de cada kilogramo está dado por algunos factores como: el costo del pavo bb en granja, cantidad de alimento en todo el proceso de crecimiento, medicinas, vacunas, desinfectantes, material de la cama y adecuaciones, combustibles, mano de obra y gastos generales.

El alimento representa uno de los costos de mayor importancia en la crianza de pavos; de allí, el énfasis del indicador de conversión de alimento, pues entre más peso tenga el pavo con la menor ingesta de alimento mayor es la ganancia.

El alimento representa entre el 60% y 70% del costo total; el costo de los pavos bb oscila entre el 10% y el 15 % de los costos totales. Otro rubro importante es la mano de obra que oscila entre el 4% y el 10%, así como también los gastos generales que están entre el 4% y el 11%. Los rubros menos representativos pero no menos importantes son: medicinas, vacunas, desinfectantes, material de la cama, combustibles.

La Figura 1.13 indica el porcentaje de costos de producción año 2007.



**Figura 1.13 Porcentaje de Costos de Producción-2007**

En la Tabla 1.9 se indican los datos históricos de los costos dentro del proceso de producción de pavos comerciales para el año 2005 hasta el año 2007.

**Tabla 1.9 Variación del Porcentaje de Costos de Producción**

VARIACIÓN % DE COSTOS DE PRODUCCIÓN			
DETALLE	2005	2006	2007
PAVITO BB	10.0	15.0	8.7
ALIMENTO	62.0	60.0	70.0
MED.VAC. DESINFC.	3.0	2.0	2.4
MAT. DE LA CAMA	3.0	2.0	2.3
COMBUSTIBLES	3.0	2.0	2.2
MANO DE OBRA	7.7	9.7	6.2
GASTOS GENERALES	11.3	9.3	8.2
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: Manual de Manejo para la Crianza de Pavos

# CAPÍTULO 2

## MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 CADENA DE VALOR DE LA INDUSTRIA DE PAVOS

En la industria de la producción de pavo comercial se identifican actividades importantes dentro de la cadena de valor.

#### 2.1.1 *LOGÍSTICA DE ENTRADA*

Son actividades relacionadas con la selección de la línea genética del pavo bb, el pedido al proveedor de acuerdo a una demanda establecida considerando la mortalidad global<sup>6</sup>, recepción de los pavos bb, traslado de los pavos bb a los galpones. En granjas es necesaria la debida adecuación como la desinfección de las camas, el suministro de tamo, el control de la temperatura, el suministro de alimento.

#### 2.1.2 *OPERACIONES*

Las operaciones giran en torno al proceso de crianza de los pavos bb y al proceso de faena. En el primer proceso es suministrar los insumos necesarios para el desarrollo de los pavos y el monitoreo de su crecimiento en base a los indicadores antes mencionados.

El proceso de faena es el sacrificio de los pavos cumpliendo con parámetros de edad y peso. Finaliza este proceso con el desplume, eviscerado empacado y almacenamiento.

En este eslabón se deben preparar los pedidos de acuerdo a la demanda, posteriormente a esto el producto congelado se coloca en contenedores refrigerados para conservar la cadena de frío y ser despachados a los centros de distribución. Además, es necesario realizar una planificación de rutas de acuerdo al registro de pedido.

---

<sup>6</sup>Mortalidad Global: se considera a la mortalidad en tránsito más la mortalidad durante el proceso de crianza

### **2.1.3 *MARKETING Y VENTAS***

La comercialización del pavo responde a un consumo estacional; el incremento de consumo se da en los meses octubre, noviembre y diciembre como resultado de las festividades. La línea de comercialización de los pavos son los Supermercados, Minimercados, distribuidores zonales y ventas directas.

### **2.1.4 *CADENA DE VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE PAVOS COMERCIALES EN EL ECUADOR***

La Figura 2.1 indica los componentes de la cadena de valor de la producción de pavos comerciales.

El proceso de producción de pavo inicia con la importación de los pavitos bb provenientes de Chile y Perú. Los pavitos son transportados en avión desde su origen hasta el aeropuerto de Quito; en este periodo hay una mortalidad en tránsito que se tiene que considerar como un costo dentro de todo el lote de producción. Una vez que los pavitos llegan a las granjas son recibidos en un galpón, previamente acondicionado a una temperatura adecuada.

### **2.1.5 *GRANJAS DE PRODUCCIÓN***

En granja los pavitos permanecerán entre 12 y 15 semanas, que es cuando logran el peso adecuado para la faena. Las granjas de producción de pavos tienen un número específico de galpones con una capacidad limitada de alojamiento de pavos; la densidad de pavos está directamente relacionada a la edad y peso del pavo.

### **2.1.6 *PROVISIÓN DE ALIMENTO***

La planta de alimento proporciona el alimento necesario para el engorde del pavo; el alimento varía en sus componentes nutricionales dependiendo de la edad en la que se encuentre. La calidad del alimento es un factor muy importante a cuidar, pues el costo representa entre el 60% y 70% del costo total.

### **2.1.7 *PROVISIÓN DE MEDICINAS***

Este sitio es de vital importancia porque ayuda a combatir el incremento de la tasa de mortalidad, y prevenir enfermedades por medio del suministro de vacunas.

### **2.1.8 FAENAMIENTO**

Los pavos que ya tienen el peso requerido son trasladados a las plantas de faena; antes de sacrificarlos son aturdidos con pequeñas descargas eléctricas para evitar daños en la carcasa y evitar el sufrimiento del animal. Una vez que está muerto pasa por la escaldadora, que contiene agua a 60°C, para quitar las plumas; posteriormente pasan al área de eviscerado en donde mecánicamente se realiza este proceso. Luego pasan a un Chiller (es un tanque de agua en donde los pavos son lavados y desinfectados con agua a una temperatura menor a 10°C). En la planta de faena se procesa el pavo bajo parámetros establecidos y los desperdicios como vísceras, plumas, picos, dedos, etc. son llevados a una máquina para elaboración de harina de despojos para ser vendida a terceros, estos ingresos son insignificantes por lo cual no se los considerará como ingresos relevantes.

El siguiente proceso consiste en el adobo con salmuera para que la carne sea más suave y jugosa; luego son empacados y pasan al *blastfreezer* a un proceso de congelamiento a -20°C; este pavo pasará a las cámaras de almacenamiento para luego ser comercializado.

### **2.1.9 LOGÍSTICA Y VENTAS**

Para cumplir los objetivos de oferta y llevar un control eficaz de la producción es necesario utilizar los indicadores de evaluación y monitoreo en todo el proceso ya que estos permiten controlar los riesgos de producción.

Al ser un producto estacional, es necesario acumular inventario desde los primeros meses del año, debido principalmente a la capacidad limitada de producción que existe en granjas; la producción de pavos llega al 80% de la producción total al final de septiembre. El flujo de pedido de producto terminado se inicia a partir de octubre que es en donde arranca la temporada; en este periodo se pone a prueba las capacidades logísticas para la entrega de los pavos a todos los clientes.

Todos los sistemas se ponen a punto para que la preparación de pedidos, despachos, etc. fluyan con normalidad y garantizar un nivel de servicio óptimo.

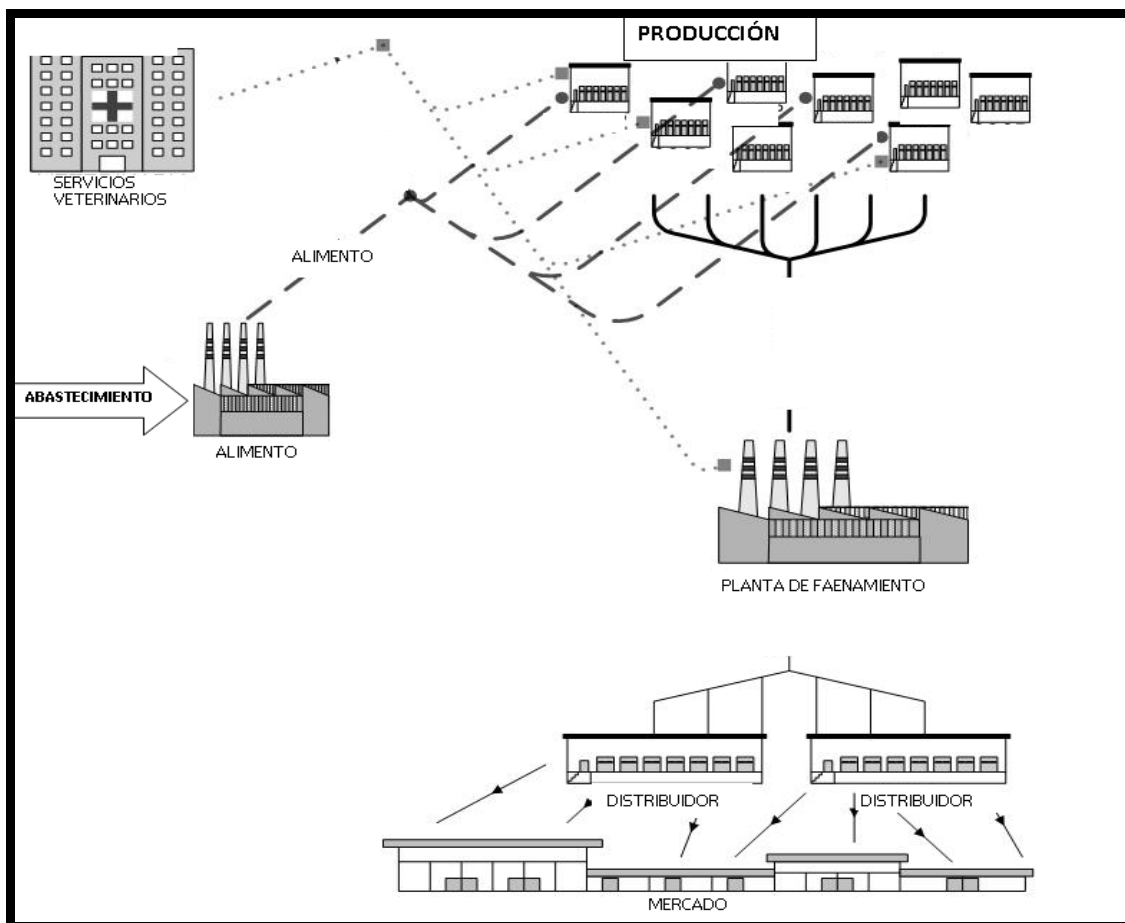


Figura 2.1 Cadena de valor de Pavos (Tomado de Satir)

## 2.2 ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCION DE PAVOS

En un sentido global, la estructura de costos permite recopilar información para el control administrativo de las operaciones y actividades de la empresa, realizar planes de producción y toma de decisiones adecuadas.

Para elaborar un detalle de los costos totales ( $CT$ ) se parte de una demanda de producción y se clasifican los cargos de cada una de las actividades en costos fijos ( $CF$ ) y costos variables ( $CV$ ) para luego sumarlos y obtener los costos totales.

$$CT = CV + CF \quad (2.1)$$



En el caso específico de estudio se detallan los costos en cada uno de los procesos según datos del 2007. Los costos de este periodo son la plataforma base para formular el modelo de programación lineal.

### **2.2.1 PROCESO DE CRIANZA**

Los rubros más representativos en este proceso son la importación de pavos bb y el consumo de alimento, estos cargos están íntimamente ligados a los indicadores detallados en el Capítulo 1, como la conversión alimenticia, el consumo de alimento y la tasa de mortalidad.

Los costos fijos son los que no dependen del volumen de producción como el tamo, gastos de personal, depreciaciones, amortizaciones, jubilación patronal, mantenimiento y otros. En el caso específico representan el 24% de los costos totales de este proceso; por otro lado, los costos variables son los que están íntimamente ligados al volumen de producción como el alimento, el costo del pavo bb, vacunas, medicinas, gas, energía y combustible, los cuales representan el 76% de los costos totales de este proceso.

### **2.2.2 PROCESO DE FAENAMIENTO Y LOGÍSTICA**

Los cargos en los que se incurre en este proceso son el pavo en pie que está vinculado al proceso anterior, gasto de personal, depreciaciones, amortizaciones, jubilación patronal, mantenimiento, energía, combustible, flete de pavo red primaria, embalajes, condimentos, entre otros.

Los costos fijos consideran el gasto de personal, depreciaciones, amortizaciones, jubilación patronal, mantenimiento y otros.

Los costos variables consideran el costo del pavo en pie, energía, combustible, flete de pavo red primaria, embalajes y condimentos.

Los costos fijos en este proceso ascienden al 12% y los costos variables alcanzan el 8%. El cargo más dominante en este proceso corresponde al gasto de personal con el 8% y dentro de los costos variables los embalajes con el 5%, con respecto a todo el proceso de la cadena de valor de costos de producción de pavos comerciales.

### **2.2.3 PROCESO DE VENTAS**

Los cargos en los que se debe incurrir en este proceso son los costos de distribución, fletes red primaria, fletes red secundaria, nomina del departamento de ventas, gastos administrativos. En esta etapa los gastos en ventas representan 19% de los costos totales.

### **2.2.4 PRINCIPALES ELEMENTOS DEL COSTO**

Los elementos principales del costo de producción de pavos comerciales son:

#### **2.2.4.1 Materias Primas**

En cada proceso de la cadena se pueden identificar costos de materias primas; por ejemplo, en el proceso de la crianza el costo del pavo bb, costo de alimentación, la provisión de medicinas y antibióticos.

En Ecuador no existe una incubadora de pavos; por esta razón, el costo del pavo bb responde a los precios internacionales. Según los datos proporcionados por la compañía los pavos bb tienen una mortalidad en tránsito promedio del 4%. Esto significa que desde el embarque hasta llegar a las granjas existe una merma, después, durante todo el proceso de crianza la empresa maneja una mortalidad promedio del 11%.

Los costos del alimento dependen del consumo de alimento que está relacionado con algunas variables como el sexo y la edad. Este es uno de los rubros más costosos en todo el proceso y tiene relación con las variaciones del mercado internacional por la importación del maíz, soya, etc.

Ecuador tiene déficit en producción de maíz y soya; por esta razón, se procede a importar este tipo de materia prima. Actualmente hay una escasez de maíz por el uso de los biocombustibles; por ende, el costo de esta materia prima es muy volátil.

#### **2.2.4.2 Mano de Obra Directa**

Es el trabajo realizado por cada operario que contribuye a cada uno de los procesos antes mencionados de la cadena de valor. Los operarios dedicados a esta labor tienen que seguir normas muy estrictas para garantizar el adecuado manejo y cuidado de las granjas; el proceso de desinfección es muy importante para el no contagio de enfermedades virales.

### 2.2.4.3 Materiales Directos

Son todos los materiales directos que intervienen en la producción como los empaques, condimentos, etc. Los empaques son determinantes para la venta por la etiqueta, registro sanitario, características nutritivas del pavo, logo, etc. Estos detalles son muy importantes al rato de comercializar por la imagen corporativa de la empresa que se proyecta y seguridad al consumidor; además, estos detalles son requisitos fundamentales para las empresas comercializadoras (Super mercados y Minimercados).

### 2.2.4.4 Costos Indirectos de Producción

Los costos indirectos de producción o carga fabril se obtienen al sumar todos los costos que no intervengan en el proceso de producción y la mano de obra que no interviene directamente en el proceso; por ejemplo: gastos administrativos, mercadeo, etc.

La producción para el 2007 fue de 614.196 unidades de pavos; la demanda de producción esta segmentada por categorías de acuerdo al peso como se indica en la Tabla 2.1

**Tabla 2.1 Categorías de Peso del Pavo (Proceso de Faena)**

TIPO	PESO KG
A	5,0-7,0
B	7,1 -8,5
C	8,6 -10,0
D	10,1-12,0
E	12,1 -13,0

La industria avícola es un sector muy competitivo, por lo cual siempre está en constante búsqueda en minimizar los costos en los procesos de producción; el análisis de los problemas de una empresa productora de pavos comerciales requiere un detallado y cuidadoso trabajo, debido a la compleja estructura de la misma.

Considerando que en el Ecuador el consumo de pavo se lo realiza en un 90% en forma entera y únicamente el 10% en partes, para el caso de estudio se considerarán los costos de todo el consumo como entero.

### 2.2.4.5 Estimación del Costo de Producción de Pavos

Para detallar la estructura de costos se utiliza el fundamento del sistema de costos ABC<sup>7</sup>, el cual facilita la gestión integral de la cadena de valor y permite identificar el flujo de actividades que está agregando costos a todo el proceso de producción.

La estructura de costos está conformada por cada una de las actividades de la cadena de valor y más a detalle, está formada por cada uno de los cargos que intervienen en las diferentes actividades de producción.

Para la estimación del costo total de la producción de pavos comerciales se investigó cada uno de los cargos de la cadena de valor, según datos proporcionados por la compañía en el año 2007.

### 2.2.4.6 En la Etapa de Crianza de los Pavos

La compañía incurre en los cargos que se muestran en la Tabla 2.2. Cada uno de estos rubros son indispensables en este proceso; hay algunos factores que influyen en la optimización de los recursos como la cantidad de pavos colocados en cada granja, el nivel de cuidado, los tratamientos de provisión de medicamento si así lo requieren y suficiente energía.

**Tabla 2.2 Costos Durante la Crianza**

<b>COSTOS DURANTE LA CRIANZA</b>
<b>CARGOS:</b>
Alimento
Unidades de pavo BB
Gas
Tamo
Vacunas y medicinas
Gastos personal
Depreciaciones
Amortizaciones
Jubilación patronal
Mantenimiento
Energía
Combustible
Otros

<sup>7</sup>“El costo por actividades aparece a mediados de la década de los 80, sus promotores: **Cooper Robin y Kaplan Robert**, determinando que el costo de los productos debe comprender el costo de las actividades necesarias para fabricarlo y venderlo y el costo de las materias primas.”

#### 2.2.4.7 Faenamiento del Pavo

Cuando el pavo cumple con las características adecuadas de peso y edad se procede al faenamiento, donde el principal rubro es la mano de obra directa, energía, combustible para las máquinas que trabajan en este proceso y finalmente los condimentos y embalajes, los cargos detallados se presentan en La Tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Cargos para el Faenamiento del Pavo**

<b>CARGOS</b>
Pavo pie
Gastos personal
Depreciaciones
Amortizaciones
Jubilación patronal
Mantenimiento
Energía
Combustible
Flete de Pavo red primaria
Embalajes
Condimentos
Otros

#### 2.2.4.8 Logística y Ventas

Como último eslabón de la cadena se tiene el costo de producción que abarca todos los costos antes mencionados y los costos de administración, ventas y mercadeo.

#### 2.2.4.9 Costos Fijos y Costos Variables

La clasificación de costos fijos y variables de la producción depende de la vinculación de cada actividad en el proceso de producción. La Tabla 2.4 muestra los cargos clasificados por costos fijos de todo el proceso de la cadena.

**Tabla 2.4 Cargo por Costos Fijos**

<b>COSTOS FIJOS</b>
Gastos personal (Proceso de crianza)
Depreciaciones
Amortizaciones
Jubilación patronal
Mantenimiento
Gastos personal (Proceso de faenamiento)
Depreciaciones
Amortizaciones
Jubilación patronal
Mantenimiento
Administración
Mercadeó
Otros

Los costos variables son todos aquellos que dependen de la producción, para lo cual se consideran los siguientes cargos.

**Tabla 2.5 Cargos por Costos Variables**

<b>COSTOS VARIABLES</b>
Alimento
pavo BB
Gas
Tamo
Energía
Combustible
Vacunas y medicinas
Energía
Combustible
Flete de Pavo red primaria
Embalajes
Condimentos
Ventas
Otros

### 2.2.5 *PRESUPUESTO DE GASTOS Y ASIGNACIÓN DE COSTO*

Los presupuestos son herramientas contables para ayudar a los gerentes a la toma de decisiones en la planeación a corto y largo plazo; además un presupuesto es una guía para la puesta en marcha de un plan de acción; en este caso particular, la producción de pavos comerciales tiene un horizonte de planificación de 66 semanas.

La compañía dispone de un presupuesto mensual en base a una demanda de mercado que se ajusta mes a mes.

Las variables fundamentales son: compra de alimento, cantidad de pavos bb y la tasa de mortalidad durante todo el proceso de crianza. Para el año 2007 se consideró una tasa de mortalidad total en base a históricos de 15,73%.

**Tabla 2.6 Cantidades de Materia Prima**

DETALLE	MEDIDA	CANTIDADES
Compra de alimento	TON	9.544
Saldo inicial	UNIDADES (MILES)	146
Ingreso pavo bb importado	UNIDADES (MILES)	564
Transferencia a proceso	TON	4.645

La demanda de pavo procesado para el año 2007 se estimó en 4.645 TON de pavo procesado.

El presupuesto de gastos de producción de pavos está constituido por cada una de las actividades en las distintas áreas de la empresa; para ello, se inicia con una variable fundamental, el presupuesto de venta que condiciona el tamaño de inversión y desarrollo de la actividad de la empresa en un periodo determinado

### 2.2.6 *COSTOS DEL PROCESO DE CRIANZA*

Los costos de proceso de crianza clasificados según la naturaleza del costo como costo fijo y costo variable se detallan en la Tabla 2.7. El objetivo de este trabajo es determinar la estructura de la cadena de valor de los pavos comerciales.

Tabla 2.7 Costo de Producción Proceso de Crianza

<b>COSTO PRODUCCIÓN PROCESO DE CRIANZA (EN MILES)</b>	
<b>Cargos costo variable</b>	<b>Dólares</b>
Alimento	3.019
BB	1.104
Gas	194
Tamo	57
Energía	41
Combustible	14
<b>total costos variables</b>	<b>4.430</b>
<b>Cargos costo fijo</b>	<b>Dólares</b>
Vacunas y medicinas	45
Gastos personal	648
Depreciaciones	73
Amortizaciones	9
Jubilación patronal	18
Mantenimiento	177
Otros	453
<b>total costos fijos</b>	<b>1.424</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>5.854</b>

El costo unitario de los pavos en pie corresponde a los costos totales dividido para el número de kilogramos de pavo producido en pie. Para el año 2007 la compañía registró el costo unitario en 1,26 dólares/ kilogramo.

### 2.2.7 PROCESO DE FAENAMIENTO Y LOGÍSTICA

Se incrementan algunos rubros, los que se detallan en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Costo del Faenamiento

<b>COSTO DEL FAENAMIENTO (EN MILES)</b>	
<b>Cargos</b>	<b>Dólares</b>
Pavo pie	5854
Gastos personal	884
Depreciaciones	90
Amortizaciones	24
Jubilación patronal	41
Mantenimiento	145



<b>COSTO DEL FAENAMIENTO (EN MILES)</b>	
<b>Cargos</b>	<b>Dólares</b>
Energía	52
Combustible	27
Flete de Pavo red primaria	83
Embalajes	576
Condimentos	64
Otros	0,49
<b>Costo Total</b>	<b>7840</b>

Integrando el proceso de faenamiento, el costo unitario del kilogramo de pavo procesado corresponde a 1,71 dólares / kilogramo.

### 2.2.8 VENTAS Y LOGÍSTICA

En esta etapa, las actividades realizadas incurren en los rubros que se indican en la Tabla 2.9.

**Tabla 2.9 Gasto de Administración Ventas y Mercadeo**

<b>GASTO DE ADMINISTRACIÓN VENTAS Y MERCADEO (EN MILES)</b>	
Administración	114
Ventas	2505
Mercadeo	26
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>2.645</b>

Sumando los cargos de administración y mercadeo al costo de producción de pavo procesado los costos de la Tabla 2.10 despliegan el siguiente resultado.

**Tabla 2.10 Costo Total de Producción**

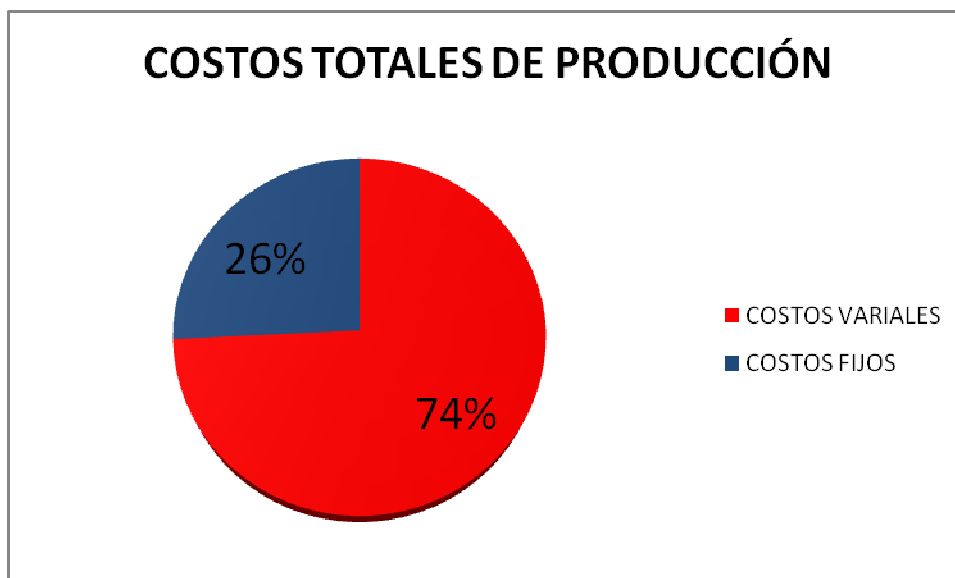
<b>COSTO TOTALES DE PRODUCCIÓN (EN MILES)</b>	
costo de pavo procesado	<b>7.840</b>
Administración	114
Ventas	2505
Mercadeo	26
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>10.485</b>

Finalmente, la compañía registra el precio mix del kilogramo de pavo, cuyo valor es de 2,52 USD.

**Tabla 2.11 Costos Fijos y Costos Variables de Producción**

<b>COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN (EN MILES)</b>	
Alimento	3.019
BB	1.104
Gas	194
Tamo	57
Energía (proceso crianza)	41
Combustible (proceso crianza)	14
Energía (proceso faenamiento)	52
Combustible (proceso faenamiento)	27
Flete de Pavo red primaria	83
Embalajes	576
Condimentos	64
Ventas	2505
Vacunas y medicinas	45
Otros	0,493
<b><i>COSTOS VARIABLES</i></b>	<b><i>7.782</i></b>
Gastos personal (Proceso de crianza)	648
Depreciaciones	73
Amortizaciones	9
Jubilación patronal	18
Mantenimiento	177
Gastos personal (Proceso de faenamiento)	884
Depreciaciones	90
Amortizaciones	24
Jubilación patronal	41
Mantenimiento	145
Administración	114
Mercadeó	26
Otros	453
<b><i>COSTOS FIJOS</i></b>	<b><i>2.702</i></b>
<b><i>COSTOS TOTALES</i></b>	<b><i>10.485</i></b>

Según los datos de la compañía para el 2007 se registra el 74% de costos variables y el 26% de costos fijos.



**Figura 2.2 Costos Variables y Costos Fijos**

## **2.3 FORMULACIÓN DE MODELOS DE PROGRAMACIÓN LINEAL EN EMPRESAS AVICOLAS**

### **2.3.1 CASO SADIA CONCORDIA S. A.**

Según estudios realizados por Taube Neto en 1996 [8], Sadia es el mayor productor de aves de corral en Brasil; la producción anual abarca cerca del procesamiento de unos 300 millones de pollos y 11 millones de pavos. Este nivel producción le ha obligado a tecnificar su producción con la utilización de modelos matemáticos, a partir de 1990, para mejorar la toma de decisiones en toda la cadena de producción. Este manejo le ha permitido ahorrar más de 50 millones de dólares en los últimos tres años.

Los objetivos planteados están enfocados en la obtención de una mejor conversión de alimento de las aves; una clasificación de más de 300 productos por franjas de pesos, considerando la variación de los pesos en las camas, el cumplimiento diario de casi el 100% del plan de producción con un incremento de productos con mayor valor agregado, la flexibilidad y la reducción del tiempo para satisfacer la demanda del mercado, y ampliar los rangos de propiedad de los estudios de precios y de escenarios de demanda.

Sadia fue fundada en 1944 en el sur de Brasil, el grupo está compuesto por 19 empresas asociadas con 24 instalaciones en todo el país. En ese momento contaba con un grupo de trabajo de más de 30.000 empleados, tiene un

ingreso anual superior a 2,500 millones de dólares y su producción se exporta a alrededor de 40 países. Sadia en el año 2004 es también el mayor productor de aves de corral, carne procesada, carne de cerdo, carne de res.

UNISOMA es una empresa consultora que trabaja con la Investigación de Operaciones, que se especializa en la planificación de la producción industrial, sobre todo en el negocio de la agricultura, y es la principal asesora en la producción de pavos de la empresa Sadia.

En un principio el proceso industrial se limitaba al faenamiento simple, y embalaje. La decisión de cambio se produjo en 1961 con el inicio de la estructura de la "integración" de toda la cadena de producción, un sistema que ya se aplicó en E.U.A., lo que significa cuestiones operativas de gran complejidad y magnitud que Sadia debe negociar todos los días.

La compañía cuenta con siete industrias de procesamiento de aves, con un procesamiento de más de 300 millones de pollos en 1994, y una industria del pavo en Chappells, con un proceso de más de 11 millones de aves al año.

La línea de productos derivados de pollos de Sadia incluye muchos tipos de cortes, embutidos, perritos calientes y otros elementos para el procesamiento, por un total de más de 300 productos. Una gran línea de productos provenientes principalmente de la necesidad de suministro de muchos mercados diferentes.

Sadia se enfrenta a un desafío complejo de la planificación del crecimiento y el procesamiento de los pollos de 33 a 52 días, que corresponde a un rango de peso de alrededor de 1,300 a 2,700 kg.

La cantidad de alimento suministrado aumenta con la edad de las aves y tiene una relación directa con el peso; por lo tanto, cuando un lote no es faenado un día determinado, la conversión de alimento en peso en los días siguientes será menos eficiente. Del mismo modo, la tasa de mortalidad para cada lote no sólo aumenta con la edad, varía según la temporada y con otros factores.

Sadia debe planificar la producción diaria de cada una de las siete industrias, para atender la demanda local y el mercado de exportación, así como cuantificar la materia prima que necesitan para cumplir con las industrias. Además debe considerar las restricciones técnicas, como la capacidad de la

industria de faenamiento y la evisceración, la disponibilidad de las instalaciones necesarias para producir determinados productos, el rendimiento del proceso, los diferentes costos de producción, el precio de cada producto en cada mercado, siempre con el objetivo de satisfacer la demanda con la mayor ganancia posible.

Además, debe decidir qué lotes de nuevas aves deben ser alojados con los productores integrados para proporcionar materias primas suficientes para satisfacer la demanda de suministro para los próximos meses. Cada sector maneja entre 10 y 20 lotes.

Otra consideración en el procesamiento es determinar el día exacto de faenamiento tomando en cuenta la distribución del peso de cada lote y el tiempo de viaje.

Una buena planificación del faenamiento del lote todos los días, sincronizado con la secuencia de las operaciones y la capacidad de transformación, lleva a mejorar, el rendimiento diario de las plantas de producción.

Sadia utiliza una flota de aproximadamente 1.300 camiones de transporte de los productos directamente a los clientes, que están en los supermercados o centros de distribución regionales. En estos centros, se agregó una flota de 300 camiones que hacen la distribución regional de los pequeños comerciantes.

### 2.3.2 **MODELO MATEMÁTICO**

Para modelar el problema de los grupos se estableció la variable  $Y(g, j)$ , la cual indica el porcentaje de aves de grupo  $g$  siendo sacrificados en el día  $j$ . La variable  $X(b, i, j)$  determina el número de aves de tipo  $b$  que se encuentran en el día  $i$  para el faenamiento en el día  $j$ . La variable  $W(f, j)$  es la cantidad de toneladas de la familia de productos  $f$  a ser producida en el día  $j$ . Estos tres conjuntos de variables se relacionan con el fin de satisfacer la demanda futura de todos los productos en el tiempo con respecto a la capacidad diaria de *encasetamiento*, el sacrificio y despiece. Este modelo persigue cumplir con los óptimos índices de la conversión de alimento a peso vivo, el consumo de alimento, y la curva de mortalidad para determinar la edad óptima para el sacrificio, con el objetivo explícito de reducir al mínimo el costo e incrementar las utilidades.

El costo de los administradores de planificación, se llegó a apreciar por los beneficios de esta nueva metodología, que incluye la mejora de la previsibilidad de la oferta de aves, mejor adaptabilidad a las fluctuaciones del mercado, y una mayor eficiencia en la utilización de la capacidad de procesamiento.

La aplicación de un modelo matemático les ha permitido tomar las decisiones por medio de análisis y estudios de sensibilidad, escenarios alternativos basados en pronósticos de mezclas de productos.

Además de las herramientas matemáticas fue necesario el apoyo estadístico; por ejemplo, la utilización de modelos econométricos y análisis multivariantes. La planificación de tiempo de carga se basa en la simulación sin embargo, las técnicas más utilizadas son los componentes básicos de la programación matemática.

La representación completa del modelo matemático de la cadena de decisión sobre diferentes horizontes de tiempo y la integración de las capacidades de producción con el medio fundamental del mercado resultó ser un camino hacia un aumento en la eficiencia y la rentabilidad.

En el 2004, Sadia integró la formalización matemática de toda la cadena de producción del sector de los pollos y los pavos por los esenciales resultados y el uso y manejo de la información técnica y administrativa, en consonancia con sus objetivos y sus limitaciones físicas, económicas y administrativas.

Los gerentes tienen facilidad de entender y aceptar sus responsabilidades cuando pueden ver las interdependencias entre la capacidad de producción y las funciones de cada parte del proceso.

El tratamiento de los aspectos cuantitativos de la planificación, a través de las matemáticas y estadísticas, complementa otras iniciativas de Sadia, como en el traslado de su estructura administrativa y su programa de calidad.

Sadia puede analizar las técnicas y actitudes en este tratamiento, incluyendo su propia tecnología, es decir, la tecnología de la decisión.

Esta visión facilita la interacción con otras tecnologías como la información y automatización.

### 2.3.3 *IMPLEMENTACIÓN COMPUTACIONAL*

UNISOMA, desarrolla el trabajo computacional en el lenguaje de programación C en una plataforma Unix y utiliza el software de programación matemática OSL de IBM, a excepción del módulo de Planificación y Control de Producción e Intercambio de módulo global de la planificación integrada, que desarrolló UNISOMA en GAMS, con un enlace a OSL. Los problemas de programación lineal requieren de un potente procesador, ya que consideran un gran número de variables

Los beneficios directos obtenidos por Sadia sistema PIPA se pueden dividir en cuatro categorías: la mejora de la conversión alimenticia, los productos con mayor valor agregado, respuestas más rápidas a las fluctuaciones del mercado y una mayor sensibilidad a las oportunidades de mercado.

Uno de los indicadores más relevantes para la industria avícola es el índice de conversión del consumo de alimentos.

Los datos muestran que después de la aplicación del sistema PIPA, hubo un aumento promedio de 11% en la producción. Teniendo en cuenta un ingreso promedio de \$ 420 millones en últimos tres años, y que el margen de beneficio de los productos de valor común agregado es 15% más alto que otros productos proporcionando un aumento en los ingresos \$ 6 millones, basado en la estimación de un total de \$ 18 millones en los últimos tres años.

El proceso de adaptación se basa en las previsiones de ventas. Cuando la venta actual es muy diferente de lo esperado, el perfil de los productores de aves de corral entra en conflicto con la necesidad del mercado. Con el sistema PIPA, Sadia puede encontrar de forma más rápida, el mejor comienzo posible teniendo en cuenta dos elementos: la necesidad de nuevos mercados y el perfil de los productores de aves de corral, evitando la pérdida de ingresos o el aprovechamiento de mejores oportunidades. Varios análisis estratégicos se hicieron posibles con el sistema PIPA.

La variación de la edad de procesamiento y el incremento de ventas en un 10% de cada producto, la empresa puede aumentar sus márgenes de ganancias hasta en un 14% del total. Este tipo de análisis indica la dirección de la mejora, mostrando el camino para aumentar el margen de beneficio total más

adecuada, además de una mezcla de ventas posible. Se estima que el potencial de ingresos en esta área está por encima de E.U.A. \$ 30 millones por año la adición de una ganancia total de alrededor de \$ 25 a \$ 29 millones en un período de tres años.

En resumen, durante los últimos tres años, los beneficios directos del sistema PIPA exceden los \$ 50 millones. Esta cifra se espera que aumente en los próximos años como consecuencia de la mejora continua en el uso del sistema PIPA.

Otros beneficios incluyen lo siguiente: prácticamente el 100% de los planes de producción crítica se aplica según lo previsto, lo cual es particularmente importante para los envíos de exportación. El tiempo de espera en el embarcadero se redujo en un 50%, lo que resulta en menor pérdida de peso y baja mortalidad y el uso más rentable de pollo.

El sistema también ayudó a consolidar cambios organizativos implementados desde abril de 1994. En la nueva estructura administrativa, la industria de aves de corral pertenece a una unidad de negocio, que se lleva a cabo por un solo empresario, en contraste con el proceso de descentralización de las fábricas.

En el área de la tecnología y la inversión, Sadia realizó un análisis de las decisiones dentro de un contexto integrado. Por ejemplo, la relación con el suministro de pollos de acuerdo a los planificadores para llevar a cabo estudios más detallados sobre la especialización de las plantas de procesamiento, la redefinición de los centros de distribución, la introducción de nuevas razas, la instrumentalización de los hogares para controlar la temperatura, la humedad y los alimentos, y la automatización de fábricas.

La representación completa del modelo matemático de la cadena de decisiones en diferentes horizontes temporales y la integración de la generación con el entorno de mercado fundamental resultó ser un camino hacia un aumento de la eficiencia y la rentabilidad.

El sistema permitirá ahorrar a Sadia entre \$ 10 millones y \$ 30 millones en un año, de acuerdo a las simulaciones realizadas, con un horizonte de planificación de un año y las fluctuaciones estacionales de los precios de los ingredientes.



### **2.3.4 EL CASO DE AVÍCOLA SAN FELIPE DE PARANAÍ**

Esta empresa se instaló en Paranaí desde 1995, Philip S.A. aves de corral es una empresa perteneciente a los hermanos Felipe. El grupo decidió entrar en el mercado agroindustrial, específicamente en la industria de aves de corral, porque se dio cuenta que esta industria no existía en Paranaí, lo que resultó bastante factible y exitoso.

Inicialmente, la compañía ofertó sólo a la región noroeste del estado, pero la visión inicial de alcanzar un mercado en el extranjero nunca fue olvidada. La fuerte competencia de las grandes empresas del sector hizo que la compañía posponga el proyecto hasta 1998, cuando las exportaciones comenzaron. Pero sólo alcanzó un volumen considerable en el año 1999.

En el 2003, la empresa adquirió un túnel de congelación continua, aumentó la capacidad de pollos congelados y disminuyó el tiempo de enfriamiento de 8 horas a 4 horas. La Avícola San Felipe Paranaí ha ido ampliando sus exportaciones y se ha ido adaptando a vender el pollo a la Comunidad Europea y Asia.

La compañía en 2004 se constituyó en una de las 50 mejores granjas de aves de corral en Brasil, se introduce en la lista general de los exportadores y la instalación de diversos controles de calidad específicos, hace factible que esté en capacidad de proveer a los mercados en todo el mundo.

El plan de objetivos de Félix (nombre de fantasía como Mr. Pollo) está pasando de 12.000 toneladas vendidas en el extranjero en 2004 (que representan el 30% del volumen de producción) de los ingresos totales de \$ 30 millones.

En 2004, se están exportando 650 toneladas al mes, principalmente a Argentina y China; también se han hecho los contratos de la primera exportación con Japón, Rusia y algunos países árabes.

Para lograr su plan de expansión, promete incrementar de 70.000 aves sacrificadas por día hasta llegar a 140.000, para duplicar la producción.

La compañía cuenta con aproximadamente 350 productores integrados, y se encuentra en plena campaña para ampliar este número; trabajan en un turno

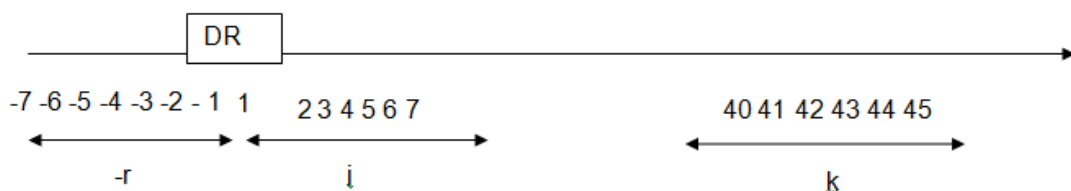
de ocho horas en el matadero, pero desde septiembre de 2004 se crearon dos turnos operativos.

Además de los mataderos, la compañía se compone de una fábrica de otros subproductos de la alimentación de aves de corral 3.500 metros cuadrados de área construida en 1995, la compañía se ha ampliado hasta más de 12.000 metros cuadrados en 2004.

La empresa Felipe S.A. hace especial hincapié en el proceso de colocación de las aves de corral, es decir, cuándo producir una gran cantidad de aves, de acuerdo a la cuota de faenamiento, que cumplan las condiciones de consumo y ganancia de peso (índice de conversión alimenticia).

### 2.3.5 *MODELO MATEMÁTICO*

Para programar el modelo se considera una línea que incluye el día en que se ejecute el programa, el día anterior en el que ha recibido muchos galpones de pavos, días posteriores en los que se tiene que definir dónde ingresar, y el final de la línea incluye días de faena.



**Figura 2.3 Línea de tiempo para el Modelo Matemático**

$-r + 1$  = Día de la entrega de galpones antes de ser alojados

$j$  = Días posteriores al alojamiento

$k$  = Días posteriores a ser desalojados

$DR$  = Día en que se ejecute el programa para la toma de decisiones de alojamiento de la próxima semana con el fin de determinar qué aves reciben alojamiento en el día " $j$ ",  $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$  y  $7$

### **VARIABLES DE DECISIÓN**

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{Si el lote } i \text{ será alojado el día } j, \text{ y será desalojado en el día } k \\ 0, & \text{Caso contrario} \end{cases}$$

$$Y_{prk} = \begin{cases} 1, & \text{Si el lote } p \text{ será alojado el día } r, \text{ y será desalojado en el día } k \\ 0, & \text{Caso contrario} \end{cases}$$

**Figura 2.4 Variables de Decisión**

Al final del trabajo, el programa responde las siguientes preguntas:

¿Cuándo recibir una gran cantidad de aves de acuerdo a la demanda?

¿Cuándo desalojar los lotes de producción?

¿Cuántos lotes desalojar de acuerdo a la semana anterior?

Para responder a estas preguntas, y otras que surgen en la cadena de producción de aves se apunta a la construcción de un modelo matemático, que da solución a cada uno de los problemas planteados, respetando la capacidad de las granjas, los tiempos de descanso, las fechas de faena y alojamiento.

San Felipe optó por cumplir los siguientes objetivos:

Aumentar la eficiencia con respecto a la gestión integrada y disminuir el período de inactividad, es decir, obtener una producción óptima en el menor tiempo posible y que cumplan los requerimientos; así como introducir rápidamente un proceso integrador, mejorando el rendimiento del proceso.

#### **2.3.6 IMPLEMENTACIÓN COMPUTACIONAL**

La empresa San Felipe S. A. aprovecha la investigación de operaciones conjuntamente con un software en la solución de problemas.

Entre ellos se destacan:

Q M

HERMOSA

LINGO

GAMS

QSB2

Para la resolución de este problema se optó por utilizar el software LINGO; es un paquete que es parte de la suite de paquetes Solver Lindo. El LINGO es un lenguaje de modelado matemático de diferentes lenguajes de programación convencionales; además, es una herramienta versátil para llevar a cabo complejos y potentes problemas. Se utiliza para resolver problemas lineales, no lineales y enteros. También, este sistema ofrece una mayor flexibilidad en términos de cómo los modelos se presentan, ya que el lenguaje de modelado LINGO se expresa de una manera natural que es muy similar a la notación matemática estándar.

LINGO permite expresar el modelo utilizando términos matemáticos convencionales. Las fórmulas pueden expresarse en un formato fácil de leer y la comprensión mediante el uso de variables y expresiones en el lado derecho de las ecuaciones o restricciones de cualquier estilo.

El programa también cuenta con una extensa librería de funciones estadísticas, financieras, y operaciones matemáticas en serie que permite expresar una compleja fórmula, de manera fácil y clara. Es importante antes de resolver un problema, simplificar las expresiones de la misma. El gran atractivo de este software es su capacidad de aceptar las fórmulas de una sintaxis menos exigente, como el uso de los paréntesis y las variables; es decir, en notación matemática estándar. En cuanto a los problemas "mayores", donde hay miles de variables, como en este caso, la mayor atracción está al mando de un lenguaje avanzado que facilita la transferencia de los modelos matemáticos más complejos para calcular las soluciones.

# CAPÍTULO 3

## FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

### 3.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo al capítulo 2 se conoce que la cadena de valor de la producción de pavos no está integrada en su totalidad; la provisión del pavo bb se la realiza mediante la importación. Por esta razón, el modelo matemático corresponde a tres modelos que si bien tienen relación no se pueden integrar en uno solo.

Los modelos presentados responden a tres importantes interrogantes: cuántos pavitos de un día de edad se deben ingresar por semana a las granjas de engorde, cuántos pavos bb por semana pedir a un determinado proveedor (Perú y Chile), cuántos y cuándo enviar los pavos al proceso de faena por semana para cumplir con el presupuesto de producción. El resultado de una equivocada decisión en la planificación del ingreso de pavo bb, el número de pedidos cuándo y cuantos pavos faenar implica la pérdida de millones de dólares. El objetivo principal es determinar el costo de producción mínimo que se puede alcanzar. La formulación del modelo presenta programación entera mixta puesto que las variables de decisión son enteras y positivas.

### 3.2 MODELO DE PLANIFICACIÓN DE INGRESO DE PAVO BB

#### 3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

La programación del modelo de ingreso del pavo bb a las granjas se realiza en forma semanal y se ha considerado un horizonte de planificación de 66 semanas. La planeación inicia con el ingreso ordenado y secuencial de pavo bb a las granjas de engorde, garantizando un tiempo de descanso. La compañía en estudio dispone de 6 tipos de granjas (P, Q, R, S, T, U) y 15 galpones con diferente capacidad. El tiempo mínimo de descanso es 15 días para cada granja.

El objetivo es determinar la cantidad de pavos bb a enviar a las granjas de engorde que minimice el costo de envío, considerando que las granjas tienen

una secuencia de llenado por necesidad de optimización de recursos en logística, y cada granja tiene una capacidad limitada. Para resolver el problema se utiliza la programación entera, minimizando el costo generado por el ingreso de los pavos bb.

### **Índices**

$i$  = Semana de ingreso de los pavos bb,  $i = 1, \dots, 66$

$j$  = Granja de crianza de pavos,  $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$

### **3.2.2 VARIABLES DE DECISIÓN**

$X_{ij}$  = Número de lotes de pavos bb que ingresan en la semana  $i$  para la granja  $j$

$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si ingresan pavos en la semana } i \text{ en la granja } j \\ 0, & \text{caso contrario} \end{cases}$

$Z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si los pavos ingresan por primera vez en la semana } i \text{ a la granja } j \\ 0, & \text{caso contrario} \end{cases}$

### **3.2.3 PARÁMETROS Y FUNCIÓN OBJETIVO DEL MODELO**

#### **Parámetros**

$C_{ij}$  = Costo generado por el ingreso de los pavos bb en la semana  $i$  para la granja  $j$ .

$S_i$  = Capacidad máxima de recepción total en la semana  $i$

$L_j$  = Tamaño del Lote que ingresa en la granja  $j$

$G_j$  = Número de Lotes de la granja  $j$

$D_{i,j}$  = Días de descanso entre el último ingreso de la granja  $j$  hasta la semana del nuevo ingreso  $i$

$d_j$  = 15 Días mínimos de descanso de la granja

$N$  = Número de pavos en pie demandados durante las semanas consideradas

$m$  = Tasa de mortalidad durante el proceso de crianza.

### **Función Objetivo**

La función objetivo corresponde a minimizar el costo generado por el ingreso de los pavos bb a las granjas y se la denota según la ecuación 3.1.

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j C_{ij} X_{ij} \quad (3.1)$$

### **3.2.4 RESTRICCIONES**

El problema tiene algunas restricciones o condiciones que se describen a continuación:

#### **3.2.4.1 Capacidad de las Granjas**

Las granjas disponen de una cantidad finita de galpones, los cuales, tienen una capacidad de ingreso de los pavos bb; por lo tanto, se debe limitar la cantidad de envíos de pavos bb a los galpones de las granjas, de tal manera que las granjas completen toda su capacidad, entonces se debe cumplir la siguiente igualdad.

$$\sum_i L_j X_{ij} = G_j \quad (3.2)$$

#### **3.2.4.2 Días de Descanso**

Considerando que el tiempo de permanencia de los pavos durante todo el proceso de crianza es alrededor de 12 a 15 semanas, se considera un periodo de descanso de 15 días como mínimo de las granjas para que posterior a este tiempo ingresen nuevos lotes de producción, y para ello se debe satisfacer la desigualdad.

$$(D_{ij} - d_j) X_{ij} \geq 0 \quad (3.3)$$

Donde  $d_j = 15$  días mínimos de descanso

### 3.2.4.3 Restricción de Envíos

Al momento de hacer los pedidos de pavo bb, existe una restricción de capacidad de envío para cada proveedor, y esto se representa en la restricción de la ecuación 3.4.

$$\sum_j L_j X_{ij} \leq S_i \quad (3.4)$$

### 3.2.4.4 Restricción de Flujo

La restricción del flujo es considerada por la tasa de mortalidad que se maneja en todo el proceso de crianza de los pavos, como se detalló en el Capítulo 2, existen dos tipos de mortalidad, la mortalidad en tránsito, que es la que se produce en el transporte de los pavos bb de acuerdo a cada pedido de importación y la tasa de mortalidad que se identifica en todo el proceso de crianza, es decir, que la cantidad de pavos que ingresa menos la mortalidad debe ser igual a la cantidad de pavos requeridos para la faena.

$$\sum_i \sum_j L_j X_{ij} \leq \left( \frac{1}{1-m} \right) N \quad (3.5)$$

### 3.2.4.5 Restricción de Secuencia del ingreso

Para construir la secuencia y el correcto ingreso de los pavos a las granjas de engorde respetando el principio de llenado en forma de cascada donde es importante que primero se llene una granja en su totalidad para después continuar con la siguiente, se definieron las siguientes restricciones utilizando las variables binarias  $Y_{ij}, Z_{ij}$  que limitan el ingreso de pavos, cumpliendo con el objetivo planteado.

$$Y_{ij} \leq X_{ij} \leq Y_{ij} \times G_j \quad \forall i = 1, \dots, 66 \quad \forall j = 1, \dots, 6 \quad (3.6)$$

$$Z_{1j} \geq Y_{1j} \quad \forall j = 1, \dots, 6 \quad (3.7)$$



$$Z_{ij} \geq Y_{ij} - Y_{i-1,j} \quad \forall i = 2, \dots, 66 \quad \forall j = 1, \dots, 6 \quad (3.8)$$

$$\sum_i Z_{ij} = 1 \quad (3.9)$$

$$Z_{1j} = 0 \quad \forall j = 2, \dots, 6$$

$$Z_{ij} \leq \sum_{k=1}^{i-1} Z_{k,j-1} \quad (3.10)$$

$$\forall i = 1, \dots, 66 \quad \forall j = 2, \dots, 6$$

$$Z_{ij} \leq 1 - (Y_{i+1,j-1}) \quad (3.11)$$

### 3.2.4.6 Modelo General

El objetivo específico es la minimización de los costos. El modelo formal queda expresado de la siguiente manera:

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j C_{ij} X_{ij} \quad (3.12)$$

$$\sum_i X_{ij} = G_j \quad (3.13)$$

$$(D_{ij} - d_j) X_{ij} \geq 0 \quad (3.14)$$

$$\sum_j L_j X_{ij} \leq S_i \quad (3.15)$$

$$\sum_i \sum_j L_j X_{ij} \leq \left( \frac{1}{1-m} \right) N \quad (3.16)$$

$$Y_{ij} \leq X_{ij} \leq Y_{ij} \times G_j \quad \forall i = 1, \dots, 66 \quad \forall j = 1, \dots, 6 \quad (3.17)$$

$$Z_{1j} \geq Y_{1j} \quad \forall j = 1, \dots, 6 \quad (3.18)$$

$$Z_{ij} \geq Y_{ij} - Y_{i-1,j} \quad \forall i = 2, \dots, 66 \quad \forall j = 1, \dots, 6 \quad (3.19)$$

$$\sum_i Z_{ij} = 1 \quad (3.20)$$

$$Z_{1j} = 0 \quad \forall j = 2, \dots, 6$$

$$Z_{ij} \leq \sum_{k=1}^{i-1} Z_{k,j-1} \quad (3.21)$$

$$\forall i = 1, \dots, 66 \quad \forall j = 2, \dots, 6$$

$$Z_{ij} \leq 1 - (Y_{i+1,j-1}) \quad (3.22)$$

$$X_{ij} \in Z^+ \cup \{0\} \quad (3.23)$$

En el siguiente punto se aborda el problema de pedido de pavo bb, es decir, disponer a qué proveedor realizar el pedido de acuerdo a una demanda y considerando algunas variables como: el precio de pavo bb, conversión alimenticia de acuerdo a la línea genética del pavo, peso promedio en la edad de faena de acuerdo a datos proporcionados por los proveedores.

### 3.3 MODELO DE PLANIFICACIÓN DE PEDIDOS DE PAVO BB A PROVEEDORES

#### 3.3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

En el punto 3.1 se programó la planificación del pavo bb a las granjas en forma semanal. Con los resultados obtenidos del primer modelo ya se conoce cuántos pavos deben ingresar a cada granja cada semana; ahora es indispensable saber cómo realizar los pedidos a los proveedores, cumpliendo el requerimiento de ingreso con el objetivo de minimizar el costo de realizar el pedido de pavos a proveedores. Para plantear el modelo se definen las variables de decisión y los índices que se utilizan en la modelización.

#### **Índices**

$j$  = Número de pedidos de pavo bb,  $j = 1, \dots, 85$

$k$  = Proveedor de pavos bb  $k = 1, 2$

#### 3.3.2 VARIABLES DE DECISIÓN

$y_{jk}$  = Número de lotes de pavo bb a pedir al proveedor  $k$  para el pedido  $j$

$c_{jk}$  = Costo del pedido del proveedor  $k$  para la granja  $j$

### 3.3.3 PARÁMETROS Y FUNCIÓN OBJETIVO DEL MODELO

#### *Parámetros*

$p_j$  = Número de pavos bb requeridos en el pedido  $j$

$L_j$  = Tamaño del lote para el pedido  $j$  en unidades

$d$  = Capacidad de envío de los proveedores por cada semana = 12.000

$M$  = Total de pavos requeridos

### 3.3.4 FUNCIÓN OBJETIVO

La función objetivo corresponde a minimizar el costo del pedido del pavo bb a proveedores y se la denota según la ecuación (3.13).

$$\text{Min } Z = \sum_j \sum_k c_{jk} y_{jk} \quad (3.24)$$

### 3.3.5 RESTRICCIONES

#### 3.3.5.1 Demanda de Pavo bb

La cantidad de pedidos a los proveedores debe ser igual a la demanda de pavo bb para cada semana.

$$\sum_k y_{jk} \times L_j = p_j \quad (3.25)$$

#### 3.3.5.2 Capacidad de Galpones

La cantidad de pavos bb pedidos a los proveedores debe ser menor o igual a la capacidad de envío de los proveedores.

$$\sum_j y_{jk} \times L_j \leq d \quad (3.26)$$

#### 3.3.5.3 Proveedores

Por experiencia de la empresa se ha determinado que lo más conveniente es realizar un pedido equitativo a los proveedores para evitar las dependencias y minimizar el riesgo y en caso de epidemias poder contrarrestar la producción

con medidas urgentes, para tomar en cuenta este aspecto se consideró la ecuación (3.27)

$$\sum_j y_{jk} \times L_j \leq 0,55 \times M \quad (3.27)$$

### 3.3.5.4 Modelo General

El modelo tiene el objetivo de buscar la solución óptima que minimice los costos de pedido de pavo bb a los diferentes proveedores.

$$\text{Min } Z = \sum_j \sum_k c_{jk} y_{jk} \quad (3.28)$$

$$\sum_k y_{jk} \times L_j = p_j \quad (3.29)$$

$$\sum_j y_{jk} \times L_j \leq d \quad (3.30)$$

$$\sum_j y_{jk} \times L_j \leq 0.55 \times M \quad (3.31)$$

$$\forall j = 1, \dots, 85$$

$$\forall k = 1, 2 \quad (3.32)$$

$$Y_{jk} \in Z^+ \cup \{0\}$$

## 3.4 MODELO DE FAENAMIENTO

### 3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

En esta sección hay que decidir la entrega de pavos en pie a la planta de faenamiento, para esto se debe decidir qué granjas son las que deben entregar pavos en condiciones de faena. Los pavos están listos para la faena a partir de los 80 días y no deben pasar de los 107 días de crianza.

Cada proceso de faena está asociado a la edad, peso de los pavos, sexo y capacidad de la planta faenadora. Se inicia definiendo los conjuntos, variables y ecuaciones.

### Índices

$j = \text{Sexo}, j = \{H, M\}$

$i = \text{Semana } i \in \{1, \dots, 66\}$

$e = \text{Edad de faena}, e = (80, \dots, 107 \text{ días})(12, \dots, 15 \text{ semanas})$

$r = \text{Rango de pesos}, r = \{A, B, C, D, E\}$

### 3.4.2 VARIABLES DE DECISIÓN

$X_{ije} = \text{Cantidad de pavos del sexo } j \text{ a la edad } e, \text{ que se faena en la semana } i$

### 3.4.3 PARÁMETROS Y FUNCIÓN OBJETIVO DEL MODELO

#### Parámetros

$HEM_i = \text{Número de hembras disponibles para el faenamiento en la semana } i$

$MA_i = \text{Número de machos disponibles para el faenamiento en la semana } i$

$PP_{je} = \text{Peso promedio en kilogramos del pavo a la edad } e \text{ del sexo } j$

$TP_{erj} = \text{Porcentaje de pavos en el rango } r \text{ a la edad } e \text{ del sexo } j$

$DEM_{er} = \text{Cantidad de pavos enteros requeridos en el rango } r, \text{ a la edad } e$

$MAX_i = \text{Cantidad máximo de pavos a faenar en la semana } i$

$TMAX_i = \text{Cantidad de kilos máximo a faenarse en la semana } i$

$COST_i = \text{Costo de faenar el pavo en la semana } i$

#### Función Objetivo

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j \sum_e \text{COST}_i \times PP_{je} \times X_{ije} \quad (3.33)$$

### 3.4.4 DEFINICIÓN DE RESTRICCIONES

A continuación se detallan las restricciones del problema

#### 3.4.4.1 Hembras Disponibles

El objetivo de esta restricción es poder faenar todos los pavos que ingresan y están en una edad adecuada para la faena.

$$\sum_e X_{ije} = HEM_i \quad j = \text{Hembras} \quad (3.34)$$

#### 3.4.4.2 Machos Disponibles

La restricción 3.35 indica que los pavos que se faenan tienen que ser iguales a los ingresados.

$$\sum_e X_{ije} = MA_i \quad j = \text{Machos} \quad (3.35)$$

#### 3.4.4.3 Demanda por Rangos

Como se analizó en el capítulo 2 los pavos alcanzan diferentes pesos en la edad de faena y eso depende de la conversión alimenticia de cada pavo y está directamente relacionado a la línea genética de la cual proviene, las categorías de pesos están dadas por rangos de pesos desde 7 kilogramos hasta 13 kilogramos. Para cumplir con la demanda de pavos requeridos es importante que el número de pavos disponibles sea mayor a los requeridos.

$$\sum_j \sum_e \left( \sum_i X_{ije} \right) \times TP_{erj} \geq DEM_r \quad (3.36)$$

$$\forall r = \{A, B, C, D, E\}$$

#### 3.4.4.4 Capacidad Máxima de Pavos Faenados por Día

Esta restricción está ligada directamente a la capacidad de la planta faenadora; por ello, lo importante de la planificación dado que el pavo es un producto de

consumo estacional, el proceso de faena tiene que satisfacer la demanda propuesta

$$\sum_j \sum_e X_{ije} \leq PMAx_i \quad (3.37)$$

$$X_{ije} = 0 \quad \text{si } i < e$$

#### 3.4.4.5 Capacidad Máxima de Kilos Faenados por Día

Esta restricción tiene igual impacto que (3.37) con la diferencia que se pone énfasis en kilogramos.

$$\sum_j \sum_e PP_{je} \times X_{ije} \leq TMAx_i \quad (3.38)$$

$$X_{ije} = 0 \quad \text{si } i < e$$

#### 3.4.4.6 Modelo General

El modelo general resume el conjunto de restricciones y la función objetivo que está vinculada en el modelo de faena.

$$Mtn Z = \sum_i \sum_j \sum_e COST_i \times PP_{je} \times X_{ije} \quad (3.39)$$

$$\sum_e X_{ije} = HEM_i \quad j = \text{Hembras} \quad (3.40)$$

$$\sum_e X_{ije} = MA_i \quad j = \text{Machos} \quad (3.41)$$

$$\sum_j \sum_e \left( \sum_i X_{ije} \right) \times TP_{erj} \geq DEM_r \quad (3.42)$$

$$\forall r = \{A, B, C, D, E\}$$

$$\sum_j \sum_e X_{ije} \leq PMAX_i \quad (3.43)$$

$$X_{ije} = 0 \quad \text{si } i < e$$

$$\sum_j \sum_e PP_{j\#} \times X_{ij\#} \leq TMAX_i \quad (3.44)$$

$$X_{ije} = 0 \quad \text{si } i < e$$

En el siguiente capítulo se indican los resultados de cada uno de los modelos matemáticos planteados.



# CAPÍTULO 4

## IMPLEMENTACIÓN COMPUTACIONAL EN WHAT'S BEST

### 4.1 GENERALIDADES DEL PROGRAMA

El programa What's Best de LINDO SYSTEMS es un software que tiene una interacción con Excel, es decir, el solventador es Lindo Systems, pero el modelador es Excel; esto tiene gran ventaja ya que la mayoría de la tecnología que la compañía de estudio dispone es Microsoft, lo que permite elaborar los reportes finales con mucha facilidad.

What's Best cuenta con herramientas que ayudan a modelar y resolver problemas en la producción, planificación financiera, planificación de personal, asignación de recursos, gestión de cartera, el corte de valores, control de inventario, etc.

What's Best resuelve de manera eficiente los modelos más difíciles, tanto lineales como no lineales, este paquete ha sido diseñado para su uso comercial a gran escala y pruebas de campo en los modelos del mundo real de las empresas. Una de las características esenciales es que es rápido y fácil de usar; la mayoría de los usuarios son capaces de modelar a pocos minutos después de la instalación.

La programación lineal propone en forma cuantitativa acciones o decisiones a tomar para optimizar sistemas donde existen recursos escasos y presentan relaciones lineales entre variables.

Para el éxito de la modelización se deben definir claramente las variables de decisión, función objetivo, restricciones, expresarlas simbólicamente y matemáticamente como funciones lineales; además, debe cuidarse que los elementos componentes del modelo sean expresados para el mismo periodo de tiempo; otro factor importante es que las variables se tienen que definir como mayores iguales a cero.

### 4.1.1 INTRODUCCIÓN DE DATOS

En la Figura 4.1 se indica cómo se desarrolla el modelo mediante What's Best

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2				PRODUCCION DE COMPONENTES												
3	BENEFICIO TOTAL															
4	0															
5																
6	COMPONENTE			C1	C2	C3										
7	BENEFICIO / UNIDAD			8	6	9										
8																
9	CANTIDAD			0	0	0										
10	PRODUCIDA															
11											CANTIDAD		CANTIDAD TOTAL			
12				RESTRICCIONES							EN EL OPTIMO		RESTRINGIDA			
13	MINUTOS MAQUINA1			6	4	4					0	<=	7200			
14	MINUTOS MAQUINA2			4	5	2					0	<=	6600			
15	PRODEMANDAC1			0	0	1					0	<=	200			
16	PRODEMANDAC2			1	0	0					0	<=	1000			
17	PRODEMANDAC3			0	1	0					0	<=	1000			
18	DEMANDAC1			1	0	0					0	Not >=	600			

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2				PRODUCCION DE COMPONENTES												
3	BENEFICIO TOTAL															
4	10800															
5																
6	COMPONENTE			C1	C2	C3										
7	BENEFICIO / UNIDAD			8	6	9										
8																
9	CANTIDAD			600	700	200										
10	PRODUCIDA															
11											CANTIDAD		CANTIDAD TOTAL			
12				RESTRICCIONES							EN EL OPTIMO		RESTRINGIDA			
13	MINUTOS MAQUINA1			6	4	4					7200	=<=	7200			
14	MINUTOS MAQUINA2			4	5	2					6300	<=	6600			
15	PRODEMANDAC1			0	0	1					200	=<=	200			
16	PRODEMANDAC2			1	0	0					600	<=	1000			
17	PRODEMANDAC3			0	1	0					700	<=	1000			
18	DEMANDAC1			1	0	0					600	=>=	600			
19																
20										R1	R2	R3	R4	R5	R6	
21	VARIABLES DUALES por RESTR ICCION									2	0	3	0	0	-1	
22																

Figura 4.1 Solución del Modelo

La Figura 4.2 indica la programación del modelo de planificación de la producción.

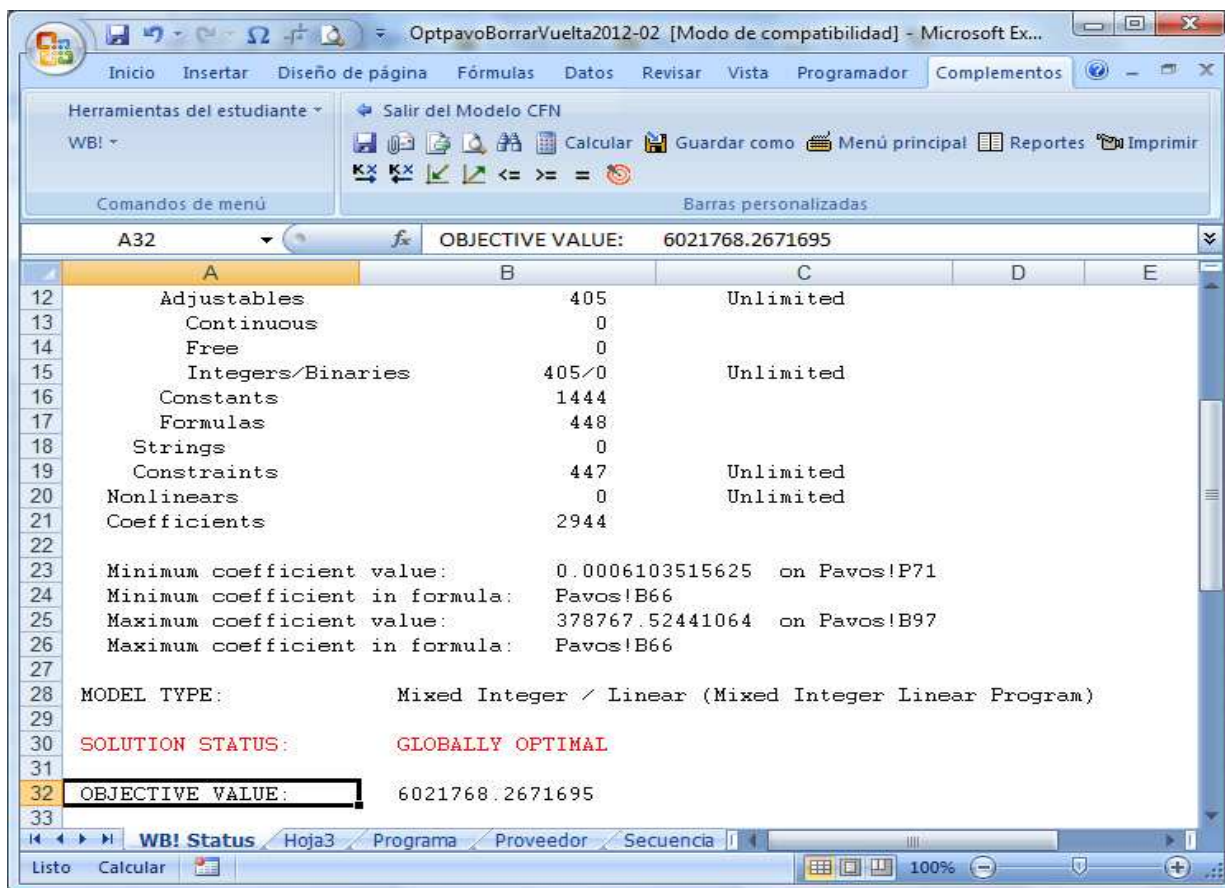


Figura 4.2 Programación del Modelo

## 4.2 RESULTADOS DEL MODELO

### 4.2.1 PROGRAMA DE INGRESO DE PAVITOS DE UN DÍA DE EDAD.

La planeación de la producción inicia con la optimización de la secuencia de ingreso de los pavos a las granjas. La secuencia es un factor importante porque facilita el proceso logístico durante la recolección de pavos para la faena. El programa respeta la secuencia en forma de cascada al momento de ingresar los pavos bb a las granjas; además, permite optimizar las capacidades de las granjas respetando un mínimo de 15 días de descanso entre ingresos a una misma granja, capacidad de los galpones de las granjas.

La compañía dispone de siete tipos de granjas (P,Q,R,S,T,U); según el programa se recomienda el primer ingreso el día seis de octubre del 2006 una cantidad inicial de 12.000 pavos bb para la granja P y así progresivamente como se muestra en la Tabla 4.1 de resultados y finalmente el último ingreso el uno de octubre de 2007, una cantidad de 6.000 pavos bb de la granja P; estas

cantidades respetan el número total de pavos que deben ingresar a las granjas, de acuerdo a la demanda de la compañía.

**Tabla 4.1 Programa de Ingreso de Pavo BB a las Granjas (Miles)**

<b>Programa de Ingreso de Pavo BB a las Granjas (Miles)</b>							
Llegada Importación	P	Q	R	S	T	U	Total general
lun, 02-oct-06	12,00						12,00
lun, 09-oct-06	12,00						12,00
lun, 16-oct-06	12,00						12,00
lun, 23-oct-06	12,00						12,00
lun, 30-oct-06	6,00	9,00					15,00
lun, 06-nov-06	6,00	9,00					15,00
lun, 13-nov-06		3,00	11,40				14,40
lun, 20-nov-06			14,50				14,50
lun, 27-nov-06			8,10	5,50			13,60
lun, 04-dic-06				10,50			10,50
lun, 11-dic-06				5,00			5,00
lun, 18-dic-06					8,64		8,64
lun, 25-dic-06					17,28		17,28
lun, 01-ene-07					17,28		17,28
lun, 08-ene-07					17,28		17,28
lun, 15-ene-07					17,28		17,28
lun, 22-ene-07					8,64	6,00	14,64
lun, 29-ene-07						12,00	12,00
lun, 05-feb-07						12,00	12,00
lun, 12-feb-07						12,00	12,00
lun, 19-feb-07						12,00	12,00
lun, 26-feb-07						6,00	6,00
lun, 05-mar-07	12,00						12,00
lun, 12-mar-07	12,00						12,00
lun, 19-mar-07	12,00						12,00
lun, 26-mar-07	12,00						12,00
lun, 02-abr-07	12,00						12,00
lun, 09-abr-07		12,00					12,00
lun, 16-abr-07		9,00	1,50				10,50
lun, 23-abr-07			11,40				11,40
lun, 30-abr-07			14,50				14,50
lun, 07-may-07			6,60	11,00			17,60
lun, 14-may-07				10,00			10,00
lun, 21-may-07					8,64		8,64
lun, 28-may-07					8,64		8,64
lun, 04-jun-07					8,64		8,64
lun, 11-jun-07					8,64		8,64
lun, 18-jun-07					8,64		8,64

<b>Programa de Ingreso de Pavo BB a las Granjas (Miles)</b>							
Llegada Importación	P	Q	R	S	T	U	Total general
lun, 25-jun-07					8,64		8,64
lun, 02-jul-07					8,64		8,64
lun, 09-jul-07					8,64		8,64
lun, 16-jul-07					17,28		17,28
lun, 23-jul-07						12,00	12,00
lun, 30-jul-07						12,00	12,00
lun, 06-ago-07						12,00	12,00
lun, 13-ago-07						12,00	12,00
lun, 20-ago-07						12,00	12,00
lun, 27-ago-07	12,00						12,00
lun, 03-sep-07	12,00						12,00
lun, 10-sep-07	12,00						12,00
lun, 17-sep-07	12,00						12,00
lun, 24-sep-07	6,00						6,00
lun, 01-oct-07	174,00	42,00	68,00	42,00	172,80	120,00	618,80

#### **4.2.2 PROGRAMA DE PLANIFICACIÓN DE PEDIDOS DE PAVO BB A PROVEEDORES**

Para determinar la programación de los pedidos a los proveedores se estudió cada una de las ofertas, considerando algunas variables como el precio, la calidad del pavo bb (históricos de índices de mortalidad, conversión de alimento).

La empresa realizó el pedido en el año 2007 en proporción de 23% y 77% a los proveedores dando prioridad al precio más conveniente.

Los resultados obtenidos se presentan de una manera ordenada y satisface la condición de cantidad de pedidos de pavo bb con la capacidad de los galpones y granjas.

Para evidenciar los cambios en los pedidos realizados se presentan las siguientes tablas comparativas. La decisión de realizar un pedido a proveedores en forma equitativa responde a la necesidad de reducir el riesgo por dependencia; dado que el producto es un ser vivo, se exponen a epidemias que perjudican el giro de negocio de la empresa.

Tabla 4.2 Programa de Ingreso de Pavo BB a las Granjas (Miles)

<b>DATOS REALES DEL AÑO 2007</b>		
# DE PAVOS PEDIDOS	%PROVEEDOR 1	%PROVEEDOR 2
611360	23%	77%
PRECIO CIF	2,05	1,79
<b>HISTORICO DE INDICADORES</b>		
PESO PROMEDIO	8,74	8,99
CONVERSION ALIMENTICIA	2,09	2,06
<b>DATOS DE LA PROPUESTA AÑO 2007</b>		
# DE PAVOS PEDIDOS	%PROVEEDOR 1	%PROVEEDOR 2
611360	50%	50%
PRECIO CIF	2,05	1,79
<b>HISTORICO DE INDICADORES</b>		
PESO PROMEDIO	8,74	8,99
CONVERSION ALIMENTICIA	2,09	2,06
MORTALIDAD PROMEDIO	15,00%	15,00%

Para realizar el estudio se el 50% del pedido al proveedor 1 y el otro 50% al proveedor 2; el programa otorga resultados óptimos que respetan la capacidad de envío que alcanza hasta las 12 mil unidades.

En la Tabla 4.3 se indica las fechas de importación de los pedidos a los dos proveedores y la cantidad de pedido.

Tabla 4.3 Pedidos de Pavo BB a Proveedores (Miles)

<b>PEDIDOS DE PAVO BB A PROVEEDORES (EN MILES)</b>			
Fecha importación	Proveedor 1	Proveedor 2	Total
lun, 02-oct-06	6,00	6,00	12,00
lun, 09-oct-06	6,00	6,00	12,00
lun, 16-oct-06	6,00	6,00	12,00
lun, 23-oct-06		12,00	12,00
lun, 30-oct-06	6,00	9,00	15,00
lun, 06-nov-06	6,00	9,00	15,00
lun, 13-nov-06	11,40	3,00	14,40
lun, 20-nov-06	5,30	9,20	14,50
lun, 27-nov-06	8,10	5,50	13,60
lun, 04-dic-06	5,50	5,00	10,50
lun, 11-dic-06		5,00	5,00
lun, 18-dic-06		8,64	8,64
lun, 25-dic-06	8,64	8,64	17,28
lun, 01-ene-07	8,64	8,64	17,28

<b>PEDIDOS DE PAVO BB A PROVEEDORES (EN MILES)</b>			
<b>Fecha importación</b>	<b>Proveedor 1</b>	<b>Proveedor 2</b>	<b>Total</b>
lun, 08-ene-07	8,64	8,64	17,28
lun, 15-ene-07	8,64	8,64	17,28
lun, 22-ene-07	8,64	6,00	14,64
lun, 29-ene-07	6,00	6,00	12,00
lun, 05-feb-07	6,00	6,00	12,00
lun, 12-feb-07	6,00	6,00	12,00
lun, 19-feb-07	6,00	6,00	12,00
lun, 26-feb-07	0,00	6,00	6,00
lun, 05-mar-07	6,00	6,00	12,00
lun, 12-mar-07	6,00	6,00	12,00
lun, 19-mar-07	6,00	6,00	12,00
lun, 26-mar-07	6,00	6,00	12,00
lun, 02-abr-07	6,00	6,00	12,00
lun, 09-abr-07	3,00	9,00	12,00
lun, 16-abr-07	9,00	1,50	10,50
lun, 23-abr-07	7,60	3,80	11,40
lun, 30-abr-07	9,90	4,60	14,50
lun, 07-may-07	6,60	11,00	17,60
lun, 14-may-07	5,00	5,00	10,00
lun, 21-may-07	8,64		8,64
lun, 28-may-07		8,64	8,64
lun, 04-jun-07	8,64		8,64
lun, 11-jun-07		8,64	8,64
lun, 18-jun-07	8,64		8,64
lun, 25-jun-07		8,64	8,64
lun, 02-jul-07	8,64		8,64
lun, 09-jul-07		8,64	8,64
lun, 16-jul-07	8,64	8,64	17,28
lun, 23-jul-07	6,00	6,00	12,00
lun, 30-jul-07	6,00	6,00	12,00
lun, 06-ago-07	6,00	6,00	12,00
<b>DITRIBUCIÓN DEL PEDIDO</b>	<b>50%</b>	<b>50%</b>	<b>1</b>

#### **4.2.3 PROGRAMA DE FAENAMIENTO**

Los resultados obtenidos en el diseño del plan de faenamiento de pavos satisfacen las condiciones del programa de ventas; además considera la capacidad de la planta faenadora tanto en peso como en unidades, la edad y

peso mínimo en el momento de la faena de pavos. A continuación se presenta los resultados óptimos que sugiere el programa.

El proceso de faena se lo realiza desde el día domingo siete de enero del 2007 con una cantidad de 4.192 pavos provenientes de la granja P, y progresivamente como se indica en la Tabla 4.4. Finalmente, el 23 de diciembre del 2007 se faenan 1.944 pavos correspondiente a la granja P, además el programa sugiere empezar el proceso de faena de una manera creciente desde enero hasta junio y el resto del año en forma decreciente en los volúmenes de faena, esto se debe a que el producto es estacional y el despacho del producto lo realizan con mayor demanda en el último trimestre del año.

**Tabla 4.4 Programa de Faena de Pavos Año 2007 (Miles)**

<b>PROGRAMA DE FAENA DE PAVOS AÑO 2007 (En miles)</b>							
Semana Faena/Granja	P	Q	R	S	T	U	Total general
dom, 07-ene-07	4,19						4,19
dom, 14-ene-07	7,53						7,53
dom, 31-dic-06	3,54						3,54
dom, 21-ene-07	10,18						10,18
dom, 28-ene-07	10,18						10,18
dom, 04-feb-07	7,63	3,82					11,45
dom, 11-feb-07	5,09	7,63					12,72
dom, 18-feb-07	2,54	5,09	4,83				12,47
dom, 25-feb-07		1,27	10,98				12,25
dom, 04-mar-07			9,58	2,33			11,92
dom, 11-mar-07			3,44	6,79			10,22
dom, 18-mar-07				6,75			6,75
dom, 25-mar-07				1,94	4,77		6,71
dom, 01-abr-07					10,20		10,20
dom, 08-abr-07					14,66		14,66
dom, 15-abr-07					14,68		14,68
dom, 22-abr-07					15,79		15,79
dom, 29-abr-07					10,56	4,44	15,00
dom, 06-may-07					2,62	9,72	12,35
dom, 13-may-07						11,28	11,28
dom, 20-may-07						12,30	12,30
dom, 27-may-07	10,07					10,60	20,66
dom, 03-jun-07	15,37					2,54	17,92



PROGRAMA DE FAENA DE PAVOS AÑO 2007 (En miles)							
Semana Faena/Granja	P	Q	R	S	T	U	Total general
dom, 10-jun-07	12,67						12,67
dom, 17-jun-07	10,18						10,18
dom, 24-jun-07	2,59	7,59					10,18
dom, 01-jul-07		8,27	0,64				8,91
dom, 08-jul-07		1,96	7,71				9,67
dom, 15-jul-07			10,59				10,59
dom, 22-jul-07			8,24	4,05			12,30
dom, 29-jul-07			1,65	11,16			12,82
dom, 05-ago-07				2,59	4,74		7,33
dom, 12-ago-07					7,33		7,33
dom, 19-ago-07					7,33		7,33
dom, 26-ago-07					7,33		7,33
dom, 02-sep-07					7,33		7,33
dom, 09-sep-07					7,33		7,33
dom, 16-sep-07					7,33		7,33
dom, 23-sep-07					7,33		7,33
dom, 30-sep-07					10,59		10,59
dom, 07-oct-07					6,66	7,59	14,24
dom, 14-oct-07						10,18	10,18
dom, 21-oct-07						10,18	10,18
dom, 28-oct-07						10,18	10,18
dom, 04-nov-07						10,18	10,18
dom, 11-nov-07	7,59					2,59	10,18
dom, 18-nov-07	10,18						10,18
dom, 25-nov-07	6,48						6,48
dom, 02-dic-07	4,84						4,84
dom, 09-dic-07	4,84						4,84
dom, 16-dic-07	4,84						4,84
dom, 23-dic-07	1,94						1,94
<b>Total General</b>	<b>142,48</b>	<b>35,62</b>	<b>57,67</b>	<b>35,62</b>	<b>146,55</b>	<b>101,77</b>	<b>519,70</b>

El Programa respeta la capacidad de la planta (32 TM al día y 5 turnos por semana, lo que representa 160TM/ semana). Además, el programa tiene énfasis en mantener secuencia de ingreso y mantener los días mínimos de descanso.

El programa permite tener un control de los días de ingreso; por lo tanto controla los días de vacío de las granjas como se indica en la Tabla 4.5.

**Tabla 4.5 Días de Descanso de las Granjas**

<b>DIAS DE DESCANSO DE LAS GRANJAS</b>						
<b>Vuelta</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>	<b>U</b>
1	34	21	21	60	70	86
2	42	15	35	42	42	15
3	28	42	56	70	70	21

El programa proporciona la producción por categoría de pesos conforme a la demanda del producto de acuerdo a la Tabla 4.6.

**Tabla 4.6 Producción de Pavos por Categoría de Peso por Mes (Miles)**

<b>PRODUCCION DE PAVOS POR CATEGORIA DE PESO POR MES (EN MILES)</b>							
<b>Mes</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>Total</b>
31/01/2007	0,19	6,98	8,76	8,50	3,35	2,75	30,53
28/02/2007	0,06	8,98	14,97	13,49	6,02	4,30	47,83
31/03/2007	0,05	8,17	13,93	11,11	4,73	3,76	41,74
30/04/2007	0,08	11,28	18,72	17,71	7,29	5,45	60,53
31/05/2007	0,55	16,70	21,73	15,45	2,63	5,64	62,70
30/06/2007	10,82	28,50	8,71	1,59	0,09	4,92	54,63
31/07/2007	12,56	23,84	7,01	0,04	0,00	4,30	47,74
31/08/2007	8,18	19,29	5,14	0,02	0,00	3,23	35,85
30/09/2007	7,16	16,15	3,95	0,01	0,00	2,70	29,96
31/10/2007	12,41	23,65	6,80	0,03	0,00	4,24	47,13
30/11/2007	10,72	22,89	6,95	0,02	0,00	4,01	44,60
31/12/2007	1,69	8,48	2,99	1,74	0,09	1,48	16,46
<b>Total</b>	<b>64,45</b>	<b>194,89</b>	<b>119,68</b>	<b>69,70</b>	<b>24,20</b>	<b>46,77</b>	<b>519,69</b>

Como se observa en la Tabla 4.7 los datos de la propuesta del programa indican que hay un incremento en la cantidad de producción de pavos de la categoría B y una disminución de la producción de la categoría D.

Tabla 4.7 Comparación de la Producción por Categoría de Peso

COMPARACIÓN DE LA PRODUCCION POR CATEGORIA DE PESO		
CATEGORIA	UNIDADES EN MILES	
	REAL	PROPUESTA
A	63,84	64,45
B	149,74	194,89
C	119,72	119,68
D	69,89	69,70
E	24,83	24,20
F	91,67	46,77
<b>TOTAL</b>	<b>519,694</b>	<b>519,690</b>

El programa sugiere que se modifique la producción por categoría de peso, dado que los pavos de la categoría B que están en un peso promedio de 8,5 kilogramos, lo que implica un menor desembolso para el consumidor y la empresa tiene mayor rentabilidad por menor mortalidad, menor edad de crianza y permanencia en granja, menor consumo de alimento. Por otro lado sugiere que se disminuya la producción de pavo de categoría F, que son pavos que tienen un peso mayor a 13 kilogramos; esta categoría tiene dificultad para salir de bodega, por el mayor desembolso que el consumidor tiene que realizar; además, es más costoso porque permanece más tiempo en granja y la eficiencia disminuye.

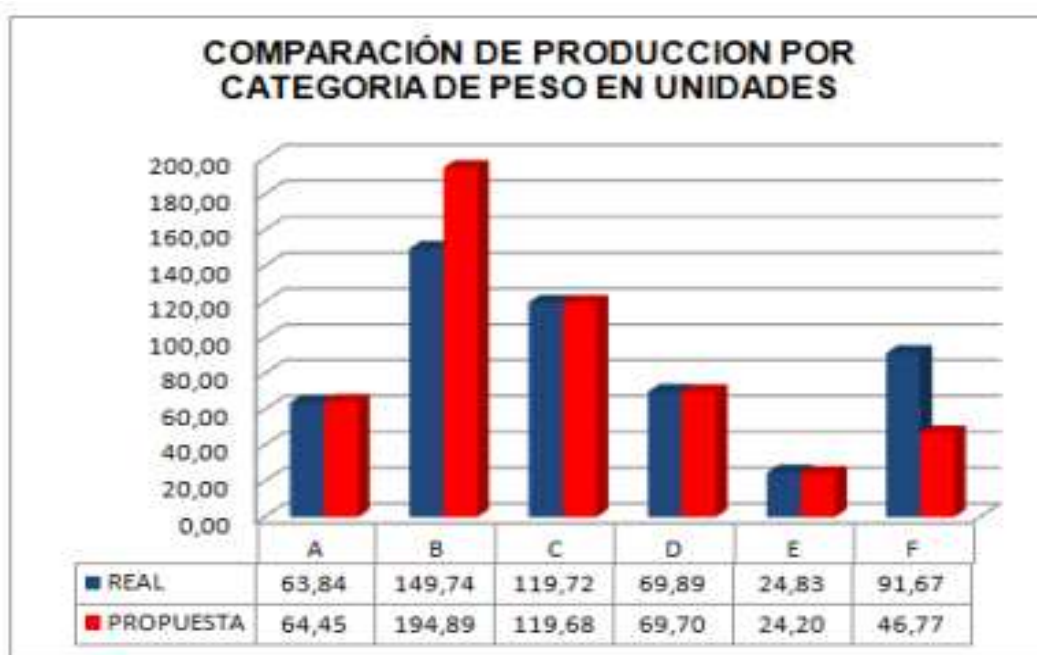
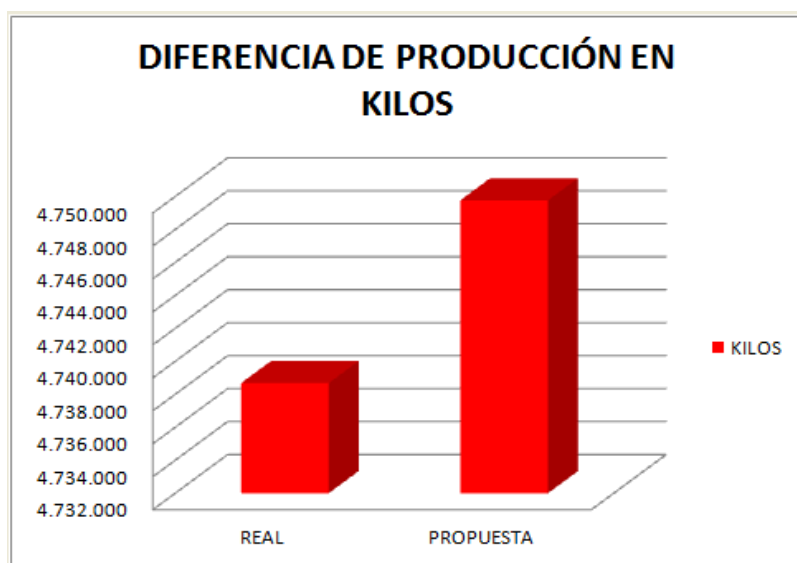
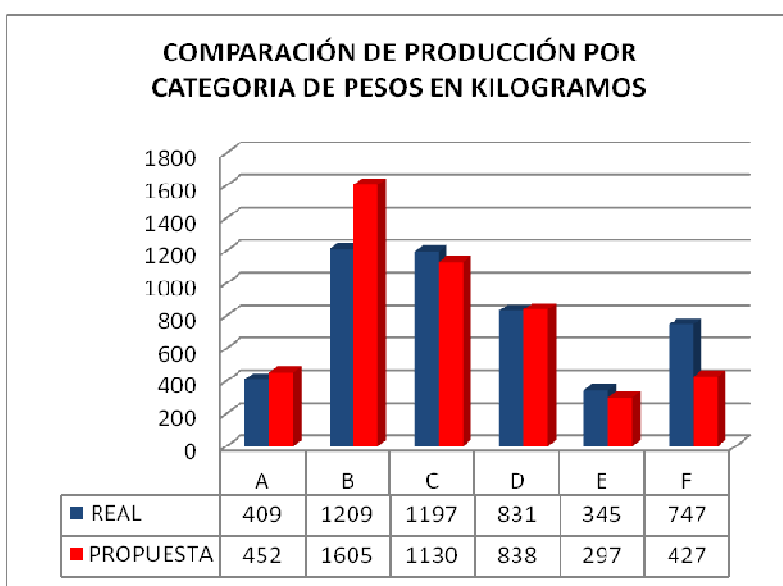


Figura 4.3 Comparación de Producción por Categoría de Peso en Unidades

Al comparar las cantidades de kilos producidas en el 2007 y las que sugiere el programa se encontró que con las mismas unidades de pavos se puede llegar a producir una mayor cantidad de kilos de pavo procesado, obteniendo una mayor ganancia. Las variables fundamentales que intervienen para que esto funcione son: un adecuado ingreso de los pavos bb, un adecuado pedido a proveedores y cumplir exactamente las fechas del proceso de faena de acuerdo a los datos proporcionados por el programa.



**Figura 4.4 Diferencia de Producción en Kilos**

La diferencia en kilogramos de los datos del 2007 y los datos de la propuesta son de 223TM, los cuales representan una mayor utilidad para la empresa. En el Estado de Resultados se cuantificará en dólares el efecto de utilizar la planificación de la producción óptima.

#### 4.2.4 ESTADO DE RESULTADOS Y BALANCE GENERAL

A continuación se presentan los principales estados financieros, Estado de Resultados y Balance General, correspondientes a la producción de pavos comerciales, con el fin de evaluar los beneficios de la propuesta.

Tabla 4.8 Estado de Resultados Año 2007

<b>ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2007 (EN MILES)</b>		
<b>DETALLE</b>	<b>Real</b>	<b>Propuesta</b>
Volumen TM	4.527	<b>4.750</b>
Volumen en unidades ( en miles)	519,694	519,690
Precio Mix	2,52	2,52
<b>VENTAS</b>	<b>11.702</b>	<b>11.969</b>
DESCUENTOS	311	311
VENTAS NETAS	11.391	11.658
<b>COSTO DE VENTAS</b>	<b>7.495</b>	<b>7.487</b>
MARGEN BRUTO	3.896	4.172
<b>% MARGEN BRUTO</b>	<b>34,2%</b>	<b>35,8%</b>
<b>TOTAL GASTOS OPERACIÓN</b>	<b>2.337</b>	<b>2.419</b>
Inversión Mercadeo	230	230
Mercadear	26	26
Logística Plantas	1.376	1.444
Logística Distribución	289	303
Vender	324	324
Cobrar	19	19
Soporte Comercial	73	73
<b>MARGEN OPERACIONAL COMERCIAL</b>	<b>1.559</b>	<b>1.753</b>
Soporte Administrativo Línea	114	114
<b>MARGEN OPERACIONAL NEGOCIO</b>	<b>1.445</b>	<b>1.639</b>
<b>OTROS GASTOS CORPORATIVOS</b>	<b>191</b>	<b>191</b>
Variación Tarifas Comerciales	191	191
<b>MOVIMIENTO FINANCIERO NETO</b>	<b>220</b>	<b>220</b>
Intereses Pagados	242	242
Ingresos Financieros	(12)	(12)
<b>GASTOS FINANCIEROS NETO</b>	<b>230</b>	<b>230</b>

<b>ESTADO DE RESULTADOS AÑO 2007 (EN MILES)</b>		
<b>DETALLE</b>	<b>Real</b>	<b>Propuesta</b>
Otros Gastos	(10)	(10)
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO A LA RENTA	1.034	1.228
PARTICIPACIONES E IMPUESTOS	335	398
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>699</b>	<b>830</b>
<b>% Incremento</b>		<b>18%</b>

De acuerdo al Estado de Resultados se puede observar que la propuesta presenta una mayor cantidad de kilos de pavo procesado con igual cantidad de recursos; además, se visualiza un costo total de producción unitario menor, lo que conlleva a obtener una mayor utilidad. De acuerdo a los datos obtenidos por el programa el beneficio se incrementa en un 1,5% con respecto a las ventas y en un 18% con respecto a la utilidad neta (131.000 dólares).

Con la utilidad del ejercicio se procede a estructurar el Balance General para verificar la situación de la empresa y de igual manera se pueden observar mejores resultados.

**Tabla 4.9 Balance General Diciembre 2007**

<b>BALANCE GENERAL DICIEMBRE 2007</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>Pavo Procesado AÑO 2007</b>	<b>PROPUESTA</b>
<b><u>ACTIVO</u></b>		
Cuentas por cobrar comerciales	4.378	4.509
Inventarios	1.815	1.815
Gastos anticipados y otras	76	76
Propiedades Planta y Equipo	3.339	3.339
Menos: Depreciación acumulada	(1.377)	(1.377)
Inversiones	52	52
Otros activos	109	109
<b>TOTAL ACTIVOS</b>	<b>8.392</b>	<b>8.523</b>
<b><u>PASIVO</u></b>		
Obligaciones por pagar a bancos y financieras	2.583	2.583
Cuentas por pagar	326	326
Participación a trabajadores	158	158
Impuesto a la renta	71	71
Otros gastos acumulados y otras cuentas por pagar	155	155
Jubilación Patronal y Desahucio	183	183

<b>BALANCE GENERAL DICIEMBRE 2007</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>Pavo Procesado AÑO 2007</b>	<b>PROPUESTA</b>
<b>TOTAL PASIVO</b>	<b>3.476</b>	<b>3.476</b>
<b><u>PATRIMONIO</u></b>		
Capital social	4.365	4.365
Aportes para futura capitalización	13	13
Reserva legal	13	13
Utilidades retenidas	(174)	(174)
Utilidades del ejercicio	699	830
<b>Patrimonio de los accionistas</b>	<b>4.916</b>	<b>5.047</b>

El Balance General muestra que existe un beneficio en la propuesta planteada para el año 2007.

# CAPÍTULO 5

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

El modelo de planificación de la producción de pavo integra a cada uno de los eslabones de la cadena de producción de pavos.

De acuerdo a la información proporcionada por la empresa en estudio, la provisión de pavo bb se la realizaba en porcentajes de 23% y 77%, premiando al proveedor que maneja costos más bajos. En este sentido la propuesta plantea un pedido equitativo de (50%) a cada proveedor, realizando este cambio se puede observar que existe menor riesgo de dependencia (factores externos, enfermedades, epidemias, etc.). Con esta modificación parecería que se incrementa el costo del pavo, dado que, se incrementa el pedido a un precio más costoso, sin embargo, esto no tiene un efecto negativo, porque existe una disminución en el consumo de alimento y la mortalidad, con todo este preámbulo se denota que realizando este cambio existe beneficio para la empresa comparada con el escenario convencional.

El programa de planificación diseñado cumple con la secuencia óptima de ingreso de pavo bb, es decir, empieza en la granja P,Q,R,S,T, cumplió el objetivo de llenado en forma de cascada, es decir, se llena una granja y a continuación la siguiente y así progresivamente, además respeta la capacidad de cada granja y el tiempo de descanso mínimo.

Los beneficios del programa planteado son de gran utilidad para la empresa porque la planificación de la producción se la realiza de manera eficiente con la ayuda del software What's Best, mientras que, en el proceso convencional un cambio en la planificación representaba una semana de trabajo horas/hombre y considerando que regularmente existen de dos a tres cambios mensuales en la planificación, el trabajo de planeación era poco eficiente, al no disponer de la herramienta y el modelo matemático adecuado.



En cuanto al programa de faena garantiza el cumplimiento de la cuota de mercado requerida por la empresa de una manera óptima, es decir, el programa indica la fecha exacta de faena, el número exacto de pavos a faenarse, distinguidos por categorías de pesos y clasificados como hembras y machos, indicando una secuencia de granja. Además, el programa considera la capacidad de la planta que integra otras líneas de producción como: pollos, horneros, gallinas.

Como resultado el programa sugiere un incremento en la producción de la categoría de peso B que corresponde a un peso promedio de 8.5 kilogramos, por varias razones como mejor rendimiento de producción, menor consumo de alimento, menor permanencia en granja, menor mortalidad, en consecuencia, al producir este tipo de producto la empresa tiene mayor utilidad.

El estado de resultados indica que existe una ganancia significativa en la propuesta y que la planificación de la producción ayuda a disminuir el costo total unitario de la producción y por ende el costo de ventas. Además se puede observar que si se produce una misma cantidad de pavos (519,694 miles), el programa fuerza a tener una mejor distribución de peso en los lotes de producción, por lo tanto, se incrementan los kilogramos producidos en 223 TON.

Cabe mencionar que el presente modelo se puede adaptar a cualquier tipo de producción, por ejemplo en el sector de la floricultura, donde se tiene una producción; similar, pues las semillas vienen a ser como los pavos bb, las camas de producción serían las granjas, el faenamamiento sería el proceso de cosecha, todo bajo una demanda determinada; por esta razón los modelos matemáticos presentados en este estudio cobran un valor fundamental para el desarrollo de los procesos y la obtención de logros económicos, en otras áreas no necesariamente avícolas.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Este trabajo aborda cada uno de los eslabones de la cadena de valor de la producción de pavos, más aún, se considera que es fundamental trabajar en la cadena de abastecimiento de alimento hacia las granjas, dado que, este rubro representa entre el 60 y 70 por ciento del costo total de producción del pavo, por lo cual, se recomienda para otros trabajos realizar esta planificación con el objeto de optimizar el costo de producción del pavo.

Si bien la producción de pavo despresado representa el 10% de la producción, no ha sido considerada dentro de este estudio; hay oportunidades interesantes para obtener más ahorros en los costos de producción al proponer un modelo matemático que optimice los costos y minimice los sobrantes, para así aumentar la rentabilidad de la línea.

La industria avícola en el Ecuador en su mayoría no utiliza la programación matemática y considerando que es un sector que se encuentra en crecimiento, el modelo planteado es una herramienta útil para optimizar la cadena de producción y obtener una mayor rentabilidad.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## LIBROS:

- [1] Castillo E. et al. *Formulación y resolución de modelos de Programación Matemática en Ingeniería y Ciencia*, 2002.
- [2] Williano, *Building and Solving Mathematical Programming Models in Engineering and Science*, New York, 2002.
- [3] Lieberman H. *Introducción a la Investigación de Operaciones*, Mc. Graw, Séptima edición.
- [4] Taube. N, *Integrated Planning for Poultry Production at Sadia*, Vol. 26/1, pp. 38-53, 1996
- [5] Johnson, G. et al. *Dirección Estratégica*. Séptima edición, 2008.
- [6] Roger G. et al. *Administración de Operaciones*. Tercera edición.
- [7] Charles T. et al. *Contabilidad de Costos un enfoque Gerencial*.
- [8] B. Satir. *A general production and financial planning model for integrated poultry organizations*, 2003.
- [9] B.J. Wood, H. Wojcinski and N. Buddiger, *HybridTurkeys VIII Congreso Mundial de Genética Aplicada a la Producción Ganadera*, 2006.
- [10] R. Lázaro, G.G. Mateos y M.A. Latorre, *Nutrición y Alimentación de Pavos de Engorde*.

**REFERENCIAS DE INTERNET:**

<http://www.conave.org/>

<http://agrotendencia.com>

[http://www.sisepuedeecuador.com/noticias/negocios/4828-crece-produccion-de-pavos-nacionales.](http://www.sisepuedeecuador.com/noticias/negocios/4828-crece-produccion-de-pavos-nacionales)

<http://www.eltelegrafo.com.ec/macroeconomia/noticia/archive/macroeconom%C3%ADa>

<http://www.investigaciondeoperaciones.net/>

<http://www.hybridturkeys.com/convert>

[http://www.gramobier.com/admin/openwysiwyg\\_v1.4.7/uploads/manualcrianza.pdf](http://www.gramobier.com/admin/openwysiwyg_v1.4.7/uploads/manualcrianza.pdf)

<http://www.aviagen.com>

<http://www.willmarpoultry.com/home.asp>

<http://www.produccion-animal.com>

