



**UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

División de Estudios de Posgrado

**Programa: Desarrollo Tecnológico en Sistemas de Producción
Animal**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN PORCINA EN LA REGIÓN
BAJÍO DE MICHOACÁN A TRAVÉS DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN**

Tesis para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

Isidro Martínez Medina

Asesores

Dr. Daniel Val Arreola

Dr. Jesús Conejo Nava

Dr. Rafael Tzintzun Rascón

Morelia, Michoacán México
Octubre, 2008.

ÍNDICE

	Pp.
1. INTRODUCCIÓN	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Situación de la porcicultura internacional y nacional.....	5
2.2. Consumo de carne de cerdo.....	7
2.3. Intercambio comercial.....	9
2.4. La porcicultura en México.....	12
2.4.1. La porcicultura en Michoacán.....	22
2.5. El enfoque sistémico y los componentes de los sistemas de producción porcina.....	24
2.6. Control de los sistemas de producción porcina.....	27
2.7. La utilidad como medida de eficiencia.....	29
2.8. Reducción de costos.....	38
2.9. La investigación de operaciones (io) como herramienta en el diseño y operación de sistemas de producción animal.....	41
2.10. Los modelos de optimización en la porcicultura.....	48
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	58
4. HIPÓTESIS	59
5. OBJETIVOS	60
6. MATERIAL Y MÉTODOS	61
6.1. Descripción de la zona de estudio.....	61
6.1.1. Características geográficas: región Bajío michoacano.....	61
6.1.2. Características geográficas del municipio de Angamacutiro.....	61
6.1.3. Localización de Santiago Conguripo: terreno disponible para la puesta en marcha del sistema de producción porcina.....	66
6.2. Modelos de optimización.....	67
6.2.1. Fuentes de información.....	68
6.2.2. Modelo de programación lineal para determinación del tamaño óptimo de piara.....	70
6.2.3. Flujograma o desarrollo de piara.....	71
6.3. Análisis financiero.....	76
6.3.1. La tasa interna de retorno (TIR).....	76
6.3.2. El valor presente neto (VPN).....	77
6.3.3. El punto de equilibrio (PE).....	79
6.3.4. El margen bruto (MG).....	79
6.4. Supuestos.....	80
6.5. Determinación del Tamaño óptimo del sistema de producción porcina.....	81
6.6. Índices biométricos usados en el modelo.....	82
6.7. Inversión inicial requerida.....	89
6.8. Análisis de sensibilidad (índices biométricos).....	90
6.9. Precio del sorgo y ciclicidad del precio del cerdo en pie en México.....	91
6.10. Análisis de sensibilidad (precios).....	92
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	93
7.1. Tamaño óptimo del sistema de producción porcina.....	94
7.2. Número de vientres ingresando por periodo de 28 días.....	94

7.3. Número de lechones nacidos vivos por periodo de 28 días.....	94
7.4. Número de cerdos vendidos por periodo de 28 días.....	94
7.5. Kg de alimento consumidos por periodo de 28 días.....	94
7.6. Margen bruto anual.....	95
7.7. Margen bruto por vientre anual.....	95
7.8. Margen bruto por día laborado.....	95
7.9. Costo de producción de un cerdo por concepto de alimento.....	95
7.10. Consumo de alimento por cerda por día.....	96
7.11. Punto de equilibrio.....	96
7.12. Valor presente neto.....	96
7.13. Tasa interna de retorno.....	96
7.14. Inversión inicial total.....	97
7.15. Estructura de costos.....	97
7.16. Análisis de sensibilidad (índices biométricos).....	97
7.16.1. Análisis de sensibilidad para el porcentaje de fertilidad y el número de lechones destetados.....	101
7.16.2. Análisis de sensibilidad para porcentaje de fertilidad y longitud de lactancia.....	103
7.16.3. Análisis de sensibilidad para número de cerdos destetados en relación a longitud de lactancia.....	104
7.17. Condiciones del mercado del sorgo y el cerdo en pie.....	106
7.17.1. Precio del cerdo en pie en México.....	106
7.17.2 Precio del sorgo en México.....	114
7.18. Medias móviles.....	120
7.19. Análisis de sensibilidad (precios).....	120
8. CONCLUSIONES.....	123
9. LITERATURA CONSULTADA.....	127

LISTA DE CUADROS, GRÁFICAS Y FIGURAS

Pp.

CUADRO 1. Evolución de las importaciones mexicanas de cerdos vivos, carne de cerdo y procedencia (2000-2006).	10
CUADRO 2. Evolución de las exportaciones mexicanas de cerdos vivos, carne de cerdo y destino (2000-2006).	11
CUADRO 3. Principales municipios productores de carne de cerdo en Michoacán.	22
CUADRO 4. Estructura de costos en la producción del cerdo.	40
CUADRO 5. Porcentajes de mortalidad asumidos en el modelo.	73
CUADRO 6. Cálculo del flujograma por periodo (primer año de operación).	74
CUADRO 7. Costo del alimento comercial.	83
CUADRO 8. Permanencia de los cerdos en cada una de las áreas.	84
CUADRO 9. Lugares requeridos por los cerdos en el modelo.	85
CUADRO 10. Instalaciones e inversión requeridas en el modelo.	87
CUADRO 11. Maquinaria y equipo requeridos en el modelo.	88
CUADRO 12. Precio del pie de cría.	88
CUADRO 13. Inversión requerida en el modelo.	89
CUADRO 14. Resultados del Modelo de Optimización.	93
CUADRO 15. Resultados del análisis de sensibilidad para porcentaje de fertilidad y el número de cerdos destetados.	98
CUADRO 16. Resultados del análisis de sensibilidad para porcentaje de fertilidad y longitud de lactancia.	99
CUADRO 17. Resultados del análisis de sensibilidad para número de cerdos destetados en relación a la longitud de lactancia.	100
CUADRO 18. Resultados del análisis de sensibilidad para variación en los precios.	122
GRAFICA 1. Consumo per cápita (kg) de carne de cerdo en diferentes países.	7
GRAFICA 2. Precio promedio anual del cerdo en pie en México 1997-2007.	112
GRAFICA 3. Precio promedio anual del sorgo en México 1997-2007.	118
FIGURA 1. Ideograma para la estructuración del modelo.	67
FIGURA 2. Estandarización del ciclo de la cerda.	72

RESUMEN

Se utilizó información de tesis de maestría y licenciatura extraída de 25 explotaciones porcinas en el Bajío Michoacano y se consultaron publicaciones especializadas, así como información proporcionada por la Asociación de Porcicultores de Huandacareo, SAGARPA, IPASA e INEGI para la obtención de índices biométricos. Se generó un modelo de programación lineal para determinar el tamaño óptimo de un sistema de producción porcina para 1 ha de terreno disponible en el Bajío Michoacano, el cual resultó ser de 53 vientres. Se construyeron flujogramas de producción para determinar la estructura de pira y flujo de animales, así como los requerimientos de espacios en las distintas áreas y requerimientos de alimento. Se evaluó la viabilidad del sistema como empresa, considerando: El punto de equilibrio (PE), margen bruto (MG), valor presente neto (VPN) y tasa interna de retorno (TIR). Se encontró que el sistema de producción diseñado con el modelo es económicamente viable. Se realizó un primer análisis de sensibilidad que incluyó varios escenarios: Número de cerdos destetados (6, 8 y 10), longitud de la lactancia (50 días, 27 días y 12 días), porcentaje de fertilidad (94%, 80% y 54%). Un segundo análisis de sensibilidad se realizó para determinar el efecto de las variaciones del precio del cerdo en pie y del sorgo sobre la viabilidad del sistema de producción porcina diseñado. Empleando la técnica de medias móviles; 3, 4, 5 y 6 periodos. Se encontró que el uso de 3 periodos resultó ser la mejor herramienta de predicción. El modelo demostró ser una herramienta útil para el análisis y la toma de decisiones en las explotaciones porcinas en La región del Bajío Michoacano.

ABSTRACT

Information from master's and bachelor's degree thesis were used, it was extracted from 25 pig herds from Michoacán Bajío and specialized literature was checked in order to obtain relevant biometric parameters, besides, of the information gathered from Huandacareo's Pork Producers Local Union, SAGARPA, IPASA and INEGI. In order to determine the optimum herd size of a pork production system with disponibility of 2.47 acre. A linear programming model was built; the optimum size for this system was 53 sows. Animals flow production and planning schedules were also built. To evaluate the enterprise viability as a system it was considered the break even point (PE), gross margin (MG), net present value (VPN), and return rate (TIR). We found that the production system designed with the model was economically viable. A first sensibility analysis was used in which several scenarios were considered: Number of weaned piglets (6, 8 and 10), lactation length (50, 27 and 12 days); Fertility percentage (94%, 80% and 54%). A second sensibility analysis was carried out to determine the effect of the pork and sorghum price variations over the economic viability of the designed pork production system. The data obtained were analyzed with the moving averages technique; 3, 4, 5 and 6 periods, we found that the most accurate prediction tool was 3 periods. The model showed its utility on analysis and decision support on the Michoacán Bajío's pig herds.

1. INTRODUCCIÓN

La carne de cerdo ocupa un lugar muy importante como alternativa alimenticia tanto en países desarrollados como en otros con un menor crecimiento económico. El crecimiento de la población porcina sigue presentándose a una tasa mayor que la del crecimiento de la población humana (Pérez, 1987; Pond *et al.*, 1991; Gallardo *et al.*, 2006).

La porcicultura moderna es una actividad altamente sofisticada. De unos años a la fecha ha sufrido grandes cambios, debido a la evolución de la genética, la ciencia de los alimentos, la sanidad y el avance en los sistemas de manejo y administración de las granjas porcinas (Lesur, 2003).

Es además una actividad empresarial, y como tal, se rige por las utilidades. Estas se derivan del diferencial que se da entre el precio en el mercado y la sustracción de los costos de producción. En México, los precios del mercado no solo se determinan por la resultante de la oferta y la demanda del mercado local y nacional de carne de cerdo, sino también a nivel internacional desde el acuerdo de adhesión de México al GATT en 1986, y posteriormente con la suscripción e implementación de nuevos acuerdos comerciales (Chile, 1991) y Tratados comerciales (América del Norte, 1994). Por ello, los poricultores mexicanos compiten en el mercado nacional con productos, subproductos porcícolas y sucedáneos de otras regiones, lo que obliga a revisar los niveles de competitividad y de productividad a nivel de granja en México (Flores *et al.*, 2005).

La porcicultura en Michoacán muestra una tasa de crecimiento negativa, sin embargo, económicamente continua siendo una actividad importante para el

estado y para la región del Bajío Michoacano. Por ello es necesario analizar alternativas que permitan revertir la tendencia negativa y consolidar la porcicultura en la región. Por lo tanto, es necesario contar con herramientas que permitan desarrollar sistemas de producción porcina en la región del Bajío Michoacano; competitivos en el contexto actual de apertura comercial.

En este ambiente rápidamente cambiante, los porcicultores deben actuar para renovar constantemente sus sistemas de producción porcina y reforzar los recursos a partir de los cuales puedan tomar ventaja al competir. Para ello se requiere que los productores busquen y exploten activamente oportunidades de incrementar sus ingresos y reducir sus costos de producción en un ambiente de decisión incierto, es decir, debe actuarse de forma emprendedora (Hitt *et al.*, 2002).

Un aspecto crítico del buen manejo en las granjas de cualquier tipo de ganado y en su apoyo es tomar las decisiones correctas. El proceso de toma de decisiones es comúnmente descrito en 5 pasos (Jalvingh *et al.*, 1992): (1) Definición del problema u oportunidad, (2) Identificación de los cursos de acción alternativa, (3) Reunión de la información y análisis de cada una de las acciones alternativas, (4) Tomar la decisión y actuación, (5) Evaluación de la salida. Los modelos de optimización son generalmente desarrollados para una situación específica (Jalvingh *et al.*, 1991). El manejo de la pira es una disciplina que sirve al propósito de asegurar concurrentemente que los factores que intervienen se combinen de tal manera que los beneficios y ganancias se maximicen para el granjero o productor individual en presencia de restricciones impuestas en tal producción. Los factores más importantes en la producción de ganado incluyen:

Instalaciones de la granja, animales, alimento, mano de obra, servicios generales y de medicina veterinaria, sistemas de manejo de información y de apoyo a decisiones y energía (Kristensen *et al.*, 1996).

En la región del Bajío Michoacano, la porcicultura ha perdido auge y dinamismo a consecuencia de la competencia internacional. El desarrollo de modelos de programación puede ser una herramienta útil en la planeación, operación y control de granjas porcinas ya que permitirá analizar bajo un enfoque sistémico, los factores que influyen en la producción porcina; y por lo tanto, diseñar sistemas de producción porcina económicamente viables de acuerdo a las condiciones prevalentes en el mercado nacional e internacional.

El presente trabajo tuvo como propósito diseñar un sistema de producción porcina adecuado a las condiciones del Bajío Michoacano y que permita analizar el impacto de factores económicos y biológicos en su viabilidad económica.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Situación de la porcicultura internacional y nacional

En 2005, China fue el país con mayor producción de carne de cerdo en el mundo ya que produjo el 50% de la carne de cerdo del mundo con una tasa de crecimiento anual de 4.1%; seguida por los Estados Unidos de América con una aportación al total mundial del 9.3% y una tasa media de crecimiento anual de 2%; seguidos por Alemania, España, Brasil, Viet Nam, Polonia, Francia, Canadá, Dinamarca, Rusia, Italia, Filipinas, Japón, Holanda; México se encuentra en la posición número dieciséis, aporta el 1% de la producción total mundial, con una tasa media de crecimiento anual de 0.03% (USDA, 2005; Gallardo *et al*, 2005; FAO, 2008).

En los últimos años, los trastornos zoonosarios y zoonosis registradas en diferentes países del mundo, conllevaron a cambios en la evolución de las diferentes producciones de carnes, aunado a cambios en los hábitos de consumo y se podría pensar en la satisfacción de la demanda mundial de este alimento. Lo anterior ha implicado una baja en los ritmos de expansión de los principales sectores proveedores de carnes. En el caso de la producción de carne de bovino, su expansión se ha visto reducida debido a problemas zoonosarios como la Encefalopatía Espongiforme Bovina en Europa, Canadá y Estados Unidos de América; así como la Fiebre Aftosa en Europa que redujo su ritmo de expansión anual de 1.3% en 2004 a 0.3% en 2005 (FAO, 2002; Gallardo *et al*, 2005).

Si bien la avicultura se mantuvo como la actividad más dinámica en 2005, con una TMCA¹ de 2.7%, la cifra es muy inferior a la experimentada en la década de los 90's, de 7.5%, siendo resultado de la desactivación de la producción en naciones Asiáticas a consecuencia de la influenza aviar, la cual ha cobrado características de zoonosis. En términos generales, la porcicultura es la que en menor medida se ha visto afectada, al no resentir problemas zoonosarios mayores, cubriendo en alguna medida los nichos de mercado desabastecidos por la carne de res y de pollo. La TMCA registrada de 2000 a 2004 es de 1.6%, mientras que en la década de los 90 fue de 4.5% (Gallardo *et al.*, 2005).

Se estima que en 2004 la producción mundial de carne ascendió a 260 millones de toneladas, de las cuales el 42.7% fue aportado por la porcicultura, la que continua siendo la más productiva a nivel mundial. La producción porcícola se encuentra altamente concentrada a nivel mundial, aportando ocho naciones el 84% del total mundial (Gallardo *et al.*, 2005)

De acuerdo con la información disponible, y opuesto a lo señalado por Pond *et al.*, (1991) acerca de que la porcicultura mundial seguiría la tendencia a concentrarse en las áreas productoras de maíz y sorgo o en áreas donde pueda importarse la cantidad suficiente de granos. Gallardo *et al.*, (2005) concluyen que las mayores tasas de crecimiento anual para los últimos 5 años se han registrado en países de Latinoamérica y de Asia, principalmente en naciones con un bajo nivel de producción.

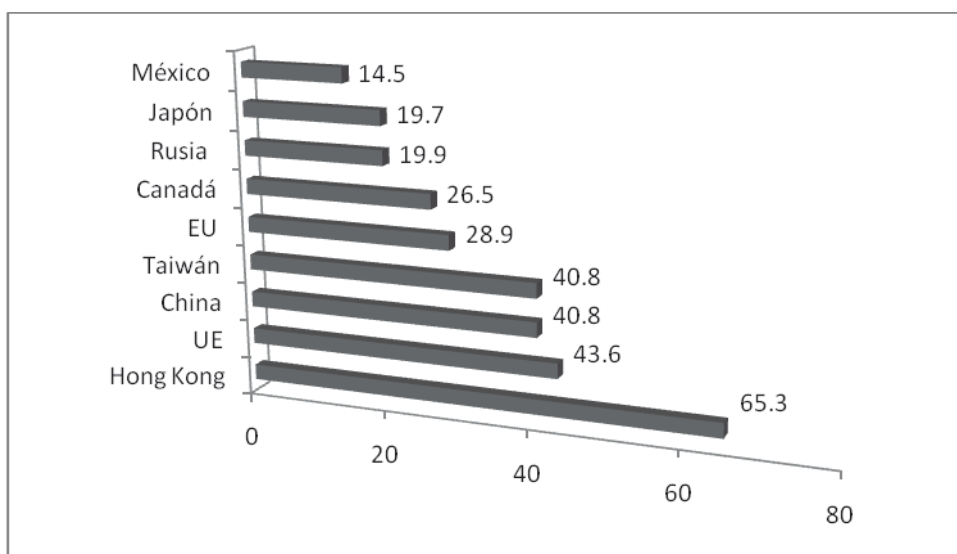
1 Tasa Media de Crecimiento Anual

2.2. Consumo de carne de cerdo

El consumo de carne de cerdo se ha visto impulsado por la disminución de la producción y de los flujos comerciales internacionales de otros cárnicos, situación que se evidenció en la segunda mitad de la década de los noventa, específicamente en 1999 en que su abasto a nivel global creció en 29.2%. (Gallardo *et al.*, 2005). En 2004 se produjeron 259.36 millones de toneladas métricas de carne de diferentes especies en el planeta. De las cuales 100.89 millones de toneladas métricas de carne, fueron de cerdo (FAO, 2008).

Además, según la FAO Y USDA (2008), El mayor consumo *per cápita* de carne de cerdo en el mundo se encuentra en países orientales y la Unión Europea (UE). (Gráfica 1).

GRÁFICA 1. Consumo *per cápita* (kg) de carne de cerdo en diferentes países.



Fuente: elaboración propia con datos de USDA, 2008.

En otros países como Hungría, el consumo *per cápita* de carne de cerdo es de 79.9 kg, China 36.4 kg, USA 30kg, Japón 17.8 kg, Hong Kong 35.9 kg, Taiwán 44.9 kg, Rusia 13.1 kg, Corea del Sur 25.2 kg, Canadá 32.9 kg (USDA, 2005; Díaz *et al.*, 2007). Se estima que el consumo anual por habitante se mantendrá en 12,3 kg comparado con una media de 30 kg de los países desarrollados (FAO, 2008; Nierenberg, 2005).

Mientras la tendencia mundial es a un mayor consumo de carne de cerdo (45%), en México, la participación es del 26% (Confederación de Porcicultores Mexicanos, 2005). En México, el consumo *per cápita* de carne de cerdo presenta el siguiente comportamiento: en 2000 fue de 12.5 kg (FAO, 2008), u 11.6 kg (Siacon, 2006); en 2004 evolucionó a 9.6 kg (Sagarnaga, 2006); en 2005 se ubicó en 11.1 kg (Díaz *et al.*, 2007); 2006 fue de 12.9 kg (Trueba, 2007; Siacon, 2006), y de 14 kg (Gallardo *et al.*, 2006). Aunque actualmente se presenta un crecimiento en el consumo *per cápita* de carne de cerdo en México, este aun no alcanza el registrado en 1980, de 22 kg (Corona, 2006; Gallardo *et al.*, 2006).

2.3. Intercambio comercial

De acuerdo a las proyecciones de USDA (2007) la clasificación de los importadores mundiales de carne de cerdo por orden de importancia es: Japón, Unión Soviética, Rusia, Corea del Sur, Hong Kong, EEUU, México y Canadá. Gallardo *et al.*, (2005), ubican a Alemania, Italia e Inglaterra en este grupo.

Los flujos comerciales internacionales de carne de cerdo se encuentran concentrados en gran medida en países de la Unión Europea, debido al libre flujo de mercancías entre los países socios y estos ascienden al 70% de la carne exportada y al 50% de las importaciones globales (Gallardo *et al.*, 2005).

Japón encabeza la lista de los países importadores, adquiriendo alrededor del 12.2% de la carne de cerdo comercializada en el exterior. Los siguientes tres importadores son: Alemania, Italia y el Reino Unido.

EUA ocupa un lugar importante dentro de los procesos de importación con el 6.4% del total mundial, así como Francia con el 5.1%. México se ubica como el octavo importador mundial, con la compra del 3.8% de los flujos comerciales internacionales (Gallardo *et al.*, 2005).

A nivel nacional, la compra de cerdo al exterior ha crecido de manera espectacular durante los últimos años (Cuadro 1), como consecuencia de la combinación de dos factores: un incremento sostenido del consumo nacional y *per cápita* y el estancamiento de la producción domestica (Díaz *et al.*, 2007).

CUADRO 1. Evolución de las importaciones mexicanas de cerdos vivos, carne de cerdo y procedencia (2000-2006).

Año	Animales vivos		Carne		Procedencia
	Cabezas	Pesos	Toneladas	Pesos	
2000	73,501	\$47,143,000	132,491.3	\$2,466,161,000	EEUU, Canadá, Perú, Inglaterra, Irlanda, Dinamarca, Francia, Noruega, Australia, Dinamarca, Suecia, Brasil, Chile, Nueva Zelanda, Uruguay.
2001	85,595	\$135,297,000	207,762.4	\$2,829,554,000	EEUU, Canadá, Francia, Chile, Australia, Dinamarca, Suecia.
2002	245,692	\$307,144,000	235,216	\$2,668,442,000	EEUU, Canadá, Chile.
2003	184,252	\$259,271,000	268,507.43	\$3,747,660,000	EEUU, Canadá, Francia, Australia, Chile, Suecia.
2004	189,868	\$300,761,000	334,219.04	\$6,188,116,000	EEUU, Canadá, Chile, Suecia.
2005	181,313	\$286,144,090	304,493.52	\$5,605,196.987	EEUU, Canadá, Chile, Suecia.
2006	196,391	\$279,041,767	321,739.63	\$5,812,689,212	EEUU, Canadá, Chile, Guyana.

Fuente: Elaboración propia con datos de los Anuarios estadísticos del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos (2000-2007).

A nivel mundial, al igual que la producción, las exportaciones se encuentran concentradas en pocas naciones predominando la Unión Europea, e independientemente de que 118 países reportan exportaciones, el 80% de éstas se realizan por nueve naciones, seis de las cuales son Europeas (Dinamarca, Holanda, Alemania, Bélgica, España y Francia), representando sus exportaciones el 55.1% de las exportaciones mundiales de carne de cerdo. Dentro de este grupo de fuertes exportadores se encuentran Canadá y los EUA, con una participación de entre el 9% y el 10%, respectivamente. Brasil también ha tenido un gran desarrollo como proveedor de carne de cerdo, aportando el 6.4% de las exportaciones y la tasa media de crecimiento anual (TMCA) más alta dentro de esta novena de países, con el 50.2%. USDA (2007) también ubica a China y Taiwán entre los principales exportadores del mundo.

México se desempeña como el exportador número 20 en la escala global, con una aportación del 0.5% al intercambio total mundial (Gallardo *et al.*, 2005). A nivel nacional, las exportaciones de carne de cerdo muestran un comportamiento creciente de 2000 a 2002, para luego caer en 2003-2004 y recuperarse en 2005 y 2006, mientras tanto las exportaciones de animales vivos son nulas desde 2004 según los anuarios estadísticos del Comercio exterior del INEGI. (Cuadro 2).

CUADRO 2. Evolución de las exportaciones mexicanas de cerdos vivos, carne de cerdo y destino (2000-2006).

Año	Animales vivos		Carne		Destino
	Cabezas	Pesos (\$)	Toneladas	Pesos (\$)	
2000	10	67,000	42,028	1,554,370,000	El Salvador, E.U., Japón, Etiopía, Finlandia.
2001	201	1,054,000	44,298	1,660,257,000	Cuba, Belice, Japón, E.U., Canadá, Corea del Sur, Hong Kong,
2002	49	224,000	45,610	1,684,344,000	Belice, Costa Rica, E.U., Japón, Canadá, Cuba, Taiwán.
2003	33	36,118	36,118	1,474,671,000	Cuba, Japón, E.U., Cuba, Taiwán.
2004	0	0	37,267	1,784,277,000	Corea del Sur, China, Japón, Cuba, Taiwán
2005	0	0	44,331	1,994,665,260	Corea del Sur, Japón, E.U., Cuba, Canadá.
2006	0	0	48,285	2,114,390,755	Corea del Sur, Japón y E.U.

Fuente: Elaboración propia con datos de Anuarios Estadísticos del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos, (INEGI 2000-2007).

La tendencia mundial de acuerdo a las proyecciones realizadas por USDA 2008-2017 es que Rusia se convierta en el mayor mercado mundial, al liberar la cuota compensatoria en 2009, que Rusia impuso a las importaciones en 2003, se convertirá en un gran destino para las importaciones sobre todo de EU y Brasil. Se espera que para 2017 Rusia importará 200,000 ton más de carne de cerdo que en

2008. Los mayores consumidores asiáticos como Japón, Hong Kong y Corea del Sur también incrementarán sus importaciones debido a que sus respectivos sectores productores de carne de cerdo enfrentarán severas restricciones medioambientales. En el caso de Corea del Sur y Japón, la presencia de la Encefalopatía Espongiforme Bovina impulsará un mayor consumo de carne de cerdo, lo que a su vez incrementará las importaciones. En el caso de México se plantea que sus importaciones crezcan más de 150,000 ton (38%) entre 2008 y 2017. México, de continuar la tendencia, se convertirá en el país en que las importaciones de carne de cerdo han crecido más rápido, las causas son: los incrementos en el consumo de la carne de cerdo y el crecimiento de la población (USDA, 2008).

2.4. La porcicultura en México

Existen en México tres sistemas de producción porcina, bien definidos de acuerdo a su nivel tecnológico (Gallardo *et al.*, 2006; Hernández, 2001 Kato, 1995; Lastra *et al.*, 2000; Pérez, 1996; Pérez, 2000), tal como: Porcicultura tecnificada, Semitecnificada y de Traspatio.

Porcicultura Tecnificada.- Se caracteriza por el uso de prácticas de alto grado de integración vertical en la cadena de producción porcícola, tanto “hacia atrás como hacia adelante”, aplicación de programas computarizados integrales para el manejo del sistema en general, utilización de líneas genéticas específicas para la producción especializada, inseminación artificial, esquemas de alimentación altamente especializados, programas sanitarios y de conservación del medio

ambiente, confinamiento total de los animales con construcciones y equipo moderno. Además, se cuenta con rastros propios y laboratorios de control de calidad. El tamaño de las explotaciones es superior a 500 vientres: la producción se destina a los grandes centros de consumo. Representa el polo más dinámico de la actividad porcina nacional y se encuentra ubicada principalmente en el noroeste de México (Sonora y Sinaloa) y Centro de la República (Estado de México, Guanajuato, Michoacán y Jalisco). El nivel tecnológico es equiparable al de los países industrializados, predominando las granjas de ciclo completo. El concepto intensivo tiene que ver con una total independencia del medio ambiente natural, entre más aislado del ambiente, mayor control de los procesos biológicos. Los sistemas intensivos de producción porcina se caracterizan por la producción en cadena, de manera que todas las semanas se puedan servir y parir un mismo número de cerdas, para que sea posible entregar cada semana un número determinado de cerdos al mercado. Otra de las características de los sistemas intensivos es la vinculación a otros sectores productivos con lo que el sistema de producción porcino se expandió; integrándose los subsistemas de la industria farmacéutica, la industria de alimentos balanceados, la industria procesadora de la carne de cerdo. De esta manera, eliminando la intermediación comercial que generaba el aumento en el precio de los insumos, minimizándose así los costos al productor y los precios al consumidor. Por ello, hoy puede hablarse de sistemas agroindustriales. Actualmente se estima que este sistema representa aproximadamente el 50% de la producción nacional y se ubica principalmente en los estados de Sonora, Sinaloa, Yucatán y Centro de la República (Estado de México, Guanajuato, Michoacán y Jalisco).

Porcicultura Semitecnificada.- Es un proceso de transición entre el sistema de traspatio y el intensivo, por esta razón es tan vulnerable y tiende a desaparecer más rápido. La alimentación es balanceada, solamente una minoría producen sus propios alimentos o premezclas. Persiste el problema de sanidad en cuestión de medicina preventiva, y el servicio de asesoría es utilizado en forma parcial. Este tipo de explotaciones no utilizan líneas especializadas, aunque sí con cierta calidad genética; sus construcciones e instalaciones no permiten el control artificial del medio ambiente, descuidándose con mayor frecuencia el aspecto de alimentación. El tamaño de las granjas frecuentemente varía entre 50 y 500 vientres, la producción se destina al consumo local y regional. Este tipo de porcicultura se encuentra dispersa por todo el país, pero se concentra principalmente en la región del centro pacífico y el Bajío (Guanajuato, Michoacán y Jalisco) y Sur del país; su participación en el mercado nacional representa alrededor del 20% y su importancia productiva disminuyó en un 5% en la última década (Lastra *et al.*, 2000). La porcicultura Semitecnificada contiene una mezcla de tecnología moderna con prácticas tradicionales de manejo, los sistemas tradicionales de producción son la producción de lechones y la engorda de cerdos. Este tipo de porcicultura, al ubicarse cerca de los principales centros de consumo, tiene la característica de ser la reguladora del precio de cerdo en el mercado.

Porcicultura de traspatio.- No existe un control de los eventos biológicos del cerdo, de manera que las etapas fisiológicas son determinadas por la naturaleza del propio animal. Este sistema se realiza en el ámbito familiar, ya que la mano de obra es aportada por los mismos miembros de la familia. Aquí no existe ningún

nivel de organización; el nivel de tecnología es bajo ya que no se proporciona alimentación balanceada, ni se tiene control estricto en sanidad, ni del medio ambiente. El tipo de cerdos es criollo, cruzado y encastado con razas mejoradas. El tamaño de las explotaciones varía hasta 50 vientres o menos. El producto tiene como destino el autoconsumo y el abasto local. Este tipo de porcicultura está desatendida tanto por el sector público como por la academia; se localiza en las zonas costeras del pacífico y del golfo y está dispersa en los cinturones proletarios de las áreas urbanas. La porcicultura de traspatio constituye una fuente importante de proteína animal, una fuente de ingreso y mecanismo de ahorro de un grupo amplio de la población rural y urbana de bajos ingresos; su aporte a la producción nacional se estima en un 30%.

El desarrollo de la porcicultura mexicana presenta en general dos etapas: La primera de 1972 a 1983 caracterizada por su alto dinamismo, durante estos 11 años, la porcicultura presentó las tasas de crecimiento más altas del sector pecuario; los inventarios se incrementaron 4.7% en promedio cada año pasando de 11 millones en 1972 a 15 millones en 1983; Durante la década de los setenta y los primeros años de los ochenta, el instrumento más eficaz para lograr los incrementos en la producción que el mercado demandaba fue el subsidio al principal insumo alimenticio: El sorgo. En este periodo, la importación de granos básicos era monopolio de la empresa estatal Compañía Nacional de Subsistencias Populares (Conasupo), la cual absorbía el costo de los fletes, el almacenamiento y los gastos de internación del sorgo importado. (Pérez, 1996; Taiganides, 1996).

La segunda etapa que abarcó de 1983 a 1994 en la que la actividad se contrae en forma constante. Según las cifras oficiales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGDR) y del INEGI, el inventario porcino se reduce de 15.3 millones de cabezas en 1983 a 10.0 en 1994, esto es, una disminución de 35%; La producción de carne pasa de 1.5 millones de toneladas en 1983 a 0.8 millones en 1994, lo que significa una reducción del 42% en 11 años (Pérez, 1996). Esto se debió, en gran medida, a que se buscó incrementar la productividad del sector agropecuario con base en el uso intensivo de insumos (fertilizantes, insecticidas, plaguicidas, semen, pie de cría, semillas mejoradas etcétera) y bienes de capital (maquinaria agrícola) del sector industrial que fueron producidos o importados copiando patrones tecnológicos que no satisfacían de manera integral los requerimientos de los productores (no se adecuaban a las características geográficas y climáticas, tampoco al tipo de suelo ni al comportamiento del mercado nacional (Sagarnaga, 2006).

En México, el consumo de la carne de pollo ocupa el primer lugar, seguido de la carne de res; el consumo de carne de cerdo se ubica en el tercer sitio (Corona, 2006; Del Moral *et al.*, 2008; Pérez, 1996). El consumo *per cápita* de carne de cerdo en la década de los ochenta fue de veintidós kilogramos, años después esta cifra descendió a nueve kilogramos y actualmente se ha recuperado hasta llegar a catorce kilogramos (Corona, 2006; Gallardo *et al.*, 2006).

El comportamiento de la producción del cerdo ha sido afectado por factores internos y externos. En el ámbito nacional, uno de los principales factores se relaciona con las crisis recurrentes de la economía, donde los productores se vieron fuertemente afectados en sus finanzas e ingresaron a las carteras vencidas

de los bancos, situación que les obligo a abandonar sus granjas. Por otra parte, la disminución del poder adquisitivo de la población trajo consigo que los consumidores se orientaran hacia la carne de pollo debido a su precio más bajo y menor contenido en grasa (Del Moral *et al.*, 2008).

En el contexto internacional, sus limitantes se encuentran en la sobreoferta de productos porcinos (principalmente estadounidenses) que con precios menores ingresan fácilmente al mercado mexicano, situación que también ha repercutido en la caída dramática de las exportaciones, lo cual a su vez refleja la falta de competitividad en el mercado internacional de carne de cerdo (Del Moral *et al.*, 2008). La grave situación por la que atraviesa el sector ha sido generada además por el encarecimiento de los insumos y por la falta de liquidez para comprarlos, hecho que desplazó a muchos productores, principalmente semitecnificados desapareciendo algunos del mercado mientras que otros se unieron a las granjas tecnificadas para sobrevivir (Hernández, 2001). En cuanto a la producción de traspatio, se observa que sigue siendo una de las principales abastecedoras en el contexto nacional. La producción de carne de cerdo ha retomado su tendencia ascendente, especialmente en 2005 cuando su producción alcanzó 1, 101,000 ton., pero sin recuperar los niveles alcanzados hace tres décadas. Esto se refleja en su Tasa Media de Crecimiento Anual de -0.51% entre 1985-2005, lo cual evidencia la problemática actual de la ganadería porcícola.

La recuperación experimentada en los últimos años se debe a la mayor tecnificación de las granjas (Del Moral *et al.*, 2008), lo cual ha mejorado la calidad de los cerdos y de sus productos y subproductos dando pie al mercado exportador. En ello ha contribuido el avance en la erradicación de enfermedades

características de la especie las cuales son altamente contagiosas y tienen la capacidad de acabar con piaras enteras, así como el incremento del sacrificio de ganado porcino en rastros Tipo Inspección Federal (TIF) permitiendo el incremento de producción y competitividad de las granjas porcinas. El proceso de liberalización de la carne de cerdo inició en 1998 mediante la eliminación de los permisos previos de importación cuyo objetivo fue complementar la oferta interna. Sin embargo en los años subsecuentes las organizaciones de porcicultores y los agentes industriales involucrados en la cadena porcícola realizaron gestiones ante las autoridades comerciales, obteniendo la aplicación de aranceles de 10-20% para los cárnicos (Del Moral *et al.*, 2008).

Los principales estados productores de carne de cerdo son Sonora, Jalisco, Guanajuato y Yucatán. El crecimiento de la producción del estado de Sonora se sustenta en el incremento en los procesos de exportación y una serie de condiciones, como un acceso más apropiado a insumos productivos de producción nacional (maíz de Sinaloa y trigo de Sonora), así como a los de importación y a una condición zoosanitaria que implica menores gastos en tratamientos preventivos como curativos, así como en menores pérdidas de productividad o mortalidad lo que también permite un libre tránsito de su producción dentro del mercado interno y el acceso a la exportación (Gallardo *et al.*, 2006).

Jalisco se mantiene como la entidad porcícola más representativa del Altiplano mexicano y en torno al cual se desarrolla gran parte de la porcicultura del centro del país. Se observa el crecimiento de productores y grupos de productores con

una tendencia a la integración vertical², la cual aún dista de la alcanzada en Sonora y Yucatán. La porcicultura de Jalisco enfrenta por otra parte desventajas como una fuerte competencia por el acceso a granos forrajeros de producción en la zona y la cierta lejanía de puntos de ingreso de granos de importación, que los encarece (Gallardo *et al.*, 2006). Yucatán, se sitúa como la tercera entidad con mayor producción porcícola en México, tiene la ventaja del abasto de insumos, el cual se circunscribe a granos de importación a precios muy accesibles debido a la cercanía de la zona productora con el punto de desembarco y la también cercanía de los puertos norteamericanos (Gallardo *et al.*, 2006). La carne de cerdo producida en México tiene oportunidad de ser comercializada fuera del país. López (2005) indica que en la actualidad el principal producto de exportación a Japón es la carne de cerdo y debe aprovecharse la cercanía relativa del mercado japonés a los puertos mexicanos del pacífico, lo cual favorece a México respecto a los países Europeos.

La producción de carne de cerdo es una de las industrias más importantes dentro del sector pecuario mexicano. Por el lado de la producción, se estima que la porcicultura nacional genera 106,000 empleos directos y 280,000 indirectos, ocupando, en promedio, de 9.8 a 21.8 jornales por tonelada vendida de carne (FIRA, 1997; CANACINTRA, 2001).

Hace más de diez años existían los siguientes problemas para el sector porcícola: atraso tecnológico, altos costos de los insumos, bajo poder adquisitivo de la

² Es el proceso en el cual se produce la coordinación de la cadena comercial, cuyos extremos visibles son la producción primaria y el consumidor (Hernández, 2001).

población, poca competitividad internacional, descapitalización, menores márgenes de ganancia y falta de asesoría e integración (Kato, 1995).

Sagarnaga (2006), indica que los principales problemas de la porcicultura en México son: baja integración, control sanitario deficiente, elevado precio de insumos, los cuales son los mismos que los mencionados anteriormente y a los que se suman: crecimiento indiscriminado en la importación de productos porcinos y cerdos vivos sin imposición de cuota compensatoria. Según Corona (2006) el déficit en la producción porcícola se debe fundamentalmente a factores de tipo económico, ya que existe capacidad de producción, pero se requiere incrementar la eficiencia.

La apertura comercial ha resultado inoperante en cuanto a la posibilidad de homogeneizar y difundir patrones de producción más eficaces para el conjunto de productores (Kato, 2002).

La población mexicana consume anualmente 22 millones de cerdos, de los cuales, ocho se adquieren en el extranjero, principalmente en el mercado estadounidense (Corona, 2006). El alza que se ha presentado en las importaciones entre 1999 y 2004, obedece a dos factores (FAO, 2006): Primero, que la carne de cerdo llega al país procedente de Estados Unidos a precios más bajos que los que ofrecen los poricultores nacionales y el Gobierno ha desechado por falta de pruebas, la demanda de dumping³. La segunda razón: el consumo

³ Cuando una gran empresa comercial quiere deshacerse de sus rivales, los pequeños comerciantes, basta con que empiece a bajar el precio de sus productos. Como su capital es muy fuerte, resiste por mucho tiempo la contrariedad de ganar muy poco o no ganar nada con una mercancía a la que todos los días se le baja el precio. En cambio, el pequeño comerciante que casi vive al día, no puede resistir vender a precio de costo por tanto tiempo y prefiere deshacerse de su comercio. El comprador es el comerciante que inició el dumping o rebaja de precios. Una vez sin competencia empieza a

interno de carne de cerdo se disparó desde 2002 por el brote de vacas locas en varios países. Una vez rebasada la crisis de baja rentabilidad motivada por un importante volumen de carne de cerdo importada a bajos precios, la planta porcícola nacional mostró signos de recuperación en 2004 (FAO, 2006).

A pesar de que la porcicultura mexicana ha alcanzado un desarrollo significativo, sus características fundamentales siguen siendo una gran heterogeneidad productiva, dependencia del exterior para la obtención de pie de cría e insumos alimenticios (40 por ciento del sorgo y más del 80 por ciento de la soya) y la falta de internalización de sus costos ambientales (Pérez, 1996). En este escenario, la competencia se está moviendo hacia una mayor exigencia de Japón y los principales mercados mundiales hacia la seguridad y salud alimentaria según la cual, los consumidores buscan productos certificados y sanos, que puedan ser rastreados desde el lugar de origen, incluso a nivel de granja, con información de las características del producto. En México, únicamente los estados de Sonora, Chihuahua y Yucatán cuentan con autorización por parte del gobierno japonés para exportar carne de cerdo desde el 1 de Octubre de 2000; existen oportunidades para los estados del centro del país si logran resolver sus problemas zoonosarios (Gallardo *et al.*, 2006).

Según la Confederación de Porcicultores Mexicanos (2006), México produce más de un millón 100 mil cerdos al mes, cada uno de 100 kg de peso vivo, de los

recorrer el mismo camino pero cuesta arriba, en lugar de bajar los precios, los empieza a subir hasta llegar rápidamente hasta el lugar donde se inició el dumping, pero no se detiene, continúa subiendo los precios (Acosta, 2002).

cuales se exportan 40 mil, la mayoría de ellos a Japón y próximamente a Corea y Rusia.

2.4.1. La porcicultura en Michoacán

Michoacán se sitúa como el séptimo estado productor de carne de cerdo a nivel nacional con una producción de 56,490 ton de ganado en pie; 42,857 ton de carne en canal en 2006; (Gallardo *et al.*, 2006; Siap- Sagarpa ,2008).

CUADRO 3. Principales municipios productores de carne de cerdo en Michoacán

Municipio	Producción (ton)
La piedad	11,645
Huandacareo	4,532
Purépero	2,754
Zacapu	1,597
Yurecuaro	1,527
Tlazazalca	1,486
Ixtlan	689
Zamora	689
Zináparo	659
Álvaro Obregón	658
Santa Ana Maya	617
Numarán	613
Penjamillo	483
Tanhuato	478
Cotija	434
Vista Hermosa	433

Fuente: Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico del Estado de Michoacán Inegi (2007).

Los municipios productores de cerdo en orden de importancia en la entidad, (Cuadro 3) son: La Piedad, Huandacareo, Purépero, Zacapu, Yurecuaro, Tlazazalca, Ixtlan, Zamora, Zináparo, Álvaro Obregón, Santa Ana Maya, Numarán, Penjamillo, Tanhuato, Cotija, Vista Hermosa y Morelia (INEGI, 2007).

La pira estatal está libre de Fiebre Porcina Clásica desde 2006 (Sagarpa, 2006). La Enfermedad de Aujeszky se encuentra en etapa de control, la importancia de estas enfermedades radica en que influyen en la productividad de la pira; elevando los costos de producción, reduciendo el margen de movilización de los cerdos e impidiendo su comercialización en aquellos estados libres además de que suprimen la exportación.

El Bajío (Michoacán, Jalisco y Guanajuato), es una región tradicionalmente productora de cerdo: en los 70's la región de La Piedad se convirtió en el principal centro porcícola del país con más de un millón de vientres. La porcicultura de la región estuvo constituida por empresas familiares con un nivel tecnológico de intermedio a avanzado, con construcciones especializadas, el empleo de alimentos balanceados, mano de obra asalariada. Una baja proporción de las granjas se manejaron bajo el sistema de producción de confinamiento (tres sitios) y se contrató asesoría de especialistas en nutrición y genética. La agricultura se adecuó a las necesidades de la producción intensiva. Su situación geográfica, cercana al Distrito Federal y a Guadalajara, principales centros consumidores del país, fue el factor más significativo que detonó el auge (Lira, 2003). Hasta 1985, la Piedad fue la zona porcícola más importante del país donde se engordaban más de un millón de cerdos al año (Chapela *et al.*, 1983; Pérez, 1987). Además, siendo una zona productora de sorgo, los costos de comercialización del producto y

abasto de insumos fueron relativamente bajos (Sagarnaga, 1999). Sin embargo, los cambios estructurales han desencadenado una grave crisis en el sector, perdiendo auge y dinamismo principalmente a causa de la desaparición del subsidio al sorgo, la apertura comercial y la disminución del precio real de producto, motivando el retiro de productores de la actividad. Por lo cual, la porcicultura muestra una tasa de crecimiento negativa del 2.5% en los últimos 10 años. (Gallardo *et al.*, 2006).

Sin embargo según Druck, (2007) y el Anuario Estadístico del estado de Michoacán Inegi, (2007). La producción de cerdos continúa siendo una de las actividades de mayor relevancia económica en la región.

Es necesario trabajar en lo relativo a la industrialización de la carne de cerdo para obtener valor agregado a partir de los productos eventualmente enviados a otros mercados (Aguilera, 2008).

2.5. El enfoque sistémico y los componentes de los sistemas de producción porcina

El enfoque de sistemas, permite la unificación de ciencias físicas, biológicas y sociales (Bertalanffy, 1968). Esta teoría es aplicable a la producción porcina que puede verse como sistema con sus tres principales componentes: entrada, proceso y salida. Pond *et al.*, (1991), define al sistema como “Un grupo de componentes interactuando, operando juntos con un propósito en común y capaces de reaccionar como conjunto a un estímulo externo”.

Pond *et al.*, (1991) tomando como base el concepto de sistema establecido por Spedding (1979), plantea que en un sistema porcino se encuentran las siguientes entradas y salidas.

a) Entradas o insumos controlables. Las características de los componentes de entrada del sistema de producción afectarán el rendimiento del sistema, por lo tanto estas características deben elegirse permitiendo al productor tomar ventaja del control y modificación del rendimiento, las principales son: el sistema de reproducción, la raza o línea genética, renta o adquisición del terreno, medicina, mano de obra, insumos de alimentación y la formulación de dietas.

b) Influencias externas. Los principales factores externos que influyen en la eficiencia de los sistemas productores de carne de cerdo son: Clima, patógenos y parásitos productores de enfermedades; los cuales elevan la mortalidad y reducen la productividad, además de factores económico-sociales como el precio del producto; cerdo en pie, y del principal insumo para su producción; el precio del sorgo y sus respectivas variaciones a lo largo del año.

c) Modificación del ambiente. Aunque el clima y los patógenos no son completamente controlables, su impacto puede ser parcialmente modificado. La evolución en décadas recientes de la producción de carne de cerdo a partir de sistemas de pastoreo hacia el incremento en el uso de instalaciones para control medioambiental ha ocurrido por dos razones: 1. Reducir las entradas hacia el sistema de producción, de mano de obra, así como de extensión de tierra. 2. Para reducir los efectos detrimentales de las fluctuaciones de temperatura y otras condiciones climáticas sobre el rendimiento en conversión de alimento del cerdo, permitiendo la producción durante todo el año.

d) Desempeño animal. Hay una gran influencia genética en el rendimiento de los animales. Sin embargo, también intervienen los siguientes factores: 1. Pie de cría, 2. Madurez sexual temprana. 3. Capacidad temprana para concebir. 4. Mayor tamaño de camada al nacimiento. 5. Mayor potencial de lactación y otros aspectos de supervivencia y crecimiento. 6. Un intervalo más corto a partir del destete a quedar gestante y concebir. 7. Longevidad de reproducción y lactación eficiente. El mayor tamaño al nacimiento puede ser dividido en características más fundamentales: 1. Una mayor tasa de ovulación. 2. Mayor fertilización de óvulos. 3. Mayor supervivencia de óvulos e implantación. 4. Mayor supervivencia de embriones y crecimiento. 5. Mayor supervivencia y desarrollo de fetos. Además las características inherentes al macho: 1. Madurez sexual temprana. 2. Libido y agresividad. 3. Mayor volumen de esperma, motilidad espermática, etc. Influyendo en el desempeño de cada servicio. 4. Gran capacidad de servir hembras incluyendo el tiempo de recuperación entre servicios.

e) Uso de instalaciones. Con la tendencia al diseño de instalaciones cada vez más elaboradas y por lo tanto más costosas ahora es más importante considerar su utilización. Muchos de los costos (depreciación, impuestos, electricidad, intereses en la inversión y la mano de obra), continúan sin importar que las instalaciones estén completamente ocupadas, medianamente ocupadas o totalmente vacías: el mayor uso de las instalaciones se logrará si estas son continuamente usadas y cada jaula es utilizada en seguida de que un grupo de cerdos ha salido, por lo tanto, las instalaciones únicamente deben estar vacías durante el tiempo destinado a limpieza y desinfección.

Salidas (productos). Las salidas a partir del sistema de producción determinan los ingresos para contrarrestar los costos, además proveen de utilidad a la empresa. Las salidas a partir del sistema productor de carne de cerdo deberán ser controladas a través de las entradas hacia el sistema así como el valor de los ingresos de las salidas exceda el costo de las entradas por un margen de utilidad razonable.

- 1) Número de animales producidos (número de cerdos/hembra/año).
- 2) Animales de desecho (sementales, vientres).
- 3) Peso de cada producto (peso al nacer, ganancia de peso, peso a mercado).
- 4) Valor (precio recibido) por unidad de peso (\$/kg de peso vivo).

En el enfoque de sistemas deberá enfatizarse la coordinación y sincronización entre los componentes del sistema que deberá existir para alcanzar la eficiencia económica.

2.6. Control de sistemas de producción porcina

Para revisar las características de las entradas que influyen en el rendimiento del sistema, de acuerdo a Pond *et al.*, (1991), el productor tiene la oportunidad de controlar el rendimiento del sistema mediante la elección de:

- 1) La localización, la cual determinará las condiciones climáticas a lo largo del año.
- 2) La configuración de las instalaciones, incluyendo el número de ellas, su tipo, longitudes, espacio, arreglo del confinamiento, número de cerdos/ jaula, sistema de alimentación y manejo de la excreta.

- 3) Las capacidades de control medioambiental de cada instalación mediante ventilación, aislamiento, tipo de suelo, suplementación de calor o frío, etc.
- 4) El sistema de cruzamiento, incluyendo las razas y los potenciales de rendimiento de los animales que en específico serán explotados dentro del sistema.
- 5) El programa de control de parásitos y patógenos para reducir los efectos de la enfermedad.
- 6) El programa de alimentación, incluyendo dietas específicas para diferentes estadios en el ciclo de vida y también si se alimentará a libre acceso o se limitará a cantidades específicas.
- 7) El control del movimiento de los animales dentro de las instalaciones de la granja, cambios de ración, cubriciones, destete, comercialización, todo esto de acuerdo a la edad, fecha o peso en el que estos eventos están planeados.

La cerda en vida sirve a un propósito comercial: producir lechones; y con cuanta mayor eficiencia lo haga, tanto más elevado será el margen de utilidad en cualquier empresa dedicada a la producción de ganado porcino (English, 1985).

Los cerdos tienen una tasa rápida de reproducción y en periodos de escasez de carne de cerdo con la elevación concomitante de sus precios, hay un estímulo para que los productores establecidos se expandan y para que los antiguos y nuevos productores se dediquen a la producción. Cuando los precios de la carne porcina son atractivos, hay una respuesta de expansión excesiva, lo cual da como resultado que un periodo de escasez vaya seguido, de dos a cuatro años después, por un periodo de excedente de carne de cerdo, lo cual tiene por efecto la depresión de los precios. De manera que en esta situación, en que las leyes de

la oferta y la demanda operan sin que haya alguna forma de control de precios o de producción, ocurren frecuentes períodos de sobrantes y déficit de carne de cerdo, los cuales se acompañan de elevación y baja de precios. Estos cambios reiterados dan origen a inestabilidad en la producción de cerdo, pero cuanto más eficiente sea el productor, mayor será su capacidad de adaptación a períodos de precios bajos de la carne de cerdo (English, 1985).

2.7. La utilidad como medida de eficiencia

La eficiencia de una empresa dedicada a la producción de lechones se puede medir en diversas formas, pero la mejor medida global es la utilidad. La utilidad se deriva de dos componentes, es decir, el valor de la producción total menos los costos totales. El valor de la producción total depende del número, peso y calidad de los lechones producidos; en tanto que los costos se pueden dividir en dos categorías (English, 1985; Erossa, 1986):

1. Costos fijos o gastos indirectos; que incluyen aspectos como mano de obra, depreciación del inmueble, costos de reposición de maquinaria y de ganado.
2. Costos variables o directos; mismos que incluyen alimento, honorarios de veterinario, calefacción y alojamiento.

Los costos fijos tienden a permanecer invariables, sin que afecten el nivel de la producción total, mientras que los costos variables aumentan con la producción total. De los costos variables, con mucho el más importante es el de la alimentación. El factor determinante de la rentabilidad para los productores

directos es el precio de los granos; De estos, los principales son: Maíz, trigo, sorgo, soya y avena (Kato, 1995). Puesto que una gran parte de la alimentación se utiliza sólo para mantener a la piara de reproducción, y por ello, independiente de la producción total, los costos variables están mucho menos influidos por el nivel de producción que por el de ingreso; de modo que en casi cualquier circunstancia hay un incentivo substancial para mejorar el rendimiento por cerda, a fin de mejorar los márgenes de utilidad (Pond *et al.*, 1991).

El nivel particular de producción total necesario para lograr una situación en la que no haya pérdida ni ganancia, depende del valor relativo de la carne de cerdo y de los costos totales de operación que prevalezcan en un momento dado. Durante la peor etapa del ciclo del cerdo, cuando se dispone de carne porcina excedente y sus precios son bajos, se requiere de una producción total mucho más elevada para llegar al punto de operación sin pérdida ni ganancia, que cuando el ciclo del cerdo se encuentra en el otro extremo.

El ciclo de la carne de cerdo es quizás el más consistente y conocido de todos los ciclos de este tipo de bienes, el precio de la carne de cerdo se ha caracterizado por un ciclo cuya duración media ha sido de cuatro años. Los ciclos en los precios de la carne de cerdo son provocados principalmente por los ciclos opuestos en la matanza de los animales, cuando la matanza de cerdos es muy alta, los precios de la carne de cerdo son bajos, y viceversa. Las proyecciones realizadas por el FAPRI (Instituto de Investigación de Política Agrícola y Alimentos) muestran claramente el comportamiento cíclico del mercado del cerdo estadounidense. Las proyecciones del precio del cerdo nacional también reflejan el comportamiento cíclico, aunque en este caso el ciclo es menos marcado (Sagarnaga, 2006).

En cualquier etapa del ciclo del cerdo, se pueden tomar medidas para mejorar los márgenes de utilidad, mediante la reducción de costos o el incremento de la producción total (English, 1985). Con la finalidad de hacer más eficiente a la empresa porcina existen varias herramientas que miden o evalúan la eficiencia tomando en cuenta las diversas entradas y las salidas:

- La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés a la cual se iguala el valor presente de una entrada con el costo de una inversión.

La TIR involucra el cálculo de una tasa de interés que es comparada contra un promedio de rendimiento mínimo. Es la tasa de interés para la cual el Valor Presente Neto de un proyecto es igual a cero. La TIR expresa el retorno real en alguna inversión. Para propósitos de evaluación la idea es que las inversiones deben ser clasificadas a partir de la TIR más alta hacia abajo.

La TIR es cada vez más usada por los analistas de negocios. La TIR supera dos dificultades inherentes al cálculo de: El Valor Presente Neto y la relación costo-beneficio:

1. Elimina la necesidad de determinar y de preocuparse por la tasa de retorno mínima, atractiva o aceptable.
2. Sus clasificaciones no pueden ser manipuladas por la elección de una tasa de retorno mínima, atractiva o aceptable.

La TIR también concentra la atención directamente en la tasa de retorno de cada proyecto, un atributo que no tienen ni el Valor Presente Neto ni tampoco la relación costo-beneficio.

La TIR también es conocida como Índice de rentabilidad, método de retorno del inversionista y flujo de retorno de efectivo descontado. Puede utilizarse para la

evaluación de un solo proyecto o para la evaluación de proyectos mutuamente excluyentes (Shtub *et al.*, 1994; Van Horne, 1993).

MÉTODO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO PARA UN SOLO PROYECTO

El método más común para calcular la TIR es encontrar la tasa de interés $i\%$, al cual el valor del flujo de entrada de efectivo iguala el valor presente del flujo de salida de efectivo. Esto es, encontrar la tasa de interés a la cual el valor presente del flujo de efectivo de entrada iguala el valor presente del flujo de efectivo de salida; o dicho en otras palabras, la tasa de interés a la cual el valor presente de los flujos de efectivo de entrada menos el valor presente de los flujos de efectivo de salida sea igual a cero.

Actualmente es posible calcular la TIR con el uso de hoja de cálculo o cualquier calculadora financiera.

MÉTODO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO PARA COMPARAR ALTERNATIVAS MUTUAMENTE EXCLUYENTES

Cuando se comparan alternativas en las que al menos una debe ser elegida, hay tres principios básicos que deben tomarse en cuenta:

1. Cualquier alternativa que presente una TIR menor a la tasa de retorno mínima aceptable debe descartarse inmediatamente.
2. Cada incremento de la inversión en capital debe justificarse por sí misma (mediante suficiente valor de retorno en este incremento).
3. Una alternativa de gran inversión solamente debe compararse con una alternativa de baja inversión cuando la alternativa de baja inversión está justificada.

La aproximación usual cuando se usa un método de tasa de retorno es: elegir la alternativa que requiera la inversión mayor para la cual cada incremento de capital de inversión sea justificado. Esta opción asume que la empresa desea invertir cualquier necesidad de capital siempre y cuando se justifique la inversión mediante una tasa de retorno suficiente en cada incremento de capital. En general, una tasa de retorno suficiente es cualquier valor mayor o igual a la tasa de retorno mínima aceptable. La Tasa Interna de Retorno puede encontrarse:

1. Encontrando la tasa a la cual el valor presente de los flujos de efectivo neto para la diferencia entre las dos alternativas sea igual a cero.
2. Encontrando la tasa a la cual los valores presentes de las dos alternativas sea el mismo (Shtub *et al.*, 1994).

Los métodos tanto de la TIR y el Valor Presente Neto involucran procedimientos que son esencialmente lo mismo. La diferencia radica en que el método del Valor Presente Neto permite comparar las alternativas de inversión en términos del valor del dinero en exceso de costo, mientras el método de la Tasa Interna de Retorno permite la comparación de tasas de retorno en alternativas de inversión. En la mayoría de las instancias, cada método jerarquizará una serie de alternativas de manera idéntica. Sin embargo, algunas veces cuando las inversiones no son de las mismas cantidades, los dos métodos darán resultados diferentes (Chase *et al.*, 1973).

EL VALOR PRESENTE NETO (VPN)

El problema esencial que se presenta al evaluar proyectos a lo largo de cierto periodo de tiempo viene a partir del hecho de que el dinero tiene un valor temporal. El valor de \$1 no es el mismo al que tendrá \$1 un año a partir de ahora.

El dinero representa la misma cantidad nominal, \$1 en un futuro no tendrá la misma capacidad o poder de compra que tiene ahora mismo, el problema es de compatibilidad, debido a este diferencial de valor, no puede estimarse ni los ingresos ni tampoco los costos totales simplemente mediante la adición de cantidades de dinero realizadas en diferentes periodos de tiempo. Para hacer una comparación válida es necesario trasladar todos los flujos de efectivo a cantidades comparables. Para propósitos de definición dos cantidades de dinero o una serie de cantidades monetarias en diferentes puntos de tiempo, puede decirse que son equivalentes si estas son igualadas entre sí a un punto dado en el tiempo y con la aplicación de una tasa de interés dada.

A partir del punto de vista matemático la solución a la evaluación del proyecto es basado en solamente dos parámetros: la duración o vida del proyecto y la tasa de descuento: las soluciones analíticas son delicadas y deben ser interpretadas con extremo cuidado. Los valores generados a través de las formulas son sensibles a sus dos parámetros, los cuales raramente son conocidos con certeza; por lo tanto los resultados son arbitrarios e implican que el problema de la evaluación de proyectos a lo largo del tiempo es una mezcla de arte y ciencia (Shtub *et al.*, 1994).

Para poder entender El VPN, es necesario comprender el significado de la tasa de descuento, tasa de interés o la tasa mínima de retorno atractiva; \$1 ahora es más valioso que \$1 en el futuro porque puede ser usado de manera productiva entre ahora y entonces. A nivel personal por ejemplo, puede ahorrarse el dinero y al cabo de un periodo de tiempo acceder a una suma mayor. En la economía a gran

escala las empresas y los gobiernos utilizan el dinero para construir plantas y manufacturar productos, producir alimentos y educar a la gente.

Por lo tanto, cualquier cantidad de dinero ahora es típicamente más valiosa ahora que en el futuro, la razón es la inflación. Tanto como los precios se elevan debido a la inflación, el poder adquisitivo del dinero disminuye. La tasa de descuento representa la manera en que el dinero actualmente es más valioso que el dinero en el futuro. Esto se determina mediante que tanto cualquier cantidad futura es descontada para hacer que esta reducción corresponda a una cantidad equivalente actualmente. La tasa de descuento es por lo tanto, el factor clave en la evaluación de proyectos a través del tiempo. Es el parámetro que permite comparar los costos y beneficios de que incurren a diferentes instancias en el tiempo.

La tasa de descuento es generalmente especificada como una tasa, dada a algún porcentaje anual. Normalmente, esta tasa es asumida de manera constante para alguna evaluación particular porque no hay razón para creer que cambiará diariamente, se toma como constante en el proyecto a través del tiempo, puede variar dependiendo de la empresa o agrupación que la utilice incluso dependiendo de circunstancias. El método del VPN es comúnmente usado en negocios. Bajo este método, las decisiones son basadas en la cantidad mediante la cual el valor presente de una entrada proyectada excede el costo de una inversión, para calcularlo debe tomarse en cuenta un porcentaje de costo de capital (Chase *et al.*, 1973).

Es el método más conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El VPN permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión.

EL PUNTO DE EQUILIBRIO (PE)

Es una herramienta financiera que permite determinar el momento en el cual las ventas cubrirán exactamente los costos, expresándose en valores, porcentaje y/o unidades, además muestra la magnitud de las utilidades o pérdidas de la empresa cuando las ventas exceden o caen por debajo de este punto, por lo tanto es un punto de referencia a partir del cual un incremento en los volúmenes de venta generará utilidades, pero también un decremento ocasionará pérdidas (Shtub *et al.*, 1994). Erossa (1986), lo define como el punto donde las ventas absorben el monto del costo total, es decir la intersección de la venta y el costo, donde se equilibran los ingresos con los egresos, no teniendo pérdidas ni utilidades. El volumen que corresponde a este punto, es llamado el punto de equilibrio en volumen. La utilidad en este punto es igual a cero. Es el volumen de ventas en cantidades de unidades o de dinero que da como resultado un punto de equilibrio en la empresa (Chase *et al.*, 1973).

Para determinar el PE deben conocerse en primer lugar los costos fijos y variables de la empresa; entendiendo por costos variables aquellos que cambian en proporción directa con los volúmenes de producción y ventas: materia prima, mano de obra a destajo, comisiones, etc.

Los costos fijos son aquellos que no cambian en proporción directa con las ventas y cuyo importe y recurrencia es prácticamente constante: Renta de local, salarios,

depreciaciones, amortizaciones etc. Además debe conocerse el precio de venta de él o los productos que fabrique y comercialice la empresa, así como el número de unidades producidas.

Al obtener el PE en valor se considera la siguiente fórmula:

P.E. \$=	Costos Fijos	
	1-	Costos variables
		Ventas totales

El resultado obtenido se interpreta como las ventas necesarias para que la empresa opere sin pérdidas ni ganancias, si las ventas de la empresa están por debajo de esta cantidad la empresa pierde y por arriba de la cifra mencionada son utilidades para la empresa.

Cuando se requiere obtener el PE en porcentaje:

P.E. %=	Costos fijos	*100
	Ventas Totales-Costos Variables	

El porcentaje que resulta con los datos manejados, indica que de las ventas totales, el porcentaje resultante es empleado para el pago de los costos; fijos y variables y la diferencia en porcentaje restante para el cien por ciento, es la utilidad neta que obtiene la empresa.

El otro análisis del PE se refiere a las unidades, empleando: costos variables, así como el PE obtenido en valores y las unidades totales producidas, empleando la siguiente fórmula:

P.E.U.=	Costos Fijos*Unidades producidas
	Ventas Totales-Costos Variables

Para que la empresa esté en un punto donde no existan pérdidas ni ganancias, se deberán vender x número de unidades, considerando que conforme aumenten las unidades vendidas, la utilidad se incrementará. El análisis que resulta del PE en sus modalidades ayuda al empresario a la toma de decisiones en las tres diferentes vertientes sobre las que cotidianamente se tiene que resolver y revisar el avance de una empresa, al vigilar que los gastos no se excedan y las ventas no bajen de acuerdo a los parámetros establecidos (Chase *et al.*, 1973; Ortiz, 2007).

2.8. Reducción de costos

En el cuadro 3 se evidencia que la mejor oportunidad para la reducción del costo de producción radica en los costos de alimento. Los niveles de alimentación se han hecho descender apreciablemente desde los niveles muy altos que predominaban hace 20-25 años, reducciones que en la mayor parte de los casos se han hecho sin afectar en forma adversa al rendimiento, es decir; regularidad reproductiva, número de lechones por camada y peso al destete. En algunas granjas hay mayores oportunidades para la reducción en los niveles de proteína y alimento, dependiendo el grado deseable de estas reducciones del estado promedio de las cerdas en determinado momento, y de la magnitud de sus aumentos de peso en pariciones sucesivas. En muchas granjas existe también la

oportunidad de reducir el desperdicio de alimento, ocasionado por factores como insectos, condiciones inadecuadas de almacenamiento y comederos inadecuados. La mano de obra constituye una porción elevada de los costos totales en la producción de lechones (English, 1985).

Dado que la alimentación es el concepto de mayor costo en la producción porcina y, por lo tanto uno de los que tienen mayor repercusión en los ingresos netos, se hace necesario analizar su comportamiento (Kato,1995). De los insumos utilizados para la alimentación del cerdo en México sin duda el más representativo es el sorgo el cual llega a representar hasta el 80% de la ración (Kato, 1995; Sagarnaga, 2006).

CUADRO 4. Estructura de Costos en la Producción del Cerdo

Factor	Proporción aproximada de costos totales (porcentaje)	Autor
Alimento	70% 60-80% 70-75% 75-80% 55-85% 60-65%	English (1985) Lesur (2003) CEA (2001) Kato (1995) Pond <i>et al.</i> , (1991) Gallardo <i>et al.</i> , (2006).
Mano de obra	15% 3-6%	English (1985) Gallardo <i>et al.</i> , (2006).
Gastos indirectos de edificio, calefacción, honorarios de veterinario y depreciación del ganado	15% 20-25%	English (1985) Gallardo <i>et al.</i> , (2006).

Fuente: Elaboración propia basado en CEA, 2001; English 1995; Kato, 1995; Lesur, 2003; Gallardo *et al.*, 2006; Pond *et al.*, 1991.

2.9. La investigación de operaciones (io) como herramienta en el diseño y operación de sistemas de producción animal

Las exigencias prácticas han originado métodos especiales agrupados bajo el nombre de Investigación de operaciones, término usado en la aplicación de métodos matemáticos en todas las esferas de la actividad humana, orientada hacia una finalidad (Val, 1998). La investigación de operaciones es la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas (hombre-máquina), a fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de la organización. La programación matemática es una potente técnica de modelado usada en el proceso de toma de decisiones. Un estudio de investigación de operaciones consiste en construir un modelo de una situación física (Val, 1998). El tipo de modelo más usado en la investigación de operaciones es el modelo simbólico o matemático; ya que supone que todas las variables relevantes son cuantificables. Los símbolos matemáticos se utilizan para representar variables, las cuales están relacionadas con las funciones matemáticas apropiadas para describir el comportamiento de un sistema, deben ser reales, precisos, generales y flexibles. Cuanto más acertadamente se seleccione el modelo, tanto mejor reflejará los aspectos característicos del fenómeno, más exitosa será la investigación y más útiles las recomendaciones obtenidas (Val, 1998).

Cuando se trata de resolver un problema de este tipo, la primera etapa consiste en identificar las posibles decisiones que pueden tomarse; esto lleva a identificar las

variables del problema concreto. Normalmente las variables son de carácter cuantitativo y se buscan los valores que optimizan el objetivo. La segunda etapa supone determinar qué decisiones resultan admisibles; esto conduce a un conjunto de restricciones que se determinan teniendo presente la naturaleza del problema en cuestión. En la tercera etapa, se calcula el costo/beneficio asociado a cada decisión admisible, lo que supone determinar una función objetivo que asigna a cada conjunto posible de valores para las variables que determinan una decisión, un valor de costo/beneficio. El conjunto de estos elementos define el problema de optimización (Castillo *et al.*, 2002; Dorfman, 1986).

La investigación de operaciones aspira a determinar el mejor curso de acción (óptimo) de un problema de decisión con la restricción de recursos limitados: está asociado a la aplicación de técnicas matemáticas, para representar por medio de un modelo y analizar problemas de decisión (Taha, 1995).

Un modelo de decisión, es sólo un medio para “resumir” un problema de decisión en una forma que permita la identificación y evaluación sistemática, de todas las opciones de decisión del problema (Taha, 1995).

Para Taha (1995) las fases por las que tiene que pasar un equipo para efectuar un estudio de Investigación de operaciones (IO) son:

1.- Definición del problema

Descripción de la meta o del objetivo de estudio: Identificación de las alternativas de decisión y reconocimiento de las limitaciones, las restricciones y las necesidades.

2.-Construcción del modelo

Deberá decidirse sobre el modelo más adecuado para representar el sistema, el cual especificará expresiones cuantitativas para el objetivo y las restricciones del problema en función de sus variables de decisión.

3.- Solución del modelo

En modelos matemáticos se logra usando técnicas de optimización bien definidas y se dice que el modelo proporciona una solución óptima. Debe asegurar siempre información adicional sobre el comportamiento de la solución debida a cambios en los parámetros del sistema: análisis de sensibilidad.

4.- Validación del modelo

Un modelo es válido sí, independientemente de sus inexactitudes al representar al sistema, puede dar una precisión confiable del funcionamiento del mismo. La validación solo se consigue usando datos independientes de los utilizados para construirlo, y siempre y cuando la respuesta continúe siendo cercana a la obtenida con los datos iniciales.

5.- Implantación de los resultados finales

Implica la traducción de los resultados en instrucciones de operación detallada, emitidas en una forma comprensible a los individuos que administrarán y operarán el sistema.

Para esto las herramientas con que se cuenta son:

La programación lineal es la herramienta cuantitativa de toma de decisiones más ampliamente aplicada en negocios e industria. La técnica más comúnmente usada para programación lineal fue desarrollada por Dantzig, en 1974, la cual fue originalmente aplicada en el área de planeación militar para la fuerza aérea de los EU, pero la nueva aproximación puede ser usada en la solución de negocios y problemas industriales. De hecho, la técnica de la programación lineal puede ser aplicada para minimizar el costo de alimentación (combinación de granos cereales), mientras se mantiene un balance nutricional; puede ser usada para determinar la mezcla más rentable en una operación de manufactura o para encontrar la mejor estructura de capital para una nueva corporación. El proceso es directo y matemáticamente simple, sin embargo, la programación lineal no es una panacea, tiene limitaciones como su naturaleza estática, no aplica para situaciones dinámicas: más que una película es una fotografía y las soluciones obtenidas son de valor únicamente en el tiempo de solución considerado (Pinney *et al.*, 1987). La mayoría de los problemas cotidianos son de este tipo (hay una meta conocida y un grupo de factores limitantes), la meta es llamada función objetivo, y los factores limitantes son llamados restricciones. La programación lineal es un método simple de encontrar el mayor nivel de cumplimiento de la meta, considerando las limitaciones ubicadas sobre ese cumplimiento, en otras palabras permite optimizar (maximizar o minimizar) la función objetivo, sujeta a las restricciones, siempre y cuando la función objetivo y las restricciones puedan ser representadas mediante ecuaciones lineales. Una ecuación lineal es aquella que únicamente está formada por términos de primer orden, sin cuadrados o cubos (Pinney *et al.*, 1987). Involucra la selección de un conjunto de variables de

decisión y sus cantidades (pesos, kilogramos, por mencionar algunos) que pueden maximizar o minimizar una función objetivo lineal (maximizar margen de ingresos sobre costos de producción, minimizar costo de una ración, etc.), sujeta a una serie de limitaciones o restricciones, y además se requiere que las variables de decisión no sean negativas (Val, 1998). La programación lineal (PL) es una herramienta determinística, es decir, todos los parámetros del modelo se suponen conocidos con certeza. Sin embargo, en la vida real, es raro encontrar un problema donde prevalezca una verdadera certeza respecto a los datos. La técnica de la PL compensa esta “deficiencia”, proporcionando análisis sistemáticos posóptimos y paramétricos, que permiten al tomador de decisiones probar la sensibilidad de la solución óptima “estática”, respecto a cambios discretos o continuos de los parámetros del modelo. Básicamente estas técnicas adicionales agregan una dimensión dinámica a la propiedad de solución óptima de la PL (Taha, 1995). Para que los resultados obtenidos en el proceso de optimización sean válidos empleando la técnica de programación lineal, es necesario que se cumplan los siguientes supuestos (Val, 1998):

Linealidad: El modelo es lineal en la función objetivo y en las restricciones, también se le ha denominado proporcionalidad. Es decir, por cada variable de decisión dada, está contribuye en el incremento del valor de la función objetivo en una determinada escala; en otras palabras por este supuesto implica que cada variable de decisión o actividad está sujeta a rendimientos constantes a escala.

Aditividad: Indica que todos los insumos y actividades son estrictamente independientes, esto simplemente significa que el total es igual a la suma de las partes. Este concepto se deriva de la linealidad exigida a la función objetivo y a las restricciones.

Divisibilidad: Señala que todos los insumos utilizados y todos los productos obtenidos son perfectamente divisibles.

Finitud: Se refiere al hecho de que existe un límite tanto para el número de actividades alternativas, como para las restricciones consideradas.

Certidumbre Completa o Incompleta: significa que el modelo es determinístico, es decir, que los coeficientes técnicos son valores constantes fijos y conocidos.

Pasos en la formulación del problema

Identificación de las variables. Antes de empezar a escribir ecuaciones, debemos identificar aquellas cantidades que nos permitan variar en la búsqueda de una solución óptima. Estas son llamadas las variables de decisión del problema, deben representar factores del problema que puedan ser controlados, en lugar de factores externos en los que no pueda tenerse ninguna influencia, de cuidarse de anotar debidamente las unidades de medida para cada variable, algunos ejemplos de variables de decisión incluyen: número de pintores, carpinteros, ayudantes; la longitud y profundidad de una construcción: los número de varias razas de ganado a comprar; las cantidades de dinero a invertir en cada uno de los segmentos de

una campaña promocional; o el número de materiales a adquirir en cada uno de los diferentes colores.

Definir la función objetivo. La función objetivo es una función lineal (ecuación), la cual describe la cantidad que se desea maximizar o minimizar, como una relación matemática expresada en términos de las variables de decisión. Las funciones objetivo típicas deben incluir minimizar el costo total del ganado, maximizar la rentabilidad a partir de una operación feedlot (engorda) de ganado.

Formulación de las restricciones. Las restricciones son también ecuaciones lineales, las cuales expresan de forma matemática las limitaciones bajo las cuales se llevará a cabo la optimización, pueden tomar forma siendo (menores o iguales a la restricción), o también (menores o iguales a las restricciones), pueden también contener igualdades estrictas, además siempre debe asumirse la restricción de no negatividad.

Resolución del problema. Una vez que el problema ha sido formulado, deben emplearse aproximaciones: gráficas, matemáticas o computacionales para darle solución.

2.10. Los modelos de optimización en la porcicultura

Los modelos matemáticos de programación, optimización y simulación son una herramienta ampliamente usada en la porcicultura actual. En lo referente a salud animal y epidemiología Kobayashi *et al.*, (2007) utilizaron un modelo dinámico de optimización para encontrar estrategias óptimas de control de la Fiebre Aftosa. El modelo eligió estrategias diarias de control (despoblación y vacunación) que minimizaron el costo total regional de la duración total de la epidemia, tomando en cuenta la dinámica de la enfermedad y las limitantes de recursos las cuales fueron caracterizadas en un grupo de ecuaciones diferenciales. Pinto (2003) utilizó un modelo de simulación estocástico para evaluar el impacto de las medidas de control sobre la fiebre porcina clásica. Mc Inerney *et al.*,(1997) estudiaron mediante la simulación la toma de decisiones en cuanto a si controlar la enfermedad de Aujeszky o no, y de hacerlo como es que se haría, tomaron en cuenta los costos de cada una de estas decisiones, consideraron cuatro estrategias (a) No hacer nada, (b) Mantener la enfermedad en niveles de baja prevalencia mediante vacunación, (c) Suprimir o bajar niveles y después erradicar mediante la eliminación de animales recurrentes positivos y (d) Erradicación en un solo paso mediante los promedios de análisis y sacrificio. A partir de datos de estudios llevados a cabo en Alemania y Holanda se examinaron los méritos de cada estrategia y se desarrolló un modelo de computadora para estimar los costos de la enfermedad en varios escenarios técnicos, epidemiológicos y económicos.

También en la ecología y el medio ambiente son utilizados los modelos de optimización. Schulteiss *et al.*, (2005) compararon y midieron el efecto de

diferentes medidas de manejo de nutrientes a partir de modelos de sistemas agrícolas y pecuarios para reducir costos y pérdidas de nutrientes con el objetivo de reducir la contaminación de los mantos freáticos de agua. Petit *et al.*, (2003) usaron un modelo matemático para medir los impactos medioambientales de la porcicultura en la Bretaña Francesa, ya que el modelo actual de explotación porcina no es sustentable ni amigable con el medio ambiente. Stern *et al.*, (2005) crearon 3 escenarios futuros para la producción porcina, basados en distintas metas de sustentabilidad, la simulación de los escenarios así como la estimación de los costos de producción por kg de cerdo en cada uno de ellos se llevó a cabo con un modelo matemático.

Los modelos de optimización también han encontrado aplicación en la genética de los cerdos, Lai *et al.*, (2002) usaron un modelo para examinar las restricciones del uso de órganos de cerdo y la respuesta inmune al trasplantar órganos de cerdo. Lin (1996) comparó dos métodos de optimización de cruzamientos a través de un modelo matemático, además de evaluar las consecuencias económicas de las decisiones tomadas. Tsuruta *et al.*, (2001) probaron la utilidad y el desempeño de un algoritmo conjugado y pre acondicionado para la resolución de ecuaciones de modelos genéticos mixtos y determinar correlaciones de rasgos tanto para pequeños ejemplos como para datos nacionales.

El manejo de granjas de cualquier tipo de ganado y en el apoyo en la toma de decisiones es también cada vez más importante. Krieter (2001) desarrolló un modelo de simulación para cuantificar costos y beneficios del destete temprano segregados (SEW por sus siglas en inglés), comparándolo con la producción de carne de cerdo estándar en un sistema integrado verticalmente. El modelo de

computadora consideró el servicio, engorda y la matanza, así como el movimiento de los cerdos a través de estos estadios. También realizó un análisis de sensibilidad para medir los niveles alto y bajo del modelo. Saatkamp *et al.*, (1997) evaluaron económicamente cuatro sistemas de identificación y registro en Bélgica usando un modelo de simulación de computadora personal. Koketsu *et al.*, (1998) probaron y midieron los impactos y asociaciones entre número de parto, longitud de lactancia e intervalo destete-parto en 16 explotaciones porcinas llevando a cabo destete precoz, a partir de un modelo estadístico. Shaubberger *et al.*, (2000) desarrollaron un modelo matemático para calcular el flujo de aire y microclima requerido por instalaciones de finalización de cerdos en Austria. Rodríguez Zas *et al.*, (2006) usaron un modelo de programación dinámica para encontrar el número de parto óptimo y el valor presente neto en explotaciones de cerdos cría-destete. El modelo incluyó entradas y costos por número de parto medido mediante la tasa de descuento y tasa de remoción de la cerda. Se consideraron tres escenarios que reflejan un amplio rango de casos: Tasas de baja remoción por parto sin valor de compensación (LRNS), Tasas altas de remoción por parto sin valor de compensación (HRNS), y Tasas altas de remoción por parto con un porcentaje de cerdas que tienen un valor de compensación (HRYS). El número de parto óptimo para el reemplazo dadas las condiciones biológicas y económicas fue de 4 y 5 partos en los escenarios de remoción alto y bajo respectivamente. En el análisis de sensibilidad se identificaron las variables que influyeron en el número de parto óptimo para el reemplazo, que va de 3 a 7 partos en el escenario de reemplazo bajo, comparado con 1 a 5 partos en los escenarios de reemplazo altos. El costo de reemplazo de la cerda y el valor de compensación tuvo el mayor impacto en el

número de partos óptimo de reemplazo seguido por los ingresos por lechón destetado. La tasa de descuento y el número de partos por año tuvieron generalmente poca influencia en el número de partos óptimo. Para las situaciones con altos costos de cerdas, valores de compensación bajos, e ingresos bajos por lechón, el número de partos óptimo a la remoción fue tan alto como de 6 -10 partos, y para situaciones con un bajo costo de la cerda, alto valor de compensación e ingresos altos por lechón, el número de parto a la remoción fue tan bajo como de 1 a 2 partos dependiendo de las tasas de remoción. La tasa interna de retorno modificada sugirió que para la mayoría de escenarios LRNS y HRYS considerados la inversión en un proyecto de cerdos cría-destete fue favorecida sobre otras inversiones involucrando un perfil de riesgo similar. Los resultados indican que en las piaras de cría de los Estados Unidos, las cerdas son seleccionadas y separadas en un promedio de parto cercano al óptimo de 4.

Los modelos matemáticos de programación y optimización son utilizados para apoyar la toma de decisiones y medir su efecto o impacto en diversos escenarios. El proceso de toma de decisiones es comúnmente descrito en 5 pasos: (Boehlje y Eidman, 1984, citado por Jalvingh *et al.*, 1992): (1) Definición del problema u oportunidad, (2) Identificar los cursos de acción alternativa, (3) Reunir información y analizar cada una de las acciones alternativas, (4) Tomar la decisión y actuar, (5) Evaluar la salida. Los modelos de optimización son generalmente desarrollados para una situación específica (Jalvingh *et al.*, 1992). El manejo de la piara es una disciplina que sirve al propósito de asegurar concurrentemente que los factores que intervienen se combinen de tal manera que los beneficios y ganancias se maximicen para el granjero o productor individual en presencia de restricciones

impuestas en tal producción. Los factores más importantes en la producción de ganado incluyen: Instalaciones de la granja, animales, alimento, mano de obra, servicios generales y de medicina veterinaria, sistemas de manejo de información y de apoyo a decisiones y energía (Kristensen *et al.*, 1996).

Una de las aproximaciones que puede llevarse a cabo al construir un modelo es la inclusión de todos los elementos fortuitos o al azar; otra aproximación más simple, es asumir la estructura de la piara para permanecer en un estado estacionario, esto se logra mediante el ajuste de la salida, entonces el flujo de entrada iguala al flujo de salida (Jalvingh *et al.*, 1992).

Una cerda de reemplazo es adquirida a la edad de 6 meses y puede permanecer en la piara hasta que es reemplazada o hasta que ha llegado al número máximo de camadas permitido en la explotación. Un ciclo reproductivo es definido como el periodo a partir del destete hasta el próximo destete (Jalvingh *et al.*, 1992). La longevidad de la cerda o longitud de tiempo que una cerda permanece en la piara tiene un gran efecto en la rentabilidad. Las cerdas son reemplazadas, en promedio del tercer al cuarto parto mediante prácticas de selección y separación voluntarias e involuntarias. Se considera que el porcentaje de desecho en granjas comerciales fluctúa desde un 35 hasta un 50% anual. Las razones para desechar las hembras se pueden dividir en dos: las voluntarias que incluyen todas aquellas hembras que son desechadas por situaciones de productividad como son: bajo tamaño de camada, baja fertilidad, edad, abortos, etc. El desecho involuntario que incluyen hembras anéstricas, con problemas de miembros, muertas y enfermas. Llevar a cabo la decisión de reemplazo es un proceso continuo y complejo basado en consideraciones biológicas y económicas (Rodríguez-Zas *et al.*, 2006). Los

productores de cerdo están rutinariamente encarando la importante decisión de mantener o reemplazar una cerda en particular. En Holanda, un promedio de 40-45% de las cerdas en una piara son reemplazadas anualmente (Huirne *et al.*, 1998). Las mayores razones para eliminar las cerdas incluyen problemas de salud, falla al concebir y una baja producción (Huirne *et al.*, 1998). Por una parte, cuando la longitud de tiempo que una cerda permanece en la piara es más larga, hay una mayor oportunidad para recuperar los costos iniciales y que esto resulte en camadas más numerosas y más pesadas, menor cantidad de días no productivos, inmunidad adquirida a enfermedades, mayor valor de compensación, y menos costo de reemplazo. Por otro lado, la longitud de tiempo que la cerda permanece en la piara, los pequeños ingresos por parte de los lechones y los ingresos de compensación relativos al costo de reemplazo inicial de la cerda debido a la tasa de descuento (Rodríguez-Zas *et al.*, 2006). Una cerda no es reemplazada porque ya no sea capaz de producir en sentido biológico, sino porque se espera que una cerda de reemplazo (primeriza) sea más productiva. En cualquier momento, puede realizarse una decisión de reemplazo, este es llamado el momento decisivo. Los momentos decisivos típicos para reemplazar las cerdas son aquellos tiempos cuando una cerda no preñada puede ser inseminada, comenzando usualmente alrededor de 7 días después del destete. Si no queda preñada, los momentos decisivos pueden ocurrir en ciclos regulares de 21 días (1 ciclo estral) o en días al azar (cerdas irregulares). En la práctica hay entre 2 y 10 momentos decisivos por año para cada cerda (Huirne *et al.*, 1998).

Huirne *et al.*, (1998) llevaron a cabo la expansión de un modelo estocástico ya existente para que su salida pudiera ser usada como entrada de un modelo de

utilidad multiatributo para determinar el curso óptimo de reemplazo en piaras de cerdas de cría. El modelo incluye seis atributos: rentabilidad futura de la cerda (a partir del modelo de programación dinámica), tasa de mortalidad de los lechones, lechones arrollados por la cerda, lechones muertos al nacimiento, lechones nacidos por debajo de su talla. El punto es jerarquizar a las cerdas para propósitos de reemplazo. El modelo provee de clasificaciones estables que son diferentes de aquellos basados solamente en el modelo de programación dinámica. En este modelo hubo buena correspondencia entre las clasificaciones del modelo de 30 cerdas y las clasificaciones provistas por dos expertos.

Jorgensen (1992) comparó varias estrategias de reemplazo: 1) Reemplazo de acuerdo al parto y 2) reemplazo de acuerdo a un curso determinado mediante un modelo de programación dinámica, usando tamaños de camada de cada cerda (CS). El último modelo de reemplazo utiliza un proceso jerárquico de Markov y maximiza el tamaño promedio de camada. Se usó un modelo estadístico para describir el tamaño de camada esperado como dependiente del efecto de la cerda, un error auto regresivo al azar y efectos de ajuste. El modelo se uso directamente en la descripción de estados del modelo de programación dinámica. Solamente se incluyeron en el espacio de estado las expectativas de los parámetros del modelo que eran dependientes de la cerda, reduciendo así el espacio de estado significativamente. El mejoramiento en el tamaño promedio de camada se estimó con varios parámetros del modelo. El método probó su éxito en términos de los recursos de cómputo. A pesar de hacer un uso completo de la información, solamente pudieron obtenerse beneficios menores a partir de CS, y CP, indicando que los productores de cerdo necesitan únicamente tomar en cuenta el número de

parto. Si deben utilizarse las estrategias de reemplazo, es imperativo estimar los parámetros específicos del modelo de la piara. Los estudios futuros deben enfocarse en la mejora de métodos de obtención de estas estimaciones (Jorgensen, 1992); Jalvingh *et al.*, (1992) diseñaron un modelo para computadora personal, con la finalidad de determinar las consecuencias económicas y técnicas de varias estrategias de manejo y variables biológicas concernientes a la reproducción y reemplazo en cerdos. En este modelo, la aproximación de la cadena de Markov es usada para simular la dinámica de la piara, la cual es descrita en términos de los estados en que los animales puedan estar y en las posibles transiciones entre los estados. Las correspondientes probabilidades de transición son derivadas a partir de valores de las entradas concernientes a variables biológicas y estrategias de manejo. El modelo tiene la propiedad de calcular fácilmente la estructura de la piara en su estado estacionario. Pueden evaluarse series de valores de entradas mediante la comparación de los resultados de las correspondientes piaras en equilibrio. Además, la dinámica de la piara puede ser estudiada sobre un periodo de tiempo para ganar espacio hacia como se logra este equilibrio. Las variables de entrada pueden ser fácilmente modificables para ser específicas de una granja. El número de estados considerados en el modelo es opcional, siendo esto posible para proveer ambas simulaciones tanto detalladas como agregadas. Plá *et al.*, (1997) presentaron un modelo de simulación intuitiva, basado en un modelo dinámico estocástico. El punto es representar la producción de la cerda a través del manejo reproductivo y de reemplazo. La aproximación es aplicada para estimular la dinámica de la piara inducida mediante el modelo. Se desarrolló una implementación alternativa al

modelo dinámico para calcular el impacto de diferentes estrategias de manejo en el rendimiento futuro de la cerda. El modelo primario pudo ser agregado en uno más complejo y fácilmente modificado para representar el comportamiento de la piara.

Jorgensen (1998) establece que el modelado del crecimiento en cerdos de engorda es una tradición largamente establecida, al menos desde el punto de vista determinístico.

Como otros aspectos del manejo de cerdos, la planeación y composición de la alimentación es a grandes rasgos una materia de elegir las decisiones correctas con información incierta. Si esta incertidumbre no es adecuadamente representada en el modelo usado para apoyar la decisión, puede esperarse no obtener el apoyo correcto. Esto es verdad, aunque se dejen las decisiones de apoyo del modelo para manejo de la granja o dejar que sirvan de guía en nuestros esfuerzos de investigación y composición de alimento. El principal esfuerzo realizado en este modelo es el de representar el proceso de crecimiento de una manera que represente adecuadamente las incertidumbres. Se desarrolló una estructura para las interacciones entre el animal individual y el manejo. Finalmente, el proceso de crecimiento ha sido especificado para permitir que las interacciones con otras partes del modelo, especialmente, el modelo de diseminación de enfermedad en el que se presentaron dos diferentes modelos de crecimiento, un modelo simple basado en el modelo de crecimiento Gompertz y un modelo para ilustrar como la aproximación determinística puede ser expandida a un modelo estocástico (Jorgensen, 1998).

El manejo de la piara es esencialmente toma de decisiones bajo incertidumbre. El tomador de decisiones actúa sin conocimiento específico del estado futuro (y presente) del sistema. Las decisiones tomadas a nivel táctico tienen generalmente más incertidumbre que aquellas en el nivel operacional. Sin embargo, una decisión táctica tendrá una influencia en las decisiones hechas en el nivel operacional a través del horizonte de tiempo de la decisión táctica. Además, si el sistema se desarrolla de una manera inesperada, entonces, la única manera de adaptarlo a la nueva situación será a través de decisiones en el nivel operacional. Las decisiones hechas en el nivel operacional deben ser óptimas con respecto tanto al estado actual del sistema y las decisiones tácticas tomadas. Como resultado, una decisión táctica es óptima únicamente si se condiciona a una estrategia óptima identificada en el nivel operacional. El objetivo es implementar un modelo para manejar estos problemas de decisión multinivel con varios horizontes de tiempo. El principal objetivo es desarrollar métodos dentro de una estructura más general. Planes específicos que incluyan el procesamiento automático de registros usando métodos bayesianos para coleccionar la información tanto a nivel individual como de piara (Toft, 1997).

Pla *et al.*, (2004) utilizaron un modelo matemático para diseñar y proponer medidas y longitudes de las instalaciones de granjas porcinas, en el, se utiliza la aproximación de la cadena de Markov para determinar con precisión la capacidad requerida, mejorando el diseño de la granja y reduciendo el costo de alojamiento. Bracke *et al.*, (2002) desarrollaron un modelo matemático que llamaron SOWEL (Sow welfare por siglas en inglés) y el cual apoyó decisiones de bienestar en el alojamiento y manejo de la cerda preñada, este modelo también fue validado por

el mismo autor con decisiones de expertos en porcicultura resultando en coincidencias estadísticamente significativas entre las decisiones propuestas por el modelo y los expertos.

En el contexto internacional actual en el cual la carne de cerdo continua siendo la de mayor producción y consumo en el mundo. En México, las importaciones de cerdo; carne y animales vivos crece aceleradamente, a una tasa media anual de 12.6% en el lapso 1996-2005 (Mejía *et al.*, 2007). Mientras la tasa de crecimiento de la porcicultura en México de 1985-2005 es negativa de -0.51% (Del Moral *et al.*, 2008) y en Michoacán de -2.5% en los últimos diez años (Gallardo *et al.*, 2006). Es necesario hacer uso de las técnicas de la Investigación de Operaciones para el desarrollo de modelos de programación, optimización y simulación que permitan hacer más eficiente la porcicultura de la región y del país además de posibilitar la prueba de estrategias de manejo, salud animal, alimentación etc., y evaluar su impacto en la viabilidad del sistema de producción antes de llevarlas a cabo.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La porcicultura en Michoacán muestra una tasa de crecimiento negativa, sin embargo, económicamente continúa siendo una actividad importante para el estado y para la región del Bajío Michoacano. Por ello, es necesario analizar alternativas que permitan revertir la tendencia negativa y consolidar la porcicultura en la región. Por lo tanto, es necesario contar con herramientas que permitan desarrollar sistemas de producción porcina en la región del Bajío Michoacano; competitivos en el contexto actual de apertura comercial.

4. HIPÓTESIS

La porcicultura en la Región del Bajío Michoacano ha perdido auge y dinamismo a consecuencia de la competencia internacional. El desarrollo de modelos de programación puede ser una herramienta útil en la planeación, operación y control de granjas porcinas ya que permitirá analizar bajo un enfoque sistémico, los factores que influyen en la producción porcina; y por lo tanto, diseñar sistemas de producción porcina económicamente viables de acuerdo a las condiciones prevalentes en el mercado nacional e internacional.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar un sistema de producción porcina adecuado a las condiciones del Bajío Michoacano y que permita analizar el impacto de factores económicos y biológicos en su viabilidad económica.

Objetivos específicos

- Determinar el tamaño óptimo del sistema a través de un modelo de programación lineal.
- Modelar un sistema de producción porcina a través de un flujograma tomando en cuenta el tamaño óptimo del sistema.
- Analizar el impacto económico de las variaciones de índices biométricos de importancia en la viabilidad económica del sistema de producción porcina empleando el VPN y la TIR como indicadores.
- Analizar el impacto de variables económicas como es el precio del cerdo y sorgo en la viabilidad económica del sistema utilizando el VPN y la TIR como indicadores.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Descripción de la zona de estudio

6.1.1. Características geográficas: región Bajío Michoacano

La Región Bajío michoacano se integra por 17 municipios; Angamacutiro, Coeneo, Churintzio, Ecuandureo, Huaniqueo, Jiménez, José Sixto Verduzco, Morelos, Numarán, Panindícuaro, Penjamillo, La Piedad, Puruándiro, Tanhuato, Yurécuaro, Zacapu y Zináparo.

Cuenta con una extensión territorial de 4 mil 503.36 Km² y una población de 414 mil 507 habitantes que constituyen el 10.45 por ciento de la población total del Estado de Michoacán, con una densidad de 92 habitantes por Km² y una tasa de crecimiento media anual de -0.65%.

Son 573 localidades las que conforman la región, de las cuales 248 son menores a los 100 habitantes y 325 mayores a este rango (Sistema Estatal de información de Michoacán, 2007).

6.1.2. Características geográficas del municipio de Angamacutiro (INEGI, 2006).

El municipio de Angamacutiro se localiza en el norte del Estado, en las coordenadas 20°09' de latitud norte y en los 101°43' de longitud oeste, a una altura de 1,690 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Penjamillo y el Estado de Guanajuato, al este con Sixto Verduzco y Puruándiro, al sur con Panindícuaro y al oeste con Penjamillo. Su distancia a la capital del Estado es de 133 km.

Extensión del municipio de Angamacutiro. Su superficie es de 230.26 km² y representa el 0.39 por ciento del Estado.

Orografía. Su relieve lo constituyen los cerros Blanco, Chongo, Los Reyes, Bola y Guayabo. El municipio se ubica en las estribaciones septentrionales del sistema volcánico transversal.

Hidrografía. La constituyen los ríos Lerma y Angulo, el arroyo Atarjea y las presas Rosario y Melchor Ocampo.

Clima. Templado con lluvias en verano, tiene una precipitación pluvial, anual de 780.5 milímetros y temperaturas que oscilan de 1.0 a 37.8 grados centígrados.

Principales ecosistemas. El municipio domina la pradera, con nopal, pastizal, huisache y matorrales diversos. Su fauna principalmente, comadreja, conejo, ardilla, cacomiztle, zorrillo, tejón, tórtola y pato.

Recursos naturales. La superficie forestal de maderables es ocupada por encino, en el caso de la no maderable, por arbustos de distintas especies.

Características del suelo. Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, cuaternario y plioceno, corresponden principalmente a los de tipo cheyozen. Su uso es primordialmente agrícola y en menor proporción ganadero y forestal.

INFRAESTRUCTURA SOCIAL Y DE COMUNICACIONES (INEGI, 2006).

Educación. Se tienen centros educativos para los niveles preescolar, primaria, secundaria y colegio de bachilleres.

Salud. Existen dos centros de salud ubicados en la cabecera municipal y El Maluco, también dos clínicas del IMSS solidaridad ubicadas en las Tenencias de Santiago Conguripo y Agua Caliente. Existen tres clínicas particulares y médicos.

Abasto. Este municipio se abastece por mercado ambulante, tiendas, tianguis.

Deporte. Existen espacios donde se practica el deporte como campos de fútbol, en donde en algunas ocasiones se practica el béisbol; canchas de básquetbol; también las escuelas cuentan con áreas para el deporte.

Vivienda. Las construcciones en el municipio son en su mayoría de adobe y teja, aunque muchas de estas ya han sido remodeladas en parte de su construcción con materiales de tabique y concreto, también ya las nuevas construcciones se realizan con estos materiales.

SERVICIOS PÚBLICOS (INEGI, 2006).

Agua potable 95%, Drenaje 70%, Electrificación 97%, Pavimentación 70%, Alumbrado Público 85%, Recolección de Basura 100%, Mercado 10%, Rastro 20%, Panteón 100%, Cloración del Agua 95%.

Medios de comunicación. Al municipio llegan diferentes periódicos locales, estatales y nacionales. Asimismo señal de radio y televisión y próximamente estará disponible el servicio de internet tanto por cable como inalámbrico.

Vías de comunicación. Al municipio lo comunica la carretera federal No. 43 Morelia-Salamanca con desviación en la carretera estatal No. 27 Cuitzeo-Angamacutiro. También se comunica por medio de la Autopista de Occidente Morelia-Guadalajara con desviación en Panindícuaro y la carretera Zacapu-Angamacutiro la cual se encuentra en malas condiciones. Para comunicarse con las comunidades cuenta con 45 Km. de caminos vecinales construidos con terracería. Pasan por el municipio 17 Km. de vías férreas. La cabecera municipal cuenta con servicio telefónico, misma que también existe en la tenencia de Santiago Conguripo, así como 10 comunidades con servicio de caseta telefónica; así mismo con correo, sistema de televisión por cable, radio y periódico. Cuenta con servicio de transporte foráneo y transporte suburbano, que además de efectuarse en camiones de 2a. clase, también emplean camionetas, camiones de carga y taxis.

ACTIVIDAD ECONÓMICA (INEGI, 2006; H ayuntamiento de Angamacutiro, 2007; Sistema de información agroalimentaria y pesquera, 2007).

Agricultura. Es la actividad principal del municipio, está integrado por 23 ejidos y comunidades agrarias siendo un total de 11,073.5 ha. Los principales cultivos son el Maíz blanco del cual se siembra una superficie de 2,937.31 ha y el rendimiento promedio es de 5.96 ton/ha. El sorgo cuenta con una superficie sembrada de

2,805.64 ha y un rendimiento promedio de 7.15 ton/ha; el garbanzo blanco, el cual cuenta con una superficie sembrada de 530 ha, y un rendimiento promedio de .70 ton/ha; el trigo variedad suave que cuenta con una superficie de siembra de 1,880 ha, y un rendimiento promedio de 5 ton/ha; la fresa, que cuenta con una superficie de siembra de 110 ha, y un rendimiento promedio de 25 ton/ha; la avena forrajera que tiene una superficie de siembra en el municipio de 35 ha, y un rendimiento en verde de 12 ton/ha; el ebo, janamargo o veza del cual se siembra una superficie de 15 ha, y el cual da un rendimiento de 8.5 ton/ha; el tomate verde, el cual tiene una superficie sembrada de 4 ha, y un rendimiento de 22 ton/ha; el tomate rojo o jitomate saladette, que tiene una superficie sembrada de 1.15 ha, y un rendimiento de 39.13 ton/ha. Además, en 2007 se sembró frijol peruano en una extensión de 8.3 ha, sin embargo este cultivo se perdió en su totalidad.

Ganadería. Según el censo ganadero realizado por INEGI (2007); Se explotan diferentes tipos, del cual 29,071 cabezas fueron de ganado bovino; ganado porcino 11,344 cabezas; caprino 13,685 cabezas; ovinos 834 cabezas; equinos 452 cabezas y aves 375, 167 gallináceas (gallinas, gallos, pollos y pollas) y en menor proporción conejos, de los cuales no se cuenta con cifras.

El volumen de producción de carne en canal de bovino fue de 376 ton; de cerdo fue de 243 ton; de Ovino de 2 ton; Caprinos de 125 ton; Gallináceas de 550 Ton (INEGI 2007).

Empleo. En 2006, la población económicamente activa era de 3,769 personas (24.95% del total de habitantes) y en la cabecera municipal de 1,413 personas

(28.88% del total de habitantes de la cabecera). La mayor proporción es la de la población económicamente inactiva, en el municipio, es de 7,047 personas (46.64% del total de habitantes) y en la cabecera municipal de 2,078 personas (42.66% del total de habitantes de la cabecera). Las principales ramas de ocupación del municipio son: trabajos agropecuarios, comercio, trabajos de construcción, servicios personales de mantenimiento y trabajos manufactureros.

El municipio se ubica en el área geográfica "C" correspondiendo el salario mínimo vigente a \$47.60 pesos. Industria. En el municipio se ha establecido una planta de adoquín y tabique.

Turismo. Por sus condiciones naturales el municipio cuenta con lugares propios para el desarrollo turístico ya que cuenta con manantiales de aguas con temperatura de 25° centígrados y zonas arqueológicas. Comercio. Se cuenta con pequeños y medianos comercios así como un tianguis que se instala un día por semana, en donde se encuentran artículos de primera y segunda necesidad.

Servicios. Cuenta con hotel, casa de huéspedes, sucursales bancarias, restaurantes, servicios de taxis, etc.

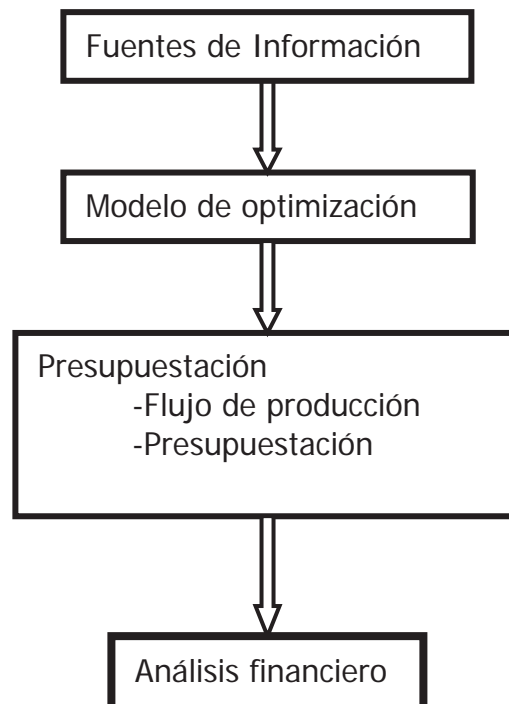
6.1.3. Localización de Santiago Conguripo: terreno disponible para la puesta en marcha del sistema de producción porcina (INEGI, 2007).

El terreno disponible para la puesta en marcha de este proyecto es pequeña propiedad, recibe el nombre de fracción de la Haciendita y se ubica al sur de la población de Santiago Conguripo misma que cuenta con las siguientes medidas

Oriente 141.83 m, Poniente 103.10 m, Norte 100 m, Sur 105.65 m, Superficie de 1-25-50 ha y que a su vez se encuentra ubicada en el municipio de Angamacutiro.

6.2. Modelos de optimización

FIGURA 1. Ideograma para la estructuración del modelo



El modelo de optimización se construyó en una hoja de cálculo en la que se integró: el modelo de programación lineal para determinación del tamaño óptimo de piara, el cual se utilizó como entrada para el flujograma o desarrollo de piara, a partir del cual se presupuestó el requerimiento de alimento, lugares, instalaciones y equipo, a partir del presupuesto, se llevó a cabo el análisis financiero de las salidas del sistema; tasa interna de retorno, el valor presente neto y el punto de equilibrio, los que se utilizaron como indicadores para determinar y medir la rentabilidad económica del sistema de producción porcina.

6.2.1. Fuentes de información

Se consideraron tesis de licenciatura y maestría de las cuales se extrajeron datos de 25 explotaciones porcinas ubicadas en el Bajío de Michoacán, que reunieron los elementos y el funcionamiento de un sistema productor de carne de cerdo económicamente viable en donde se investigaron los indicadores de funcionamiento así como las condiciones de explotación de los cerdos y el tipo de instalaciones utilizadas, así como el mercado y el peso en el que se comercializan los cerdos. Tales explotaciones son brevemente descritas a continuación:

- 1.- Sistema de producción porcino de un solo sitio, ubicado en La Piedad, Michoacán, instalaciones tecnificadas, con una capacidad instalada de 2125 vientres.
- 2.- 7 granjas porcinas ubicadas en La Piedad, Michoacán, contando con un total de 20,688 vientres, instalaciones tecnificadas.
- 3.- Granja "A" 1 solo sitio, región bajío de Michoacán, todo dentro-todo fuera, explotación de 730 vientres, ciclo completo, instalaciones tecnificadas.
- 4.- Granja "B", 750 vientres, granja cerrada de ciclo completo, instalaciones semitecnificadas, ciclo completo, 1 solo sitio, región Bajío de Michoacán.
- 5.- Granja "C" ciclo completo, 44 vientres, granja abierta de 1 solo sitio y ciclo completo ubicada en la región del Bajío de Michoacán.
- 6.- Granja "D" 1 solo sitio, ubicada en la región Bajío de Michoacán, 275 vientres, instalaciones tecnificadas, es de ciclo completo todo dentro-todo fuera.

7.- Granja "E" 1 solo sitio, 600 vientres, ubicada en el Bajío de Michoacán, instalaciones intensivas, ciclo completo, es una granja cerrada todo dentro-todo fuera.

8.- Granja "H" Sistema de 3 sitios, cuenta con 750 vientres, instalaciones intensivas, se ubica en el Bajío de Michoacán, es de ciclo completo, granja cerrada todo dentro-todo fuera.

9.-Granja porcina de ciclo completo y de 200 vientres, ubicada en Huandacareo, Michoacán, instalaciones semi-intensivas.

10.- Granja porcina de ciclo completo y de 75 vientres, ubicada en Huandacareo, Michoacán, instalaciones semi-intensivas.

11.- Granja "I" explotación de 3 sitios, cuenta con 2130 vientres, instalaciones intensivas y se ubica en la región del Bajío de Michoacán.

12.- Granja "J" explotación de 3 sitios, cuenta con 2000 vientres, instalaciones intensivas, se ubica en la región del Bajío de Michoacán.

13.- Granja "K" explotación de 3 sitios en uno, 620 vientres, instalaciones semi tecnificadas, ubicada en el Bajío de Michoacán.

14.- Granja comercial con 100 vientres, instalaciones semi tecnificadas, 1 solo sitio, ciclo completo, ubicada en Huandacareo, Michoacán.

15.- Granjas porcinas comerciales de La Piedad y Puruándiro Michoacán.

16.- 3 granjas porcinas ubicadas en la región del Bajío michoacano, contando con un total de 3050 vientres.

También se empleó bibliografía especializada en sistemas productores de carne de cerdo en México para ayudarse en el diseño y validación del modelo.

6.2.2. Modelo de programación lineal para determinación del tamaño óptimo de piara

Función Objetivo: Maximizar $Z = \sum C X_J \quad J=J, \dots, J13$

Sujeto a: $\sum X_J \leq \sum X_{J-1}$

$$\sum A X_J \leq B_1$$

$$X \geq 0$$

Donde:

C= ingreso mínimo por cerda considerado en el periodo j

X= número de cerdas en el periodo j

A= requerimiento de espacio por cerda

B1= espacio total disponible

Z= ingresos totales por venta de cerdos.

6.2.3. Flujograma o desarrollo de piara

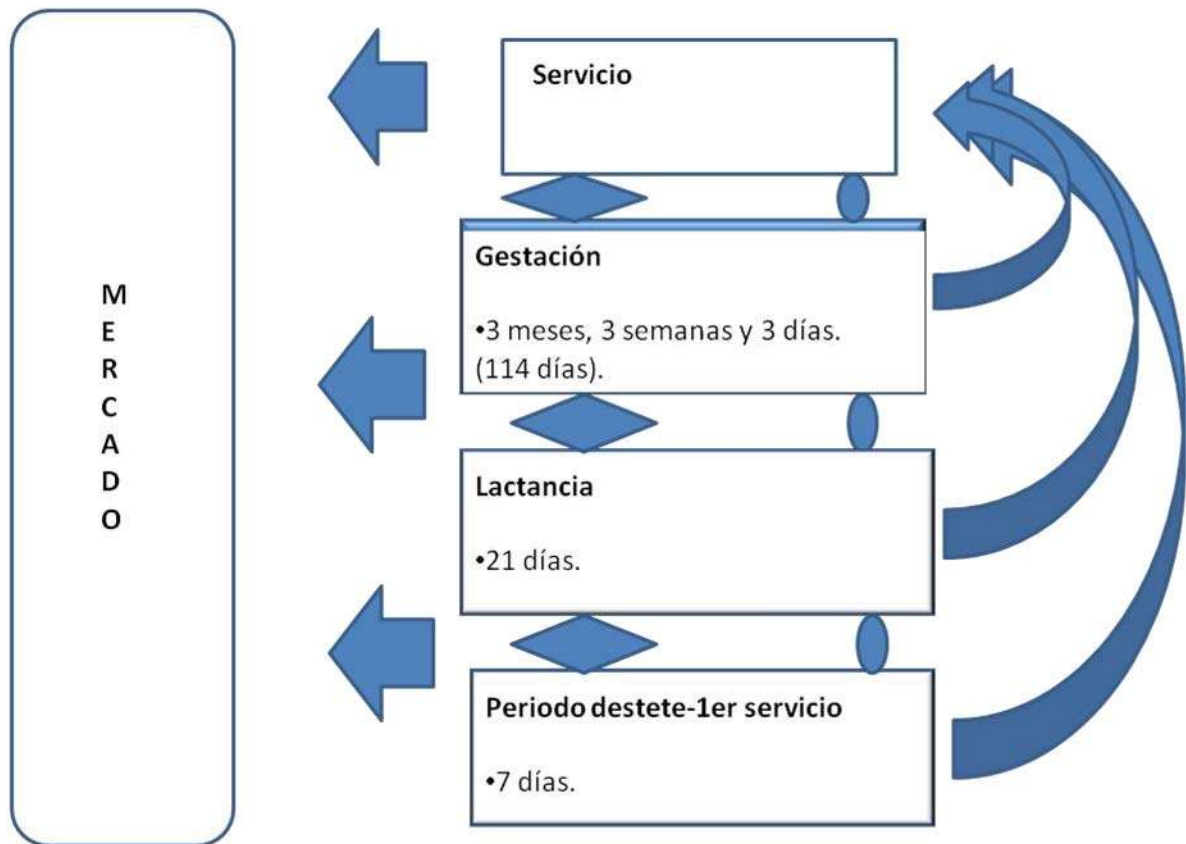
Los productores de carne de cerdo, generalmente desean un flujo continuo de los cerdos a través de sus instalaciones para aprovechar la capacidad instalada sin sobrepoblación. La operación todo- dentro todo- fuera permite mejorar la salud de los cerdos, la limpieza de los edificios y romper los ciclos de transmisión de las enfermedades. Las instalaciones caras deben ser usadas intensivamente para que sean económicas.

Los datos necesarios para realizar el flujograma por periodo son:

1 Número de hembras activas dentro de la granja. Determinan el tamaño de la granja, también son llamadas vientres, se incluyen las hembras que están en proceso de servicio, en gestación y en las salas de parto o maternidad, ya sea pariendo o en lactancia. No se incluyen hembras en crecimiento para cría que aún no llegan a la pubertad ni las hembras nulíparas que se encuentran en proceso de preparación para su primer servicio, este dato se establece por la persona que realiza la planeación de la granja.

2 Ciclo de la cerda. Considera el servicio, gestación (114 días), lactancia (21 días), periodo destete-1er servicio (7 días). Es necesario estandarizar el procedimiento a 5 periodos (20 semanas).

FIGURA 2. Estandarización del ciclo de la cerda



Fuente: Elaboración propia, basado en: Flores *et al.*, 2005; Campos, 2005.

3 Porcentaje de fertilidad/servicio a parto. En este caso, la diferencia con el 100% se considera como el porcentaje de repeticiones. Para establecer este indicador, deben tomarse en cuenta las condiciones ambientales, el sistema de reproducción y, en granjas nuevas, la juventud del hato reproductor. Un indicador de 80% de fertilidad es adecuado la mayor parte de las veces.

4 Promedio de lechones nacidos vivos por camada. Se recomienda programar un número cerrado y en concordancia con la línea genética, el proceso reproductivo y el medio programados. Si la granja es nueva, el parámetro debe estar entre nueve y diez lechones nacidos por camada; si la

granja está operando desde hace tiempo, debe tomarse el promedio de lechones nacidos vivos en la granja a analizar.

5 Porcentaje de mortalidad por etapa. Éste variará según la edad de los cerdos, las condiciones de producción que se esperan y la cantidad de etapas que se manejen, para la operación propuesta se asumen los valores del Cuadro 4.

CUADRO 5. Porcentajes de mortalidad asumidos en el modelo

MORTALIDAD	SEMANAS	ETAPAS
10%	0-4	Lactancia
3%	4-12	Iniciación
0.5%	12-16	Crecimiento
0.5%	16-20	Desarrollo
0.5%	20-24	Finalización

Fuente: Elaboración propia basado en Lesur, 2003; Campos, 2005.

6 Momento de venta de los cerdos. Esté estará en función de cuándo alcanzan el precio de venta promedio en cada lote. En este trabajo se utilizó un valor de 100 kg de peso vivo.

CUADRO 6. Cálculo del flujograma por periodo (1er año de operación).

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Hembras ingresando	11	11	11	11	11								
Hembras en Granja	11	21	32	42	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Machos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Servicios	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Partos					10	10	10	10	10	10	10	10	10
0-4 semanas					101	101	101	101	101	101	101	101	101
4-8 semanas						91	91	91	91	91	91	91	91
8-12 semanas							88	88	88	88	88	88	88
12-16 semanas								88	88	88	88	88	88
16-20 semanas									87	87	87	87	87
20-24 semanas										87	87	87	87
vendidos											87	87	87

Elaboración propia basado en: Flores *et al.*, 2005.

- 1. Número de hembras que ingresan por periodo.** Para esto se divide el número de hembras entre el número de periodos del ciclo de las mismas.
- 2. Número de hembras en la granja.** Se suman las hembras que van entrando sucesivamente en cada periodo hasta que la granja alcanza su capacidad.
- 3. Número de machos.** Se divide el número de hembras entre la relación macho: hembra. En este trabajo se utilizó la relación para Inseminación Artificial 1:80.
- 4. Número de servicios.** Se calculó de la siguiente manera: número de cerdas/ el número de periodos del ciclo de la cerda+ (número de cerdas/número de periodos del ciclo de la cerda*(1-porcentaje de fertilidad)).
- 5. Número de partos.** Es necesario restar del número total de servicios el porcentaje de repeticiones, otra forma de obtenerlo es multiplicar el número de servicios totales por el porcentaje de fertilidad expresado de modo decimal.
- 6. Número de lechones nacidos por periodo o lechones de cero a 4 semanas de vida.** Para obtener este dato es necesario multiplicar el número de partos por periodo por el promedio de lechones nacidos vivos por camada, previamente establecido.
- 7. Número de cerdos de cuatro a ocho semanas.** Debe restarse a la cantidad de cerdos de 0 a 4 semanas el porcentaje de mortalidad establecido para los mismos.

- 8. Número de cerdos de ocho a doce semanas.** Se sigue el mismo procedimiento; se resta al número de cerdos de cuatro a ocho semanas el porcentaje de mortalidad asignado.
- 9. Número de cerdos de doce a dieciséis semanas.** Se resta a los cerdos de ocho a doce semanas el porcentaje de mortalidad asignado para los cerdos de 8 a 12 semanas.
- 10. Número de cerdos de dieciséis a veinte semanas.** Se resta al número de cerdos de 12 a 16 semanas el porcentaje de mortalidad establecido para esta etapa.
- 11. Número de cerdos de veinte a veinticuatro semanas.** Siguiendo el mismo planteamiento, se resta a los cerdos de 16 a 20 semanas el porcentaje de mortalidad establecido para esta etapa.
- 12. Número de cerdos vendidos por periodo.** Se obtiene restando al número de cerdos en la etapa final de engorda, los comprendidos en la etapa de 20-24 semanas de vida, el porcentaje de mortalidad asignado con anterioridad. Una vez que se ha concluido el desarrollo de pira se tiene un panorama de la cantidad de animales en un momento dado.

6.3. ANÁLISIS FINANCIERO

6.3.1. La tasa interna de retorno (tir)

La TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Generalmente, la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida.

TIR > i => realizar el proyecto

TIR < i => no realizar el proyecto

TIR = i => el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.

La formula de la TIR es:

$$\text{TIR} = \sum_{n=0}^n \frac{\text{FCN}_n}{(1+i)^n} = 0$$

Donde, i=TIR= Tasa interna de rendimiento, n= número de periodos, FCN= flujo de caja neto (Shtub *et al.*, 1994; Van Horne, 1993).

6.3.2. El valor presente neto (vpn)

El VPN permite determinar si la inversión puede incrementar o reducir el valor de las Pymes. Ese cambio en el valor estimado puede ser positivo, negativo o continuar igual. Si es positivo significará que el valor de la empresa tendrá un incremento equivalente al monto del VPN. Si es negativo quiere decir que la firma reducirá su riqueza en el valor que arroje el VPN. Si el resultado del VPN es cero, la empresa no modificará el monto de su valor.

La fórmula del VPN es:

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{I_n - E_n}{(1 + i)^n}$$

I_n representa los ingresos y E_n representa los egresos. E_n se toma como valor negativo ya que representa los desembolsos de dinero. N es el número de períodos considerado (el primer período lleva el número 0, no el 1.). El valor $I_n - E_n$ indica los flujos de caja estimados de cada período. El tipo de interés es i . Cuando se iguala el VAN a 0, i pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno) (Vaquiro, 2007).

El método del VPN es una técnica matemática de presupuestación de capital muy sofisticada que equipara y compara los flujos de efectivo descontados contra la inversión inicial, el criterio de decisión usando el valor presente neto es el siguiente:

- Si el VPN es mayor o igual a \$0, el proyecto es aceptado.
- Si el VPN es menor a \$0, el proyecto es rechazado.

Un VPN positivo indica que la empresa obtendrá un retorno igual o mayor a su costo de capital (Kerzner *et al.*, 1998; Van Horne, 1993).

6.3.3. El punto de equilibrio (pe)

La fórmula que se utilizó para su obtención fue:

$$PE (\$) = \text{Costos Fijos} / (1 - \text{Costos Variables} / \text{Ventas Totales})$$

Así el resultado se interpreta como las ventas necesarias expresadas en dinero para que la empresa opere en equilibrio.

Para la obtención del PE % se aplicó la siguiente fórmula:

$PE (\%) = \frac{\text{Costos Fijos}}{\text{Ventas Totales} - \text{Costos Variables}} * 100$. El resultado es el porcentaje que es empleado para el pago de los costos fijos y variables y el porcentaje restante es la utilidad neta de la empresa.

Por último, la formula que se empleó para la obtención del PE en unidades fue:

$PE (U) = \frac{\text{Costos Fijos} * \text{Unidades Producidas}}{\text{Ventas Totales} - \text{Costos Variables}}$. El resultado expresa el número de unidades que deberá producir la empresa para encontrarse en equilibrio (Ortiz, 2007; Chase *et al.*, 1973; Silver *et al.*, 1986).

6.3.4. El margen bruto (mg)

Es el resultado de restarle a los ingresos totales los gastos totales, el margen bruto por cerda (mg/c) es la misma operación solamente que el resultado es dividido entre el número de vientres, y el margen por día laborado es el mismo margen bruto dividido entre el número de días considerado.

6.4. SUPUESTOS

- El tamaño de la empresa está determinado por la restricción de superficie disponible para un tipo de empresa familiar a pequeña escala, manejable en términos operativos como tal.
- Se llevarán registros técnicos y económicos para hacer posible el manejo y monitoreo de los indicadores biométricos del sistema.
- Se asume que la granja logrará los indicadores señalados por diversos estudios realizados en la región del Bajío michoacano, comparando los indicadores ideales o potenciales de la especie reportados en la literatura, con la inversión e instalaciones propuestas.
- Se dispone todo el año de alimento de calidad para cada etapa de desarrollo de los cerdos.
- El productor se ajusta a adquirir en el mercado todos los insumos.
- El modelo contempla que existe la capacidad de trabajo familiar para manejar la explotación.
- El modelo considera los indicadores biológicos del cerdo y el ciclo reproductivo de la cerda para una granja porcina de ciclo completo, todo dentro-todo fuera, los cuales se reflejaran en los flujogramas productivos.

6.5. TAMAÑO ÓPTIMO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PORCINO

- El tamaño de la explotación depende del número de cerdas activas o vientres dentro de la misma, fue calculado con el modelo de programación lineal diseñado para este propósito y descrito en la pág. 71, considerando un espacio por vientre de 38m^2 (resultado de considerar un mínimo de 10m^2 por hembra para fines de almacenaje de alimento y 28m^2 para las instalaciones de servicio, gestación y maternidad), se consideraron los estándares de espacio proporcionados por Campos (1995) y Lesur (2003), Además de recomendaciones del modelo (SOWEL por siglas en ingles) desarrollado por Bracke *et al.*,2002 y validado por expertos en bienestar de los cerdos. El cual recomienda espacio por cerda mayor a 10m^2 , así como el alojamiento en grupo para un desempeño y rendimiento óptimo, mejorar el status sanitario e higiénico, reducir lesiones, y permitir que la cerda se ejercite adecuadamente con un mayor confort de movimiento. El espacio global destinado para vientres en la explotación De acuerdo con Ipasa (2007) fue del 20 %.

6.6. ÍNDICES BIOMÉTRICOS USADOS EN EL MODELO

- CICLO DE LA CERDA

5 periodos de 28 días (142 días), como resultado al considerar 114 días de gestación + 21 días de lactancia + 7 días de destete a primer servicio (Kato,1995; Pérez, 2000; Lesur,2003; Perea, 2003;Trujillo,2005; Flores Covarrubias *et al.*, 2005; Flores, 2005).

- FERTILIDAD

Se consideró un porcentaje del 80%

(Bello, 1992; Sánchez granjas “C”, “E” y “H”,1998; Pérez, 2000; Flores *et al.*, 2003; Flores, 2005).

- LECHONES NACIDOS VIVOS POR CERDA

10 lechones (Bello, 1992; Castro, 1993; Perea, 2003; Flores *et al.*, 2005; Flores, 2005).

- RELACIÓN MACHO: HEMBRA

Monta directa: 1:20, Inseminación artificial: 1:80 (Conejo, 1995; Lesur ,2003; Flores *et al.*, 2005).

- MORTALIDAD

0-4 Semanas, 10%; 4-12 Semanas, 3%; 12-16 Semanas, 0.5%; 16-20 semanas, 0.5%; 20-24 semanas, 0.5% (Campos, 1995; Lesur, 2003; Flores *et al.*, 2005; Trujillo, 2005).

- CONSUMO DE ALIMENTO (Kg/día)

Cerdas gestantes 1/3 de la gestación, 2.0 kg; 2/3 de la gestación, 2.5 kg;

3/3 de la gestación, 2.0 kg (Campos, 1995; Lesur, 2003; Covarrubias *et al.*, 2005;).

Cerdas lactantes 6.0 kg; cerdas vacías 2.5 kg; sementales 2.0 kg (Pork Industry Handbook, 1992; Kato Maldonado, 1995; Lesur, 2003; Covarrubias *et al.*, 2005; García, 2006).

Cerdos 4-8 semanas 0.30 kg; cerdos 8-12 semanas 0.48 kg; cerdos 8-16 kg 1.10 kg; cerdos 16-20 semanas 2.40 kg; cerdos 20-24 semanas 2.75 kg; cerdos con peso de mercado 3.0 kg (Pork Industry Handbook, 1992; Campos, 1995; Lesur, 2003; Flores *et al.*, 2005;).

- COSTO DEL ALIMENTO COMERCIAL

CUADRO 7. Costo del alimento comercial

Alimento comercial/etapa	Precio (\$/kg)
Iniciación (5-10 semanas)	5.35
Crecimiento (11-16 semanas)	3.45
Desarrollo (17-20 semanas)	3.40
Engorda (21-24 semanas)	3.35
Gestación y Lactancia	3.35
Sementales	3.45

Fuente: Alimentos "Ganadero" consulta: 24/Agosto/2007.

- REEMPLAZO ANUAL

Machos: 60%; Hembras 36.4% (Trujillo, 2005).

- PROPORCIÓN CONSIDERADA DE NACIMIENTOS

Machos: 50%; Hembras: 50% (Trujillo, 2005).

- TIEMPO DE PERMANENCIA EN CADA UNA DE LAS ÁREAS INCLUYENDO UNA SEMANA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

CUADRO 8. Permanencia de los cerdos en cada una de las áreas

ÁREA	PERMANENCIA (semanas)
Servicio	5
Gestación	11
Reemplazos	6
Sementales	continua
Maternidad	5
Crianza	4
Crecimiento	6
Desarrollo	8
Finalización	7

Fuente: Campos, 1995; Haro, 2005.

- LUGARES REQUERIDOS

CUADRO 9. Lugares requeridos por los cerdos en el modelo

Area	Instalación	Capacidad	Lugares requeridos	Espacio requerido (m ²)
Servicio	Corral	5 hembras	13	13.8
Gestación	Jaula	1 hembra	29	1.32
Reemplazo	Corral	7 hembras	2	6
Semental	Corral	1 macho	3	6
Maternidad	Jaula	1 hembra	13	1.32
Crianza	Corraleta	8 lechones	93	2.4
Crecimiento	Corral	16 cerdos	140	8
Desarrollo	Corral	16 cerdos	187	13
Finalización	Corral	16 cerdos	163	20

Fuente: Elaboración propia basado en Campos, 1995; Haro, 2005.

- **INSTALACIONES**

El uso del espacio y recomendado por Pond (1991), Lesur (2003) y CEA (2001) es el siguiente:

Una oficina donde se almacene y procese toda la información de registros de indicadores biométricos y registros económicos generada. Además de disponer área para guardar equipo y medicina, así como regaderas y vestidores con: ropa, botas y utensilios que nunca deben salir de la granja.

Nave número uno: Donde se albergarán 29 jaulas individuales de gestación con área de 1.32 m², 3 corrales de servicio con capacidad de 5 cerdas y área de 13.8m² cada uno, una sementalera individual con área de 12m², área de reproducción y un corral de reemplazo con capacidad de albergar 7 hembras, considerando área de 6m².

Nave número dos: La cual albergará 13 jaulas individuales de maternidad con un área de 1.32 m² cada una.

Nave número tres: Se ubicarán 12 corraletas de crianza o destete con capacidad para 8 lechones y área de 2.4 m² cada una.

Nave número cuatro: En su interior se albergaran 9 corrales de crecimiento con capacidad de 16 cerdos y un área de 8m² cada uno, además de 12 corrales de desarrollo con capacidad de 16 cerdos y área de 13m² cada uno. Por último también en esta nave se ubicaran 10 corrales de finalización con capacidad de 16 cerdos y área de 20m².

CUADRO 10. Instalaciones e inversión requeridas en el modelo

Área	Tipo	Numero	No. Nave	Inversión (\$)
Servicio	Corral	3	1	122,180.763
Gestación	Jaula	29		
Reemplazo	Corral	1		
Semental	Corral	1		
Maternidad	Jaula	13	2	64,214.23
Crianza	Corraleta	12	3	42,031.13
Crecimiento	Corral	9	4	623,461.83
Desarrollo	Corral	12		
Finalización	Corral	10		

Fuente: Elaboración propia basado en Campos, 1995; Haro, 2005; Sagarnaga, 2006.

Para simplificar la operación, estos valores se obtuvieron considerando los estándares de espacio recomendados por Campos (1995) y Haro (2005) y un costo de construcción y equipo de \$1500/ m² (Sagarnaga, 2006).

- MAQUINARIA Y EQUIPO REQUERIDOS

CUADRO 11. Maquinaria y equipo requeridos en el modelo

Maquinaria y Equipo	Precio (\$)
Pick up	40,000
Revolvedora	5,000
Bascula	3,000
Hidrolavadora	7,000
Remolque	10,000
Molino	3,000
Computadora	15,000
Refrigerador	2,000

Fuente: Sagarnaga, 2006.

PRECIOS PIE DE CRÍA

CUADRO 12. Precio del pie de cría

Animal	Precio (\$)
Semental	35,000
Ventre	3,800

Fuente: Fernando A. Hernández www.topigs.com.mx Consulta: 27/08/2007.

6.7. INVERSIÓN INICIAL REQUERIDA

CUADRO 13. Inversión requerida en el modelo

Concepto	Inversión (\$)
Edificios	851,887.953
Maquinaria y Equipo	85,000
Pie de cría	236,400
Oficina	30,000
TOTAL	1,203,287.953
Inversión/cerda	22,703.5462

En la inversión inicial no se incluyó el costo del terreno por qué se dispone del mismo (1 ha), cuya ubicación se detalló en el apartado de material y métodos.

6.8. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD (ÍNDICES BIOMÉTRICOS)

Se realizó un análisis de sensibilidad, para el cual se tomaron en cuenta los siguientes índices biométricos:

- Tasa de fertilidad, mide el desempeño de la fase de servicio (Bello, 2000).
- Longitud de lactancia, su importancia radica en que influye directamente en el número de días improductivos, número de partos por hembra por año y consecuentemente en la productividad de la cerda medida en número de lechones destetados por hembra por año (Ortiz, 1999).
- Numero de cerdos destetados. Es un indicador biométrico que resume y evalúa a la fase de maternidad (Bello, 2000). El incremento en el número de cerdos destetados tiene una relación directa con la fertilidad, número de parto de cada hembra, número de cerdos nacidos vivos, peso al nacimiento, capacidad lechera de la cerda y la duración de la lactancia (Bello, 1994).

Inicialmente se propusieron tres escenarios de fertilidad, uno considerado como muy bueno (94 %), otro como promedio (80%) y otro como muy malo (54%). Así mismo, se consideraron tres escenarios que contemplaron un número de cerdos destetados considerado como bueno (10), uno promedio (8) y otro malo (6).

La segunda propuesta fue conformada por los tres escenarios de fertilidad ya mencionados, la diferencia es que ahora se consideraron 3 escenarios de

diferentes longitudes de lactancia, una considerada como larga (50 días), otra considerada como promedio (27 días) y la última considerada como lactancia corta (12 días).

La tercera propuesta se formó de tres escenarios de número de cerdos destetados, uno alto (10), otro promedio (8) y el otro que es considerado como bajo (6), también se consideraron 3 escenarios de longitud de lactancia en días, uno considerando una lactancia muy larga (50 días), otro considerando una duración de lactancia promedio (27) y por último se consideró una lactancia corta (12 días).

6.9. PRECIO DEL SORGO Y CICLICIDAD DEL PRECIO DEL CERDO EN PIE EN MÉXICO

Se obtuvieron los precios del sorgo y del cerdo en pie mes por mes a partir de 1997 hasta 2007. Las fuentes de información consultadas para la obtención de esta información fueron: Anuarios estadísticos del estado de Michoacán, INEGI; estudios de situación actual y perspectivas de la carne de porcino 2006; Situación actual y perspectivas de la producción de sorgo en México, 1992-2004, SAGARPA; la Unión Local de porcicultores de Huandacareo, 2007; SAGARPA, 2007 y Granados (2008). Esta parte se presenta en los resultados en el siguiente orden: Precio del cerdo en pie, Precio del sorgo, (los precios son presentados en pesos por kilo con la finalidad de facilitar su comparación), medias móviles y resultados del modelo de optimización a la aplicación de la variación en los precios.

6.10. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD (PRECIOS)

Se aplicaron al modelo los porcentajes de variación del precio del sorgo y del cerdo en pie de 1%, 2%, 3%, 4% y 5%, en cada uno con la finalidad de medir el impacto económico que estas fluctuaciones ocasionan en la viabilidad económica del sistema de producción porcina propuesto.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 14 se presentan las características del sistema de producción porcina diseñado a partir del modelo de optimización.

CUADRO 14. Resultados del modelo de optimización

Tamaño óptimo del sistema de producción porcina (numero de vientres)	53
Número de vientres ingresando por periodo	11
Número de lechones nacidos vivos por periodo	101
Número de cerdos vendidos por periodo	87
Kg de alimento consumidos por periodo	33,465.58
Margen bruto anual (\$)	224,350.69
Margen bruto/ vientre anual (\$)	4,262.66
Margen bruto/día laborado (\$)	614.66
Costo de producción de un cerdo por concepto alimento (\$)	973.83
Conversión alimenticia (kg)	3.67:1
Consumo promedio de alimento por cerda por día (kg)	3.07 kg
Punto de equilibrio en dinero (\$)	190,247.86
Punto de equilibrio en porcentaje (%)	29
Punto de equilibrio en unidades (unidades)	450
Valor Presente Neto (\$)	180,215.17
Tasa Interna de Retorno (%)	14
Inversión inicial total (\$)	1,203,287.953
Inversión por vientre (\$)	22,703.5462

7.1. TAMAÑO ÓPTIMO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PORCINA

Se encontró un tamaño óptimo de 53 vientres. El sistema de producción porcino es una explotación pequeña no integrada a la agricultura y de un solo sitio (Sagarnaga, 2006).

7.2. NÚMERO DE VIENTRES INGRESANDO POR PERIODO DE 28 DÍAS

La operación comenzará con grupos de 11 vientres hasta llegar a los 53 vientres (tamaño óptimo) en el periodo 5 y de ahí en adelante se operará con esta capacidad.

7.3. NÚMERO DE LECHONES NACIDOS VIVOS POR PERIODO DE 28 DÍAS

Nacerán 101 lechones cada 28 días a partir del periodo 5. Por lo tanto nacerán 1314 lechones anualmente.

7.4. NÚMERO DE CERDOS VENDIDOS POR PERIODO DE 28 DÍAS

Se venderán 87 cerdos cada periodo de 28 días, por lo tanto, anualmente la cifra será de 1,130 cerdos, dicho de otra manera se venderán 855 kg de carne/cerda/ año.

7.5. KG DE ALIMENTO CONSUMIDOS POR PERIODO DE 28 DÍAS

Se consumirán 33,465.6 kg de alimento cada 28 días a partir del periodo 13, lo cual resulta en 435,052.6 kg de alimento que se consumirá anualmente en la explotación.

7.6. MARGEN BRUTO ANUAL

Será de \$224,350.69 anualmente a partir del segundo año de operación.

7.7. MARGEN BRUTO POR VIENTRE ANUAL

Será de \$4,262.66 anualmente a partir del segundo año de operación.

7.8. MARGEN BRUTO POR DÍA LABORADO

Será de \$614.66 por día laborado a partir del segundo año de operación.

7.9. COSTO DE PRODUCCIÓN DE UN CERDO POR CONCEPTO DE ALIMENTO

El costo de alimentación por cerdo desde el nacimiento hasta alcanzar el peso de mercado (100 kg) fue de \$973.83. El tiempo que requerirá cada uno de estos cerdos en alcanzar el peso de mercado será de 24 semanas. Asumiendo una conversión de 3.67 kg de alimento para producir 1 kg de peso vivo, cada uno de los cerdos consumirá 367.82 kg de alimento para alcanzar el peso de mercado.

Al comparar el costo de producción de un cerdo por concepto de alimento con el costo actual de venta en pie se observa que \$973.83 en relación a \$1421, resulta en una diferencia positiva de \$447 por cerdo llevado a 100 kg de peso.

7.10. CONSUMO DE ALIMENTO POR CERDA POR DÍA

Será de 3.07 kg por cerda por día en promedio, ya que los consumos fluctúan dependiendo del estadio en el que se encuentre la cerda; vacía, gestante o lactando.

7.11. PUNTO DE EQUILIBRIO

El modelo mostró que a un funcionamiento anual de 29% de la capacidad instalada con un valor de ventas de \$190,247 o con 450 cerdos de 100 kg vendidos por año, una vez que el sistema se estabiliza a partir del segundo año de funcionamiento, se opera en punto de equilibrio.

7.12. VALOR PRESENTE NETO

El VPN obtenido del modelo de optimización es de \$180,215.17, al ser un valor positivo, significa que el proyecto es económicamente viable, además el valor de la empresa tendrá un incremento equivalente al monto del VPN.

7.13. TASA INTERNA DE RETORNO

Para el sistema de producción porcino propuesto por el modelo de optimización la TIR es de 14%, valor es bastante aceptable, este resultado indica además que el inversionista, después de recuperada la inversión ganará \$0.14 por cada peso invertido.

7.14. INVERSIÓN INICIAL TOTAL

Será de \$1, 203,287.1 y por lo tanto se tendrá una inversión de \$22,703.5462 por vientre.

7.15. ESTRUCTURA DE COSTOS

Con la finalidad de simplificar la operación se consideró: 80% alimentación, 10% mano de obra y 10% gastos directos de instalaciones, calefacción, honorarios de veterinario y depreciación del ganado. Los ingresos que se consideraron fueron: Venta de cerdo en pie con peso de mercado (100 kg) a un precio de \$14.8/kg. En la venta de desechos se asumió un porcentaje de desecho anual de 36.4% en vientres y 60% en sementales; el precio del desecho se consideró de 60% y 40% del precio del cerdo en pie, respectivamente. Según lo anterior, se estarían obteniendo \$40,231.07 anuales, a partir del 2º año de operaciones por concepto de venta de cerdos de desecho.

El modelo diseñado es una inversión económicamente viable, asumiendo un funcionamiento regular con los índices biométricos y los precios considerados.

7.16. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD (ÍNDICES BIOMÉTRICOS)

Los escenarios del análisis de sensibilidad se muestran en los cuadros 15, 16 y 17.

CUADRO 15. Resultados del análisis de sensibilidad para porcentaje de fertilidad y el número de lechones destetados

N lechones destetados	Indicador	Porcentajes de Fertilidad		
		94%	80%	54%
6		94%	80%	54%
	TIR (%)	6	6	4
	VPN (\$)	-211,737.93	-220,046.62	-260,085.84
	MG (\$)	123,899.20	120,651.10	104,998.84
	MG/C (\$)	2,354.08	2,292.37	1,994.90
	PE (\$)	143,232.71	138,329.90	114,703.80
	PE (%)	33	33	32
	PE (U)	409	393	314
8	TIR (%)	12	12	10
	VPN (\$)	73,820	37,603.64	-44,379.28
	MG (\$)	197,372.24	191,528.23	163,366.20
	MG/C (\$)	3,750.07	3,639.04	3,103.96
	PE (\$)	180,064.76	173,860.70	143,963.40
	PE (%)	30	29	29
	PE (U)	447	430	347
10	TIR (%)	17	17	14
	VPN (\$)	375,209	339,786.05	181,360.14
	MG (\$)	274,916.10	265,701.10	224,448.30
	MG/C (\$)	5,223.60	5,048.34	4,264.52
	PE (\$)	219,196.29	211,043.95	174,583.83
	PE (%)	28	28	27
	PE (U)	499	478	388

CUADRO 16. Resultados del análisis de sensibilidad para porcentaje de fertilidad y longitud de lactancia

L. Lactancia (días)	Indicador	Porcentajes de Fertilidad		
		94%	80%	54%
50		94%	80%	54%
	TIR (%)	4	4	3
	VPN (\$)	-347,935.28	-354,237.42	-348,607.18
	MG (\$)	132,726.95	129,167	112,011.65
	MG/C (\$)	2,521.81	2,454	2,128.22
	PE (\$)	197,195.95	190,386.56	157,572.46
	PE (%)	36	36	35
	PE (U)	648	623	501
27	TIR (%)	13	12	10
	VPN (\$)	96,915.55	74,895.96	-31,215.50
	MG (\$)	211,994	205,633.65	174,982.01
	MG/C (\$)	4,027.89	3,907.04	3,324.66
	PE (\$)	197,195.95	190,386.56	157,572.46
	PE (%)	30	30	29
	PE (U)	497	478	387
12	TIR (%)	18	17	15
	VPN (\$)	379,583.19	347,576.39	193,337.04
	MG (\$)	262,362.43	254,222.19	214,994.72
	MG/C (\$)	4,984.89	4,830.22	4,084.90
	PE (\$)	197,195.95	190,386.56	157,572.46
	PE (%)	27	27	26
	PE (U)	429	412	334

CUADRO 17. Resultados del análisis de sensibilidad para número de cerdos destetados en relación a la longitud de lactancia

Longitud de Lactancia (días)	Indicador	Número de cerdos destetados		
		6	8	10
50		6	8	10
	TIR (%)	-12	0	4
	VPN (\$)	-754,796.8	-481,486.8	-354,365.8
	MG (\$)	25,328.74	96,152.96	129,094.5
	MG/C (\$)	481.25	1,826.91	2,452.8
	PE (\$)	138,230.09	173,734.28	190,247.9
	PE (%)	45	38	36
	PE (U)	673	622	622
27	TIR (%)	3	10	12
	VPN (\$)	-325,983.6	-52,673.6	74,447.4
	MG (\$)	101,738.4	172,562.6	205,504.08
	MG/C (\$)	1,933.03	3,278.7	3,904.6
	PE (\$)	138,230.09	173,734.3	190,247.9
	PE (%)	35	31	30
	PE (U)	430	459	478
12	TIR (%)	10	15	17
	VPN (\$)	-53,506.6	219,803.5	346,924.4
	MG (\$)	150,290.6	221,114.9	254,056.3
	MG/C (\$)	2,855.52	4,201.18	4,827.07
	PE (\$)	138,230.09	173,734.3	190,247.86
	PE (%)	30	27	27
	PE (U)	343	389	412

7.16.1. Análisis de sensibilidad para el porcentaje de fertilidad y el número de cerdos destetados

Al comparar los 9 escenarios de porcentajes de fertilidad en relación al número de cerdos destetados del cuadro 15. Se observó que la clasificación de escenarios a partir del más favorable al menos favorable fue la siguiente: el escenario más favorable fue de 94% de fertilidad y 10 cerdos destetados en el que la TIR fue de 17%; el VPN de \$375,209; el MG de \$274,916.1; el MG/C de \$5,223.6; el PE de \$219,196.3 en ventas, 28% y 499 unidades.

El segundo escenario fue de 80% de fertilidad y 10 cerdos destetados, el cual presentó una TIR de 17%; VPN de \$339,786.05; MG de \$265,701.10; MG/C de \$5,048.34; PE de \$211,043.95 en ventas, 28% y 178 unidades.

El tercer escenario fue de 54% de fertilidad y 10 cerdos destetados, el cual presentó una TIR de 14%; VPN de \$181,360.14; MG de \$224,448.30, MG/C de \$4,264.52; PE de \$174,583.83 en ventas, 27% y 388 unidades.

El cuarto escenario fue de 94% de fertilidad y 8 cerdos destetados, el cual presentó una TIR de 12%; VPN de \$73,820; MG de \$197,372.24; MG/C de \$3,750.07; PE de \$180,064.76 en ventas, 30% y 447 unidades.

El quinto escenario fue de 80% de fertilidad y 8 cerdos destetados, el cual presentó una TIR de 12%; VPN de \$37,603.64; MG de \$191,528.23; MG/C de \$3,639.04; PE de \$173,860.70, 29 % y 430 unidades, si el tamaño de camada se mantiene estable y la fertilidad se incrementa a 94% (cuarto escenario) se fortalece su viabilidad económica.

El sexto escenario fue de 54% de fertilidad y 8 cerdos destetados, el cual presentó una TIR de 10%; VPN de **-\$44,379.28**; MG de \$163,366.20; MG/C de \$3,103.96; PE de \$143,963.40, 29% y 347 unidades.

El séptimo escenario fue de 94% de fertilidad y 6 cerdos destetados, el cual presentó una TIR de 6%; VPN de **-\$211,737.93**; MG de \$123,899.20; MG/C de \$2,354.08; PE de \$143,232.71, 33% y 409 unidades.

El octavo escenario fue de 80% de fertilidad y 6 cerdos destetados, el cual presentó una TIR de 6%; VPN de **-\$220,046.62**; MG de \$120,651.10; MG/C de \$2,292.37; PE de \$138,329.90, 33% y 393 unidades.

El noveno escenario de esta comparación se apreció con la tasa de 54% de fertilidad y 6 cerdos destetados, en el cual puede apreciarse una TIR de 4%; VPN de **-\$260,085.84**; MG de \$104,998.84, MG/C de \$1,994.90; PE de \$114,703.80, 32% y 314 unidades.

Los escenarios que favorecen a una empresa porcina son los que tienen una tasa de fertilidad entre 80% al 94% y un promedio de cerdos destetados de 8.

Puede apreciarse que la diferencia en lo que respecta a viabilidad financiera entre los escenarios de fertilidad de 94% y 80% es muy pequeña, se estrecha al reducirse el número de lechones al destete y se agranda al aumentar el mismo.

La empresa porcina propuesta no es rentable a partir del escenario en que se asume un 54% de fertilidad y 8 cerdos destetados, se observó que para conservar la viabilidad económica al bajar la fertilidad a 54% debe incrementarse el número de cerdos destetados a 10, incluso asumiendo una fertilidad de 80%, deben destetarse al menos 8 cerdos para mantener la viabilidad económica.

7.16.2. Análisis de sensibilidad para porcentaje de fertilidad y longitud de lactancia

Al comparar los 9 escenarios de porcentajes de fertilidad, ahora en relación a la longitud de la lactancia del cuadro 16, se observó que la clasificación de escenarios a partir del más favorable al menos favorable fue la siguiente: el más favorable fue el de 94% de fertilidad y 12 días de longitud de lactancia, en el que la TIR fue de 18%; VPN de \$379,583.19; MG de \$262,362.43; MG/C de \$4,984.89; PE de \$197,195.95 en ventas, 27% y 429 unidades.

El segundo escenario fue de 80% de fertilidad y 12 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 17%; VPN de \$347,576.39; MG de \$254,222.19; MG/C de \$4,830.22; PE de \$190,386.56, 27% y 412 unidades.

El tercer escenario fue de 54% de fertilidad y 12 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 15%; VPN de \$193,337.04; MG de \$214,994.72; MG/C de \$4,084.90; PE de \$157,572.46 en ventas, 26% y 334 unidades.

El cuarto escenario fue de 94% de fertilidad y 27 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 13%; VPN de \$96,915.55; MG de \$211,994; MG/C de \$4,027.89; PE de \$197,195.95 en ventas, 30% y 497 unidades.

El quinto escenario fue de 80% de fertilidad y 27 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 12%; VPN de \$74,895.96; MG de \$205,633.65; MG/C de \$3,907.04; PE de \$190,386.56 en ventas, 30% y 478 unidades.

El sexto escenario fue de 54% de fertilidad y 27 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 10%; VPN de **-\$31,215.50**; MG de \$174,982.01; MG/C de \$3,324.66; PE de \$157,572.46, 29% y 387 unidades.

El séptimo escenario fue de 94% de fertilidad y 50 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 4%; VPN de **-\$347,935.28**; MG de \$132,726.95; MG/C de \$2,521.81; PE de \$197,195.95 en ventas, 36% y 648 unidades.

El octavo escenario fue de 80% de fertilidad y 50 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 4%; VPN de **-\$354,237.42**; MG de \$129,167; MG/C de \$2,454; PE de \$190,386.56 en ventas, 36% y 623 unidades.

El noveno escenario fue de 54% de fertilidad y 50 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 3%; VPN de **-\$348,607.18**; MG de \$112,011.65; MG/C de \$2,128.22; PE de \$157,572.46, 35% y 501 unidades.

La empresa porcina propuesta por el modelo no es rentable a partir del escenario en que se asume una tasa de fertilidad del 54% y 27 días de longitud de lactancia.

Al comparar los diferentes porcentajes de fertilidad propuestos, nuevamente se observó que las diferencias entre los porcentajes de fertilidad son las que influyen en menor medida en la rentabilidad de la explotación propuesta por el modelo.

Se aprecia también que el acortamiento de la longitud de lactancia causa que los indicadores económicos se disparen positivamente y este efecto puede apreciarse con cualquiera de los 3 porcentajes de fertilidad analizados, ya que en los 3 casos la empresa mantiene la viabilidad económica.

7.16.3. Análisis de sensibilidad para número de cerdos destetados en relación a la longitud de lactancia

Al comparar los 9 escenarios de número de cerdos destetados en relación a la longitud de la lactancia del cuadro 16., se observó que la clasificación de

escenarios a partir del más favorable al menos favorable fue la siguiente: el escenario más favorable fue el de 10 cerdos destetados y 12 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 17%; VPN de \$346,924.4; MG de \$254,056.3; MG/C de \$4,827.07; PE de \$190,247.86 en ventas, 27% y 412 unidades.

El segundo escenario fue de 8 cerdos destetados y 12 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 15%; VPN de \$219,803.5; MG de \$221,114.9; MG/C de \$4,201.18; PE de \$173,734.3 en ventas, 27% y 389 unidades.

El tercer escenario fue de 10 cerdos destetados y 27 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 12%; VPN de \$74,447.4; MG de \$205,504.08; MG/C de \$3,904.6; PE de \$190,247.9 en ventas, 30% y 478 unidades.

El cuarto escenario fue de 8 cerdos destetados y 27 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 10%; VPN de **-\$52,673.6**; MG de \$172,562.6; MG/C de \$3,278.7; PE de \$173,734.3 en ventas, 31% y 459 unidades.

El quinto escenario fue de 6 cerdos destetados y 12 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 10%; VPN de **-\$53,506.6**; MG de \$150,290.6; MG/C de \$2,855.52; PE de \$138,230.09 en ventas, 30% y 343 unidades.

El sexto escenario fue de 10 cerdos destetados y 50 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 4%; VPN de **-\$354,365.8**; MG de \$129,094.5; MG/C de \$2,452.8; PE de \$190,247.9 en ventas, 36% y 622 unidades.

El séptimo escenario fue de 6 cerdos destetados y 27 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 3%; VPN de **-\$325,983.6**; MG de

\$101,738.4; MG/C de \$1,933.03; PE de \$138,230.09 en ventas, 35% y 430 unidades.

El octavo escenario fue de 8 cerdos destetados y 50 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de 0%; VPN de **-\$481,486.8**; MG de \$96,152.96; MG/C de \$1,826.91; PE de \$173,734.28 en ventas, 38% y 622 unidades.

El noveno escenario fue de 6 cerdos destetados y 50 días de longitud de lactancia, el cual presentó una TIR de **-12%**; VPN de **-\$754,796.8**; MG de \$25,328.74; MG/C de \$481.25; PE de \$138,230.09 en ventas, 45% y 673 unidades.

La empresa porcina propuesta por el modelo no es rentable a partir del escenario cuatro de la clasificación en el que se asume 8 cerdos destetados y 27 días de longitud de lactancia.

Se observó que incluso con la medida de programar lactancias de 12 días de duración, destetando 6 cerdos, la rentabilidad de la explotación es equiparable a programar lactancias de 27 días, destetando 8 cerdos y ambos escenarios fueron económicamente inviables.

7.17. CONDICIONES DEL MERCADO DEL SORGO Y EL CERDO EN PIE

7.17.1. Precio del cerdo en pie en México

El precio del cerdo en pie, en 1997, fue de \$11.75±0.73, presentando los precios mínimos en los meses de octubre (\$10.86) y noviembre (\$10.88), y sus máximos en los meses de junio (12.68), julio (\$12.82) y agosto (\$12.72). Por lo tanto, para 1997 en el 68.26% de los casos el precio fluctuó entre \$11.01 y \$12.48, en el

95.44% de los mismos se encontró entre \$10.28 y \$13.21 y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$9.55 y \$13.94.

En 1998, el precio fue de $\$9.89 \pm 0.75$, presentado los mínimos durante los meses de marzo (\$9.09) y abril (\$9.03) y sus máximos en los meses de junio (\$11.12) y julio (\$10.93). Para este año, en el 68.26% de los casos el precio fluctuó entre \$9.14 y \$10.46, en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$8.93 y \$11.21 y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$8.18 y \$11.96. La persistencia de importaciones de cerdo en pie fue la causa de que en 1998 se mantuviera bajo el precio. Fue hasta el mes de junio en el que se observó un cierto crecimiento del precio y se mantuvo hasta noviembre, para subir en diciembre.

En 1999, el precio fue de $\$10.6 \pm 1.06$, presentándose los precios mínimos en los meses de marzo (\$9.29) y abril (\$9.16), mientras que los máximos se presentaron en los meses de junio (\$11.51) y diciembre (\$12,13). En 1999, en el 68.26% de los casos el precio fluctuó entre \$9.54 y \$11.66; en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$8.48 y \$12.72 y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$7.42 y \$13.78. Considerando precios promedio en 1999, el cerdo en pie se liquidó en 10.6 pesos por kilogramo, el cual representó un crecimiento del 6% con respecto a 1998, aunque mantuvo una diferencia de -10% con respecto al promedio pagado en 1997 (Gallardo *et al.*, 2001).

En el 2000, el precio fue de $\$13.13 \pm .89$, presentándose los precios mínimos en los meses de abril (\$12.29) y noviembre (\$12.17), mientras que los máximos se presentaron en los meses de junio (\$14.19), julio (\$14.36) y agosto (\$14.30). Para el 2000, en el 68.26% de los casos el precio fluctuó entre \$12.24 y \$14.02, en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$11.35 y \$14.91 y en el 99.7% de las

ocasiones el precio se mantuvo entre \$10.46 y \$15.80. En términos generales el comportamiento de los precios en el 2000 se ajustó a un patrón cíclico caracterizado por cierta depresión o estabilización de los mismos en los cuatro primeros meses del año, como reflejo del propio mercado en el cual la acumulación de gastos en las fiestas de fin de año limita el poder adquisitivo de la población hacia el primer bimestre a lo cual se adjunta el inicio de la cuaresma hacia finales del mes de febrero, resultando en una baja de la demanda, impactando al precio de los meses de marzo y abril. Posteriormente, los precios se incrementan en respuesta al aumento de la demanda y tienden a decaer nuevamente hacia finales del tercer trimestre, para cerrar el año con un franco crecimiento debido al mercado de las celebraciones de fin de año. La cotización del cerdo en pie promedió \$13.13 pesos por kilogramo, fluctuando en un rango de \$12.13 y \$14.36 pesos por kilogramo, registrado en los meses de noviembre y julio respectivamente. El comparativo de este precio con respecto al promedio de 1999 implica un crecimiento prácticamente del 24%, este precio es el más alto registrado en la última década (Gallardo *et al.*, 2001).

Para 2001, el precio fue de \$12.8±.83, presentándose los precios mínimos en los meses de noviembre (\$11.43) y diciembre (\$11.43), mientras que los máximos se registraron en los meses de junio (\$13.74), julio (\$13.78) y agosto (\$13.71). En 2001 en el 68.26% de los casos el precio fluctuó entre \$11.97 y \$13.63, en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$11.14 y \$14.46 y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$10.31 y \$12.29. La cotización del cerdo en pie fluctuó en un rango de \$11.43 y \$13.78 pesos por kilogramo, con un promedio de

\$12.80 pesos por kilogramo, el cual fue inferior en 2.5% a la cotización media registrada en el 2000 (Gallardo *et al.*, 2002).

En 2002 el precio fue de \$10.99±.56, presentándose los precios mínimos en los meses de junio (\$10.34) y noviembre (\$10.02), los máximos se presentaron en los meses de enero (\$12.14) y febrero (\$11.61) en el 68.26% de los casos el precio en 2002 fluctuó entre \$10.43 y \$11.55, en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$9.87 y \$12.11 y en el 99.7% de las ocasiones el precio se mantuvo entre \$9.31 y \$12.67.

Durante 2002 se experimentó una drástica caída de los precios del cerdo en pie, como consecuencia de la saturación del mercado, tanto por el crecimiento sustancial de las importaciones, principalmente de carnes en cortes, como por el aumento del sacrificio de ganado nacional, resultado del crecimiento de la producción y de la despoblación de granjas ante la crisis de baja rentabilidad que la caída de precios generó, la depresión de los precios promedio 2001-2002 fue de 13.9% (Gallardo *et al.*, 2003).

En contraposición de la drástica caída de precios experimentada en 2002, en 2003 se observa una escalada generalizada de precios, en gran medida, la expansión de los precios obedeció a un cambio en los precios de ingreso de los productos porcícolas de importación. A lo anterior habría que sumar el incremento en la cotización de los insumos productivos, que trajo consigo el incremento en los costos de producción. Este incremento en el sistema tecnificado fue de más del 10% con respecto al promedio de 2002. Los movimientos a la alza fueron del 10.4% para situarse en un promedio de \$12.13 pesos por kilogramo. A pesar de

esta fuerte recuperación, el precio promedio se ubica 5.3% por debajo del promedio de 2001 (Gallardo *et al.*, 2004).

Para 2003, el precio fue de $\$12.64 \pm 0.93$, presentándose los mínimos en los meses de enero ($\$11.49$), abril ($\11.36) y mayo ($\$11.30$); los precios máximos se presentaron en los meses de noviembre ($\$13.72$) y diciembre ($\14.11) en el 68.26% de los casos el precio en 2003 fluctuó entre $\$11.71$ y $\$13.57$, el 95.44% de los mismos se encontró entre $\$10.78$ y $\$14.50$ y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre $\$9.85$ y $\$15.43$.

Para 2004, al igual que en 2003, la expansión de los precios obedeció en gran medida al cambio en los precios de ingreso de productos porcícolas de importación, así como a una escalada de los precios de la carne de bovino debido al cierre parcial de la frontera a la carne de esta especie procedente de EUA. Este crecimiento de precios también se vio impulsado por el aumento en los costos de producción, encarecimiento de granos y oleaginosas. El precio del cerdo en pie resultó 29.6% superior a 2003, promediando $\$15.71$ pesos por kilogramo. El menor registro fue el de enero de $\$13.86$ pesos por kilogramo y el mayor el de septiembre de $\$17.24$ pesos por kilogramo (Gallardo *et al.*, 2005). La disminución en el costo de algunos insumos, principalmente los alimenticios, permitió que el precio del cerdo en pie se redujera, aunque sin recuperar los niveles que experimentó en 2003, previo a la escalada de 2004 (Gallardo *et al.*, 2006).

Para 2004 el precio fue de $\$16.48 \pm 1.34$, presentándose los mínimos en los meses de enero ($\$14.73$), febrero, marzo y abril ($\$14.80$), mientras que los máximos se alcanzaron en los meses de mayo ($\$18.14$), junio ($\17.50) y julio ($\$17.75$), en el 68.26% de los casos el precio en 2004 fluctuó entre $\$15.14$ y $\$17.82$, el 95.44% de

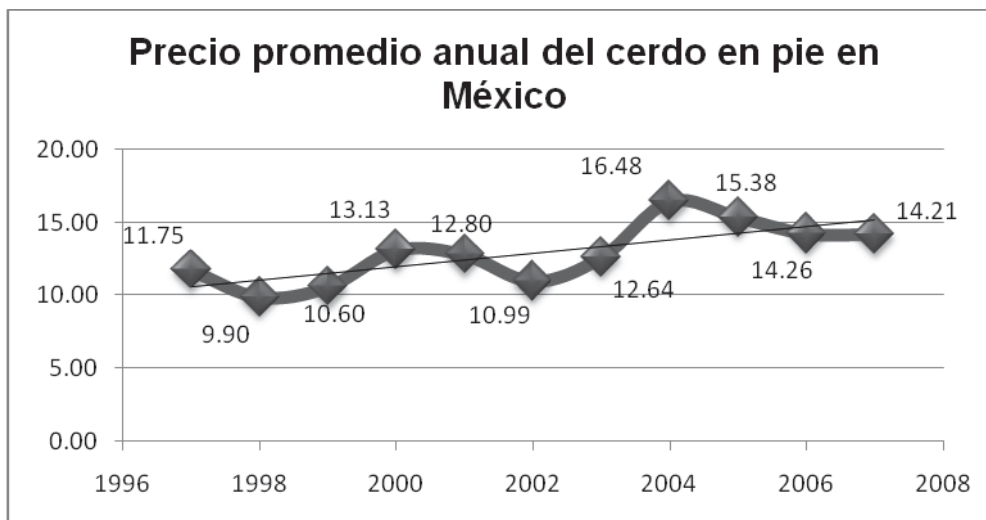
los mismos se encontró entre \$13.80 y \$19.16 y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$12.46 y \$20.50.

En 2005 el precio fue de $\$15.38 \pm 1.25$, presentándose los mínimos en los meses de mayo (\$14.00), octubre (\$13.64) y noviembre (\$13.70), los máximos se presentaron en los meses de enero (\$17.60), febrero (\$17.07) y julio (\$16.10), en el 68.26% de los casos el precio en 2005 fluctuó entre \$14.13 y \$16.63, en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$12.88 y \$17.88 y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$11.63 y \$19.13.

Para el 2006 el precio fue de $\$14.26 \pm .80$, presentándose los mínimos en los meses de mayo, junio, julio y agosto (\$13.3), mientras que los máximos se presentaron en los meses de enero (\$15.7) y febrero (\$15.2), en el 68.26% de los casos el precio en 2006 fluctuó entre \$13.46 y \$15.06, en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$12.66 y \$15.86 y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$11.86 y \$16.66.

En 2007, el precio fue de $\$14.21 \pm 1.52$, presentándose los mínimos en los meses de marzo (\$12.5) y abril (\$12.0), los máximos se presentaron en los meses de junio, julio (\$15.7) y agosto (\$15.8), en el 68.26% de los caso el precio en 2007 fluctuó entre \$12.69 y \$15.73, en el 95.44% de los mismos entre \$11.17 y \$17.25 y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$9.65 y \$18.77.

GRÁFICA 2. Precio promedio anual del cerdo en pie en México 1997-2007



Fuente: Elaboración propia con datos de Gallardo *et al.*, (2006) y ULPH (2007)⁴.

Al analizar los precios del cerdo en pie mes por mes a partir de 1997 hasta 2007 (n=129) Se apreció el patrón cíclico que sigue el precio del cerdo cuya duración media ha sido de cuatro años medida de pico a pico o de depresión a depresión, estos ciclos son provocados por los ciclos opuestos en la matanza del cerdo (Sagarnaga, 2006; Martínez, 2002).

Sagarnaga (1999), analizó el periodo 1999-2004, que abarcó dos ciclos. En el primer ciclo, el precio del cerdo llegó a su máximo nivel en 1997 y declinó en 1998. En el segundo ciclo el precio llega al máximo nivel en 2001, y el mínimo en 2003. La recuperación observada en 2004 indica el inicio de un nuevo ciclo.

El precio promedio del cerdo en pie a lo largo del periodo de estudio (1997-2007) fue de $\$12.89 \pm 2.19$, presentándose los precios mínimos en los años de 1998

⁴ Entrevista personal con Eloy Manríquez, presidente de la Unión Local de Porcicultores de Huandacareo acerca del precio del cerdo en pie en la región 11/09/07.

(\$9.03) y 1999 (\$10.60); los precios máximos se presentaron en mayo de 2004 (\$18.14) y 2005 (\$15.38). Se encontró que en el 68.26% de los casos, el precio del cerdo en pie desde 1997-2007 fluctuó entre \$10.70 y \$15.08; en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$8.51 y \$17.27 y en el 99.7% de las ocasiones, se mantuvo entre \$6.32 y \$19.46. El año en el que el precio del cerdo en pie mostró un precio mayor fue en el de 2004, para, a partir de entonces, caer en otra fase de contracción del precio hasta 2007, lo que hace suponer que el precio se incrementó de acuerdo a la tendencia cíclica en los años siguientes (Gráfica 2). (FAPRI, 2002).

A lo largo del análisis, el mes que muestra mayor consistencia al mantener precios mayores del cerdo en pie fue julio, ya que, en un 27.3% de los casos, mantuvo el precio más alto, Además, en el 36.4% de las ocasiones se mantuvo como el segundo mes con precios más altos y en el 18.2% como el tercero. Como segundo lugar en precios altos se encuentra enero también con 27.3% de las ocasiones, durante el cual se mantuvieron los precios más altos, pero a diferencia de julio, enero no figura como segundo o tercer lugar en precios. El mes con el tercer lugar en precios altos es diciembre, el cual muestra un 18.18% de los casos a lo largo del análisis.

En contraparte, los meses durante los cuales el precio del cerdo fue menor a lo largo del análisis, fueron abril, octubre y noviembre, con 18.18% cada uno de los precios.

En lo que respecta a la comparación del precio mensual ahora comparado con su misma evolución a lo largo de los años que abarcó el periodo de análisis, este arrojó los siguientes resultados: El precio mostró una tendencia positiva a lo largo

de los meses que se analizaron, variando solamente en cuanto a los años en los que se presentaron los máximos que fueron, 2004 en el 66.67% y 2005, en el 33.33% de las ocasiones. Los precios mínimos se presentaron en el 83.33% de las ocasiones, en 1998 y en el 8.33% de las ocasiones restantes, en 1999 y 2002 respectivamente.

7.17.2. Precio del sorgo en México

A partir de 1996, se instrumentó a través de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA), un esquema de precios de indiferencia del sorgo, formulado basándose en el precio internacional del sorgo y el costo de internación a la zona de consumo (maniobras, fletes, etc.). Indiferencia por que a los consumidores les resulta indiferente comprar lo producido en el país, o bien que sea importado (Claridades Agropecuarias, 1997).

El precio del sorgo en 1997 fue de $\$1.15 \pm 0.06$, los precios mínimos durante este año se presentaron en los meses de enero ($\$1.05$) y febrero ($\1.07), mientras que los máximos se presentaron en los meses de noviembre ($\$1.26$) y diciembre ($\1.2). Para 1997, en el 68.26% de los casos, el precio fluctuó entre $\$1.09$ y $\$1.21$, en el 95.44% de los mismos se encontró entre $\$1.03$ y $\$1.27$ y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre $\$0.97$ y $\$1.33$. Durante 1997 el precio del sorgo presentó un crecimiento franco. De enero a Noviembre de 1997, se presentan fluctuaciones, pero en general la tendencia del precio es a la alza. En ese lapso, el máximo nivel de precios se alcanza en el mes de noviembre de 1997, cotización de $\$1.22$ pesos por kg.

Para 1998, el precio del sorgo fue bajando a lo largo de todo el año, presentó un precio de $\$1.16 \pm 0.09$, los mínimos se presentaron en los meses de julio ($\$0.88$) y agosto ($\1.15), mientras que los máximos se presentaron al principio de año; Enero ($\$1.23$) y febrero ($\1.24), en el 68.26% de los casos el precio fluctuó entre: $\$1.07$ y $\$1.25$, en el 95.44% de los mismos se encontró entre $\$.98$ y $\$1.34$ y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre $\$.89$ y $\$1.43$.

A partir de diciembre de 1997 al mismo mes de 1998, se registran variaciones poco pronunciadas, pero en general los precios presentan un comportamiento relativamente estable, alcanzando su máximo nivel en febrero de 1998, al alcanzar $\$1.20$ y un mínimo en julio de ese mismo año de $\$1.11$ (Claridades Agropecuarias, 1997).

En 1999 el precio del sorgo continuo con la tendencia a la baja, su precio fue de: $\$1.1 \pm 0.07$, los mínimos se presentaron en los meses de julio ($\$.99$) y septiembre ($\1.05), mientras que los máximos se presentaron nuevamente en los primeros meses del año: enero ($\$1.21$) y febrero ($\1.19), en el 68.26% de los casos el precio fluctuó entre $\$1.03$ y $\$1.17$, en el 95.44% de los mismos se encontró entre $\$.96$ y $\$1.24$ y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre $\$.89$ y $\$1.31$.

Ya para el 2000, el precio del sorgo se estabilizó y comenzó a ganar terreno, el precio fue de $\$1.23 \pm 0.02$, los mínimos se presentaron en los meses de enero, febrero y marzo ($\$1.2$), mientras que los máximos se presentaron desde junio hasta el final del año ($\$1.25$), en el 68.26% de los casos el precio fluctuó entre $\$1.21$ y $\$1.25$, en el 95.44% de los mismos se encontró entre $\$1.19$ y $\$1.27$ y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre $\$1.17$ y $\$1.29$.

En 1999, los precios se mantuvieron relativamente estables hasta el mes de julio cuando se cotiza en \$.98. A partir de este mes y hasta julio de 2000, en términos generales presentan tendencia a la alza. Posteriormente vuelven a recuperarse para terminar el promedio del año 2000 con un ligero incremento respecto al precio promedio de 1999 (Caamal *et al.*, 2004).

En 2001, los precios del sorgo fueron de $\$1.27 \pm .02$, los mínimos se presentaron en los meses de enero, febrero, marzo, abril, octubre y noviembre ($\$1.25$), mientras tanto los máximos fueron registrados en los meses de julio, agosto y septiembre ($\$1.3$), en el 68.26% de los casos en 2001 el precio fluctuó entre $\$1.25$ y $\$1.29$, en el 95.44% de los mismos se encontró entre $\$1.23$ y $\$1.31$ y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre $\$1.21$ y $\$1.33$.

En 2002, los precios del sorgo fueron de $\$1.33 \pm .04$, los mínimos se presentaron en los meses de enero y febrero ($\$1.28$), mientras que los máximos se registraron en noviembre y diciembre ($\$1.39$) en el 68.26% de los casos el precio del sorgo fluctuó entre $\$1.29$ y $\$1.37$, en el 95.44% de los mismos se encontró entre $\$1.25$ y $\$1.41$ y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre $\$1.21$ y $\$1.45$.

En el año de 2003 el precio del sorgo fue de $\$1.40 \pm .06$, los mínimos se presentaron en los meses de noviembre ($\$1.32$) y octubre ($\1.34), mientras que los máximos se presentaron en agosto ($\$1.43$) y septiembre ($\1.57), en el 68.26% de los casos el precio del sorgo fluctuó entre $\$1.34$ y $\$1.46$, en el 95.44% de los mismos se encontró entre $\$1.28$ y $\$1.52$, en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre $\$1.22$ y $\$1.58$.

En 2004 el precio del sorgo fue de $\$1.51 \pm .14$, los mínimos fueron registrados en los meses finales del año noviembre ($\$1.3$) y diciembre ($\1.3), mientras que los

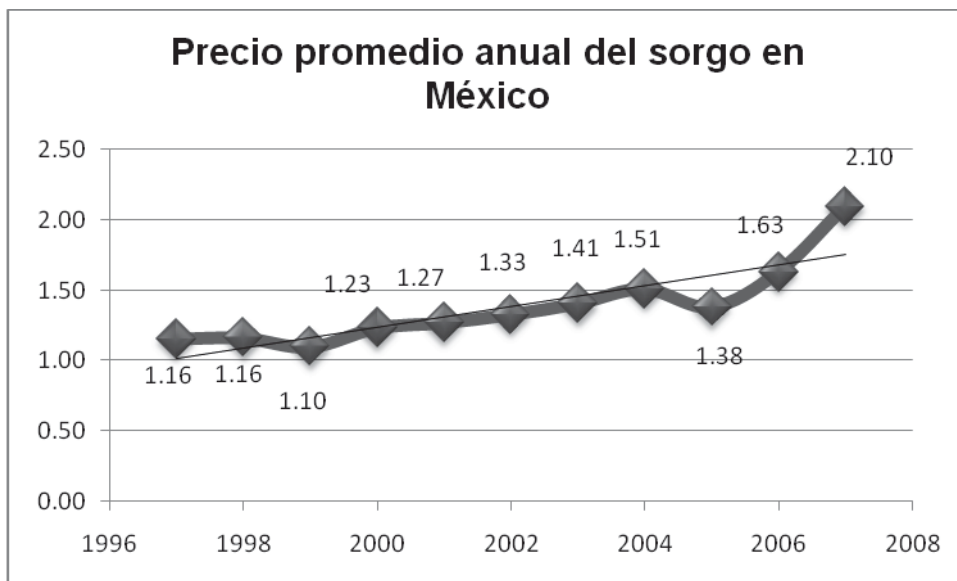
máximos se presentaron en los meses de agosto (\$1.69) y septiembre (\$1.69), en el 68.26% de los casos el precio del sorgo fluctuó entre \$1.37 y \$1.65, en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$1.23 y \$1.79, en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$1.09 y \$1.93.

En 2005 el precio del sorgo fue de $\$1.38 \pm 0.08$, los mínimos se presentaron en los primeros meses del año enero (\$1.31), febrero (\$1.32), sin embargo este precio (\$1.32) también se registró en abril, mayo, noviembre y diciembre, mientras que los máximos se presentaron en los meses de agosto y septiembre ambos (\$1.51), en el 68.26% de los casos el precio del sorgo fluctuó entre \$1.3 y \$1.46, en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$1.22 y \$1.54, en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$1.14 y \$1.62.

Para el año 2006 el precio del sorgo fue de $\$1.63 \pm 0.19$, los mínimos fueron registrados nuevamente en el principio del año, enero (\$1.32) y febrero (\$1.34), mientras tanto los máximos se registraron en los meses de julio y noviembre (\$1.78) y diciembre (\$1.96), en el 68.26% de los casos el precio del cerdo fluctuó entre \$1.44 y \$1.82, en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$1.25 y \$2.01 y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$1.06 y \$2.2.

En 2007, el precio del sorgo fue de $\$2.09 \pm 0.07$, los mínimos se presentaron en los meses de enero (\$1.98) y abril (\$2.02), mientras que los máximos fueron registrados en los meses de julio (\$2.16) y agosto (\$2.2), en el 68.26% de los casos el precio del sorgo fluctuó entre \$2.02 y \$2.16, en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$1.95 y \$2.23 y en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$1.88 y \$2.3.

GRÁFICA 3. Precio promedio anual del sorgo en México 1997-2007



Fuente: Elaboración propia basándose en datos de Sagarnaga (2006), Sagarpa (2007)⁵ y Granados (2008)⁶.

Al analizar los precios del sorgo a partir de 1997 hasta 2007 (n=129) se observó que el precio promedio del sorgo fue de $\$1.38 \pm .28$, presentándose los mínimos en los años de 1998 (\$.88) y 1999 (\$.99), los precios máximos se presentaron en agosto de 2007 (\$2.2). Lo cual indica que en el 68.26% de los casos el precio del sorgo desde 1997-2007 fluctuó entre \$1.1 y \$1.66, en el 95.44% de los mismos se encontró entre \$.82 y \$1.94 y que en el 99.7% de las ocasiones se mantuvo entre \$.54 y \$2.22.

A lo largo del análisis, el mes que mostró mayor consistencia al mantener precios menores del sorgo fue julio, ya que en un 45.4% de los casos mantuvo el precio más bajo, seguido por enero, que registró los precios más bajos en el 36.36% y noviembre, que registró los precios más bajos del sorgo en el 18.18% de las

⁵ Entrevista personal con Teresa Cruz acerca del precio del sorgo en el estado de Michoacán 26/10/07.

⁶ Entrevista personal con Mauricio Granados García acerca del precio del sorgo en el estado de Michoacán 3/06/08.

ocasiones. En contraparte, los meses durante los cuales el precio del sorgo fue mayor a lo largo del análisis fueron septiembre (27.27%), noviembre (18.18%) y diciembre (18.18%).

En lo que respecta a la comparación del precio mensual ahora comparado con su misma evolución a lo largo de los años que abarcó el periodo de análisis, este arrojó los siguientes resultados: El precio mostró una tendencia positiva a lo largo de los meses que se analizaron, se espera que esta tendencia continúe de acuerdo al FAPRI (Sagarnaga, 2006). Esta tendencia mostrada por el precio del sorgo se debe en parte a que los precios nacionales tienen ya un gran lapso de tiempo siendo mayores a los internacionales, debido a esto, los consumidores de sorgo; la industria principalmente ha presionado para obtener precios menores a partir de importaciones, esto aunado al considerable abandono del sector agropecuario en general en México, hacen pensar que la tendencia continuará.

Esto impacta de manera muy importante a la empresa porcina propuesta, ya que los costos de alimentación de un sistema de producción porcino representan según la SARH (1989) 68% de los costos totales, 70% de los costos totales según English (1985), más del 60% de los costos de producción totales Lesur (2003), el 75 al 80% (Sagarpa, 1998).

Al no estar integrada a la agricultura, la explotación porcina propuesta por el modelo depende del mercado para la obtención de insumos para la alimentación de los cerdos, de los cuales el más importante es el sorgo que llega a representar más del 80% de la dieta (Sagarnaga, 2006; Sagarpa, 1998).

7.18. MEDIAS MÓVILES.

Los datos del precio histórico tanto del cerdo en pie como del sorgo (1997-2007) fueron analizados y sometidos a la técnica de medias móviles, se consideraron tres, cuatro, cinco y seis periodos: se observó que la utilización de tres periodos resultó ser la herramienta predictiva de mayor precisión.

El precio que mostró una variación mayor durante el periodo de observación y por consecuencia en los periodos construidos con medias móviles fue el precio del cerdo en pie, de 4% en relación a la observada en el precio del sorgo de 3%.

7.19. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD (PRECIOS)

El escenario menos favorable se presentó al aplicar la variación de 5% al precio del sorgo sin incremento correspondiente en el precio del cerdo en pie, el cual resultó en una TIR de 7% y VPN de **-\$228,859.40**, este escenario al igual que los resultantes de combinaciones en que la distancia del aumento en el precio del sorgo fue de tres puntos porcentuales o mayor en relación al precio del cerdo en pie resultaron ser escenarios económicamente inviables. A medida que se acorta la diferencia en porcentaje de aumento del precio del cerdo en pie en relación al precio del sorgo llegando a ser de 2 puntos porcentuales o menor, constituye escenarios económicamente viables, se observó que los valores de la TIR y VPN fueron de al menos 11% y \$19,631.4 respectivamente, hasta llegar al escenario más favorable que se presentó con la variación del 5% en el precio del cerdo en

pie sin variación en el precio del sorgo y el cual mostró una TIR de 22% y VPN de \$626,155.01.

Se observó que a partir de que el precio del cerdo en pie alcanza un aumento de 3% o mayor, aunque los aumentos considerados en el precio del sorgo afectan el funcionamiento del sistema de producción porcina no llegan al nivel de causar que el VPN sea negativo o que la TIR sea menor de 11%.

CUADRO 18. Resultados del análisis de sensibilidad para variación en los precios

Precio del cerdo en pie	Indicador	Precio del sorgo					
		5%	4%	3%	2%	1%	0%
5%	TIR	15%	17%	18%	19%	21%	22%
	VPN	\$224,695.5	\$304,987.41	\$385,279.31	\$465,571.2	\$545,863.1	\$626,155.01
4%	TIR	14%	15%	16%	18%	19%	21%
	VPN	\$135,507.5	\$215,799.44	\$296,091.34	\$376,383.2	\$456,675.1	\$536,967.05
3%	TIR	12%	13%	15%	16%	18%	19%
	VPN	\$46,319.6	\$126,611.5	\$206,903.4	\$278,195.3	\$367,487.2	\$447,779.1
2%	TIR	10%	12%	13%	15%	16%	18%
	VPN	-\$42,868.4	\$37,423.51	\$117,715.41	\$198,007.3	\$278,299.2	\$358,591.11
1%	TIR	8%	10%	12%	13%	15%	16%
	VPN	-\$132,056.4	-\$51,764.5	\$28,527.4	\$108,819.3	\$189,111.2	\$269,403.14
0%	TIR	7%	8%	10%	11%	13%	14%
	VPN	-\$228,859.4	-\$147,044.5	-\$60,660.5	\$19,631.4	\$99,923.27	\$180,215.2

8. CONCLUSIONES

- 1) Se diseñó un sistema de producción porcino económicamente viable para la región del Bajío Michoacano a través de un modelo de optimización elaborado a partir de herramientas matemáticas, siguiendo la metodología indicada por la investigación de operaciones. El modelo demostró ser una herramienta útil para la toma de decisiones con los indicadores productivos y reproductivos asumidos.
- 2) De acuerdo con las condiciones actuales de mercado de insumos y productos, el modelo de producción porcino propuesto para ser económicamente viable debe cumplir con las siguientes exigencias:
 - Funcionar óptimamente acorde al esquema planeado, entendiendo que en el funcionamiento del sistema todos los índices biométricos están involucrados y correlacionados, por lo que al disminuir el desempeño de uno de ellos, este debe ser subsanado por otro u otros de ellos. El número de lechones destetados por cerda debe ser por lo menos de 8, considerando 80% de fertilidad y lactancias de 21 días de duración, o bien por lo menos destetar 10 lechones cuando se trabaje con 54% de fertilidad y lactancias de 21 días de duración. Incluso pueden programarse lactancias de 27 días de duración siempre y cuando se desteten 10 lechones y se

trabaje con por lo menos 80% de fertilidad. Se Debe monitorear el funcionamiento del sistema y evitar que los índices biométricos o indicadores productivos y reproductivos bajen del margen mencionado, ya que el modelo perdería la rentabilidad económica y operaría con números rojos.

- El precio del sorgo no debe aumentar en más de 2% sin correspondencia en el precio del cerdo en pie. Así, si el precio del sorgo aumenta 3%, el del cerdo debe aumentar 1%, si el precio del sorgo aumenta 4%, el del cerdo debe hacerlo en 2%, debe mantenerse por lo menos esta distancia. El margen de maniobra en el que puede moverse el modelo no es amplio y tiende a disminuir aun más con el paso del tiempo.
- Debe revisarse minuciosamente los esquemas actuales de compra-venta por contrato en el sector, con la finalidad de programar anticipadamente la comercialización, tomando en cuenta la ciclicidad en el precio del cerdo en pie, cuya duración en México es de 3 a 4 años medida de pico a pico, además de los meses de julio, enero y diciembre, durante los cuales el cerdo en pie tiene un precio más elevado. Debe avanzarse hacia la integración vertical tanto hacia atrás como hacia adelante. Al industrializar el cerdo en pie se obtendrá valor agregado en la venta de embutidos, permitirá la conservación por un mayor tiempo del producto en

refrigeración y se disminuirá el impacto de la ciclicidad en el precio del cerdo en pie ya descrita.

- Esta medida también aplica para el sorgo, mientras no se cuente con un sustituto probado, seguirá siendo el ingrediente principal en la dieta del cerdo en México. El modelo de producción porcina diseñado denota dependencia de los insumos alimenticios; por ser una empresa no integrada a la agricultura, el sorgo debe adquirirse en julio, enero y noviembre, los meses en los que su precio es más bajo a lo largo del año. El sistema debe integrarse a la agricultura para producir los insumos alimenticios o por lo menos el sorgo que se consume en la explotación.

- 3) Se observó que el indicador más manipulable y también el que reviste mayor importancia económica en el modelo es la longitud de lactancia, al acortarla a 12 días se disminuye el periodo entre partos y se eleva el número de partos por hembra por año, esto conlleva gastos a realizar en las instalaciones y equipo para llevar a cabo lactancias de 12 días de duración sin incrementos en la mortalidad asumida en el modelo. Sin embargo el índice biométrico de mayor influencia en el margen bruto es el número de lechones al destete: \$41,176.88/unidad de cambio/año, que se mantiene estable tanto al aumentar como al disminuir el número de lechones destetados. En cuanto al porcentaje de fertilidad, este repercute en \$781.55/unidad

de cambio/año, disminuye en \$20.04 al aumentar una unidad porcentual o aumenta en los mismos \$20.04 al disminuir una unidad porcentual. En lo que respecta a la longitud de lactancia tanto el aumento como la disminución de un día significa una diferencia en el margen bruto de 3,300.63/año.

9. LITERATURA CONSULTADA

Aguilar, J. (2006). Situación de la carne de cerdo, Disponible en la World Wide Web:http://www.profeco.gob.mx/revista/publicaciones/adelantos_06/cerdo_ago06.pdf, consultado el 9 de octubre de 2006.

Aguilera, A. (2008). Michoacán, listo para exportar carne de cerdo a China, asevera la Sedru. Disponible en la World Wide Web: <http://www.lajornadamichoacan.com.mx/2008/07/14/index.php?section=politica&article=003n1pol>, consultado el 1 de agosto de 2008.

ASERCA (2008). Análisis del sector porcino. Disponible en la World Wide Web: www.infoaserca.gob.mx/analisis/porcino.pdf -, consultado el 22 de julio de 2008.

Banco Nacional de Comercio Exterior (2007). El Dumping. Disponible en la World Wide Web: <http://www.bancomext.com/Bancomext/aplicaciones/glosario/nvglosario.jsp?bpalabra=dumping>), consultado el 10 de septiembre de 2007.

Barajas, M. J. (1993). Microeconomía Intuitiva. Ed. Trillas. México D.F. pp. 157-177.

Bello, O. R. (1994). Productividad y Rentabilidad de una Granja Porcina de Ciclo Completo con 200 vientres, en el Municipio de Huandacareo, Michoacán.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tesis de Licenciatura. Morelia, Michoacán. pp. 9-44.

Bello, O. R. (2000). Propuesta Metodológica para el Análisis de Sistemas Porcícolas Intensivos: Intensidad y de uso y renovación de la cerda. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo . Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tesis de Maestría. Morelia, Michoacán. pp. 54-102.

Bertalanffy, L. V. (1968). Passages from the General Systems Theory. Disponible en la World Wide Web: <http://www.panarchy.org/vonbertalanffy/systems.1968.html>. consultado el 22 de mayo de 2007.

Bracke, M.B.M.; Spruijt, B.M.; Metz, J.H.M. and Schouten, W.G.P. (2002). Decision support system for overall welfare assessment in pregnant sows A: Model structure and weighting procedure. *Journal of Animal Science*. 80(7): 1819-1834.

Bracke, M.B.M.; Spruijt, B.M.; Metz, J.H.M. and Schouten, W.G.P. (2002). Decision support system for overall welfare assessment in pregnant sows B: Validation by expert opinion. *Journal of Animal Science*. 80(7): 1835-1845.

Caamal, C.I.; Ávila, D.J.A. (2004) Situación y perspectivas del sorgo en el contexto del TLCAN. Disponible en la World Wide Web: <http://www.economia.gob.mx/pics/p/p1763/SORGO290204.pdf>, consultado el 25 de febrero de 2007.

Campos M. E. (1995). Sistema de producción 22/22. En: Kato, M.L. La Producción Porcícola en México: Contribución al desarrollo de una visión integral pp. 113-127. Azcapotzalco, D.F., México: UAM-UMSNH.

Canacintra (2001). La industria alimenticia animal en México. Cámara Nacional de la Industria de la Transformación. México D.F. pp. 60.

Castillo, E. C. (2002). Formulación y Resolución de Modelos de Programación Matemática en Ingeniería y Ciencia . Ciudad Real España: Universidad de Castilla-La Mancha. pp. 3-24.

Castro, C. (1993). Evaluación de la Productividad y Rentabilidad de una Empresa Porcina de Ciclo Completo en Huandacareo, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp. 32-46.

CEA. (2001). Centro de Estudios Agropecuarios, Crianza de Porcinos. México. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V. pp. 79-89, 95-97, 119-123.

Chapela, M. G. (1983). La Producción Porcina en La Región de La Piedad. Revista de Geografía Agrícola. 3, Julio, UACH. pp. 135-150.

Chase, B.R.; Aquilano, J.N. (1973). Production and Operations Management A life cycle aproach. Richard D. Irwin Inc. Homewood Illinois. USA. pp. 58-61, 214-227.

Claridades Agropecuarias (1997). La comercialización del Sorgo. Disponible en la

World

Wide

Web:

<http://www.aserca.gob.mx/sicsa/claridades/revistas/046/ca046.pdf#page=1>,

consultado el 23 de Abril de 2008.

Coffey, E. R.; Curtis, W.C.; Hunsaker, L.P. (1994). Management and Organizational Behavior. Austen Press.Sydney, Australia. pp. 9-13.

Conejo, N.J.J. (1995). La Inseminación Artificial en la Producción Intensiva del Cerdo. En: Kato, M.L. La Producción Porcícola en México: Contribución al desarrollo de una visión integral. UAM-UMSNH. Morelia, Michoacán. pp. 251-274.

Conejo, N.J.J.; Ortega, G.R. (1995). Problemas de la porcicultura rural de traspatio. En: Kato, M.L. La Producción Porcícola en México: Contribución al Desarrollo de una Visión Integral UAM-UMSNH. Morelia, Michoacán. pp. 199-218.

Confederación de Porcicultores Mexicanos (2005). Consejo de Promoción para la carne de cerdo. Disponible en la World Wide Web: http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/comite/PO/promo_180805.pdf, consultado el 1 de agosto de 2007.

Corona, I. J. (2006). El Estado del Arte y la Ciencia en Producción de Cerdos en el Mundo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Merida, Yucatán. Disponible en la World Wide Web: <http://www.latinamerican-markets.com/mexico---produccion-de-carne-de-cerdo>, consultado el 25 de enero de 2008.

Del Moral, B.L.E.; Gómez, R.P.B.; Jumilla, M.A.R. (2008). Crecimiento regional de la producción de carne de cerdo en México, 1980-2005. Análisis Económico Revista de la División de Ciencias Sociales y Humanidades. 52(23): 272-290.

Díaz, C.M.A.; Mejía, R.P.; Del Moral, B.L.E. (2007). El mercado de la carne de cerdo en canal en México. Análisis Económico Revista de la División de Ciencias Sociales y Humanidades. 51(22): 273-287.

Dorfman, R.; Samuelson, P.A.; Solow, R.M. (1986). Linear Programming and Economic Analysis. General Publishing Company. Canada. pp 1-10.

Druck, L.C. (2007). Urgen al gobierno federal a adoptar medidas de protección para la porcicultura nacional. Disponible en la World Wide Web: <http://www.lajornadamichoacan.com.mx/2007/11/25/index.php?section=politica&article=005n1pol>, consultado el 25 de noviembre de 2007.

Elwyn, R.D.; Duane, E.U.; Austin, J.L. (1991). Swine Nutrition. Butterworth-Heinemann. United States of America. pp. 451-527.

English, P.R.; Smith, W.J.; McLean, A. (1985). La cerda: cómo mejorar su productividad. El Manual Moderno. México, D.F. pp. 1-12, 340-354.

Erossa, M.V.E. (1986). Proyectos de Inversión en Ingeniería (su metodología). Limusa Noriega Editores. México D.F. pp. 138-145, 200-208.

FAO. (2002). El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación 2002. Disponible en la World Wide Web: <http://www.fao.org/docrep/004/y6000s/y6000s02.htm>, consultado el 23 de abril de 2006.

FAO. (2008). FAOSTAT Producción y consumo per cápita de carne de cerdo. Disponible en la World Wide Web: <http://faostat.fao.org/site/409/default.aspx>, consultado el 26 de enero de 2008.

FIRA. (1997) Oportunidades de desarrollo de la porcicultura en México. Boletín Informativo No 296. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Morelia, México. Pp 48.

Flores, C.J.; Haro, T.M.; Herradora, M.L.; Martínez G.R.; Ramírez, H.G.; Trujillo O.M.E. (2005). Cálculos para la planeación y Control de Empresas Porcinas. Mc Graw Hill Interamericana. México D.F. pp. 1-53, 81-99.

Flores, A.V.M. (2003). Detección de Oportunidades con el Uso de un Simulador de la Producción. En: IV Jornada Internacional en Producción Porcina. UNAM. pp. 130-133.

Flores, J.P. (2005). Variabilidad de los Sistemas Intensivos de Producción Porcina de la Región de la Piedad Michoacán. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp. 119,538.

Gallardo, N.J.L. (2001). Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2001. Disponible en la World Wide Web: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/estudio/sitpor01.pdf>, consultado el 1 de agosto de 2007.

Gallardo, N.J.L. (2002). Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2002. Disponible en la World Wide Web: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/estudio/sitpor02.pdf>, consultado el 25 de agosto de 2007.

Gallardo, N.J.L. (2003). Situación y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2003. Disponible en la World Wide Web: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/estudio/sitpor03.pdf>, consultado el 25 de agosto de 2007.

Gallardo, N.J.L. (2004). Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2004. Disponible en la World Wide Web: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/estudio/sitpor04b.pdf>, consultado el 25 de agosto de 2007.

Gallardo, N.J.L. (2005). Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2005. Disponible en la World Wide Web: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/estudio/sitpor05.pdf>, consultado el 25 de agosto de 2007.

Gallardo, N.J.L. (2006), Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2006. Disponible en la World Wide Web: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/estudio/sitpor06d.pdf>, consultado el 25 de agosto de 2007.

García, M.R.; Del Villar, V.M.F.; García, S.J.A. (2004), Modelo econométrico para determinar los factores que afectan el mercado de la carne de porcino en México. Interciencia. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004000800005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-1844. 29(8): 414-420.

Hernández, M.M. (2001), Estrategias Competitivas frente a la Globalización el Caso de los Porcicultores de Sonora (México). Disponible en la World Wide Web: <http://www.fao.org/regional/lamerica/prior/desrural/alianzas/pdf/moreno.pdf>, Consultado el 14 de Enero de 2008.

Hitt, M. A., Ireland, R. D., Camp, S. M., and Sexton, D. L. (2002), Strategic Entrepreneurship: Integrating Entrepreneurial and Strategic Management Perspectives. Disponible en la World Wide Web: <http://www.blackwellpublishing.com/pdf/HittSE001.pdf>, Consultado el 23 de junio de 2007.

Huirne, R.B.M.; Hardaker, J.B. (1998). A multi-attribute utility model to optimise sow replacement decisions. *European Review of Agricultural Economics*, 25(2):488-505.

INEGI. (2007). Anuario estadístico del estado de Michoacán de Ocampo 2007. Disponible en la World Wide Web: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/Ace07/etaly/mic/index.htm>, consultado el 25 de enero de 2008.

INEGI. (2007). Anuarios Estadísticos del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos 2000-2006. Disponible en la World Wide Web: <http://www.inegi.gob.mx/lib/buscador/bibliotecas/busqueda.aspx?textoBus=anuario%20estadistico%20del%20comercio%20exterior%20de%20los%20estados%20unidos%20mexicanos&busxMetodo=1&CveBiblioteca=KCBIB&totDes=1&tipoRedIntExt=4&av=1>, consultado el 12 de junio de 2008.

INEGI. (2006). Municipio de Angamacutiro. Disponible en la World Wide Web: <http://www.michoacan.gob.mx/municipios/4angamacutiro.htm>, consultado el 1 de octubre de 2006.

Jalvingh, A.W., Dijkhuizen, A.A.; Van Arendonk, J.A.M. (1992). An economic comparison of management strategies on reproduction and replacement in sow herds using a dynamic probabilistic model. *Livest. Prod. Sci.* 32: 331-350.

Jorgensen, E. (1992). Sow Replacement: Reduction of State Space in Dynamic Programming Model and Evaluation of Benefit from using the Model. Subm. to Livest. Prod. Sci. for publ. Department for Research in Pig and Horses. National Institute of Animal Science. pp. 1-21.

Jorgensen, E. (1998). Stochastic Modelling of Pig Production. Working Paper: Model of Measurements Dina Notat No. 64, 1-26.

Kato M.L. (1995). La Producción Porcícola en México: Contribución al Desarrollo de una Visión Integral. Universidad Autonoma Metropolitana-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México D.F. pp. 22-30, 50-51, 89-91, 114-117, 218, 252-255.

Kato M.L.; Bello, O.R. (2002). Impactos de la Biotecnología en el sector Porcino. UAM, CMP, Cambio-Tec y Fira-Banxico. México. pp. 7-61.

Kerzner, H. (1998). Project Management a systems approach to planning, scheduling, and controlling. John Wiley and Sons, inc. New York. pp. 81, 762-763.

Kobayashi, M.; Carpenter, T.E.; Dickey, B.F.; Howitt, R.E. (2007). A Dynamic, optimal disease control model for foot-and-mouth-disease: I. Model Description. Preventive Veterinary Medicine. 79(2-4):257-73.

Kobayashi, M.; Carpenter, T.E.; Dickey, B.F.; Howitt, R.E. (2007). A Dynamic, optimal disease control model for foot-and-mouth-disease: II. Model results and policy implications. Preventive Veterinary Medicine. 79(2-4):274-86.

Koketsu, Y. D. (1998). Interactions between the associations of parity, lactation length and weaning-to-conception interval with subsequent litter size in swine herds using early weaning. *Preventive Veterinary Medicine*. 37(1-4): 113-20.

Krieter, J. (2001). Computer simulation of costs and benefits of segregated early weaning (SEW) in a vertical pork production chain. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*. 108(7):303-6.

Kristensen, A.R. (1996). Textbook notes of herd management: Dynamic programming and Markov decision processes. Department Of Animal Science and Animal Health. Dina Notat No. 49. pp. 1-41.

Kristensen, A.R.; Jorgensen, E. (1996). Textbook Notes of Herd Management: Basic Concepts. Department Of Animal Science and Animal Health. Dina Notat No. 48. pp. 1-50.

Lai, L. P. (2002). Progress in producing Knockout models for xenotransplantation by nuclear transfer. *Annals of Medicine*. 34(7-8):501-6.

Lastra, M.I.; Peralta, A.M. (2000). Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2000. Disponible en la World Wide Web: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/estudio/sitpor00.pdf>, consultado el 14 de mayo de 2007.

Lesur, L. (2003). Manual de Porcicultura: Una guía paso a paso. Editorial Trillas. México. pp. 7-10, 49-64, 77-80.

Lin, C. (1996). Technical note: optimization of breed composition to maximize net merit of synthetic populations. *Journal of Animal Science*. 74(7):1477-80.

Lira, S. (2003). La entrada en vigor del capítulo agropecuario del TLCAN. Disponible en la World Wide Web: <http://www.jornada.unam.mx/2003/01/04/006n1pol.php?origen=politica.html>, consultado el 4 de octubre de 2006.

López, I. (2005). Favorece Comercio de Carne de Cerdo a México. Disponible en la World Wide Web: <http://www.cnog.com.mx/Noticias/361.pdf>, consultado el 5 de octubre de 2006.

Martínez, C. H. (2002). Tendencias de la Producción y Consumo de Carnes en el Mundo y en Colombia (1961-2001). Disponible en la World Wide Web: http://www.agrocadenas.gov.co/balanceados/documentos/consumo_carnes.pdf, consultado el 6 de Octubre de 2006.

Martínez, C.R. (2004). Análisis del ciclo del cerdo en México (1987-2002). *Archivos de Zootecnia*. 53:325-328.

Martínez, M.E. (1975). Consideraciones sobre la Fabricación de Alimentos Balanceados en Michoacán caso concreto: granja familiar en el municipio de Angamacutiro. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Química. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp.1-10, 15-18, 39.

Martínez, M. I. (2005). Proyecto para Desarrollo de un Corral Comunal de Cabras Lecheras en la Localidad de Pantaleón. Municipio de Acambaro Gto. Servicio

Profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp. 78-82.

Mc Inerney, J. K. (1997). Economic analysis of alternative AD control programmes. *Veterinary Microbiology*. 55(1-4):113-21.

Mejía, R. D. (2008). Importaciones totales y de carne de cerdo en México en el contexto del TLCAN: un enfoque de corrección de error. *CIENCIA ergo-sum*. 14(3): 263-271.

Nierenberg, D. (2005). Meat Production and Consumption Rise. *Vital Signs*. Disponible en la World Wide Web: [http://www.worldwatch.org/brain/media/pdf/pubs/vs/2005 meat.pdf](http://www.worldwatch.org/brain/media/pdf/pubs/vs/2005%20meat.pdf), consultado el 6 de octubre de 2006.

Ortiz, R. (1999). Comportamiento Reproductivo y Productividad de la cerda destetada a 12 y 21 días. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp 33-86.

Ortiz, V. (2007). El Punto de Equilibrio. Disponible en la World Wide Web: <http://secretosenred.com/articles/3280/1/EL-PUNTO-DE-EQUILIBRIO/Pacuntegina1.html>, consultado el 25 de enero de 2008.

Perea, P. M. (2003). Variabilidad de los Estimadores Reproductivos en un Sistema de Producción Porcina afectado por el Síndrome Respiratorio y Reproductivo del cerdo. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp 26,47.

Pérez, E.R. (1987). Aspectos Económicos de la Porcicultura en México 1960-1985. Instituto de Investigaciones Económicas, Asociación Americana de Soya, México. pp 42-45, 50-57, 136-149, 233-272.

Pérez, E.R. (1996). Porcicultura Intensiva y Medio Ambiente en México Situación Actual y Perspectivas. Disponible en la World Wide Web: <http://www.cipav.org.co/cipav/confr/espejo.htm>, consultado el 6 de octubre de 2006.

Pérez, R.E. (2000). Estabilización de un Sistema de Producción Porcina a través de la tasa de Reemplazo. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp 4-7.

Petit, J.V. (2003). Perception of the environmental impacts of current and alternative modes of pig production by stakeholder groups. *Journal of Environmental Management* 68, 377-386.

Pinney, E. M. (1987). *Management Science An Introduction to Quantitative Analysis for Management*. Harper and Row Publishers. United States of America. pp 423-425.

Pinto, J.U. (2003). Biosecurity practices on intensive pig production systems in Chile. *Preventive Veterinary Medicine*. 59(3): 139-145.

Pla, L.B. (2004). A mathematical model for designing and sizing swine farms. International Transactions in Operational Research No. 11 pp 485-494.

Plá, L. P. (1997). A Comprehensive Sow Model for decision Aid. Disponible en la World Wide Web: http://www.dina.kvl.dk/efita-conf/program/paperspdf/vii_b_1.pdf, consultado el 5 de octubre de 2007.

Pond, G.W.; Maner, H.J.; Harris, D.L. (1991). Pork Production Systems Efficient Use Of Swine and Feed Resources. Published by Van Nostrand Reinhold. New York, United States of America. pp 43-64, 319-332.

Rodriguez-Zas, S.L.; Davis, C.B.; Ellinger, P.N.; Schnitkey, G.D.; Romine, N.M.; Connor, J.F.; Knox, R.V.; Southey, B.R. (2006). Impact of biological and economic variables on optimal parity for replacement in swine breed-to-wean herds. Journal of Animal Science. 84(9):2555-65.

Roppa, L. (2005). Competition from South American Pork Production. Advances in Pork Production. Disponible en la World Wide Web: <http://www.thepigsite.com/articles/6/production-and-mgmt/1471/competition-from-south-american-pork-pr>, consultado el 25 de enero de 2008.

Ross, B. (2006). Imputing Economic Returns to Entrepreneurial Behavior: A System Dynamics Model of Firm-Level Innovation and Arbitrage. Disponible en la World Wide Web: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2005/proceed/papers/ROSS371.pdf>, consultado el 23 de abril de 2008.

Saatkamp, H. D. (1997). Economic evaluation of national identification and recording systems for pigs in Belgium. *Preventive Veterinary Medicine*. 30(2): 121-35.

Sagarnaga, V.M.; Ochoa, R.F.; Salas, J. M.; Anderson, D.P.; Richardson, J.W.; Knutson, R.D. (1999). Granjas Porcinas Representativas en México Panorama Económico 1995-2004. Disponible en la World Wide Web: <http://www.afpc.tamu.edu/pubs/2/175/rr99-16.pdf>, consultado el 14 de Enero de 2008.

Sagarnaga, V.M.; Salas, J.M. (1995). El impacto de los precios en el sector porcícola nacional en La Producción porcícola en México: Contribución al desarrollo de una visión integral. UAM-UMSNH. México D.F. pp 89-109.

Sagarnaga, V.M.; Salas, J.M.; Mariscal A.V.; Estrella, Q.H.; Ruiz, F.A.; González, A.M.; Zarate, J.A. (2003). Impacto del TLCAN en la cadena de valor porcina. Disponible en la World Wide Web: <http://www.cnog.com.mx/Estudios/Estudios/Impacto%20del%20TLCAN%20en%20la%20cadena%20de%20valor%20Porcina%20para%20Carne.pdf>, consultado el 1 de agosto de 2008.

Sagarnaga, V.M.; Salas, G.J.M.; Ochoa, O.R.F.; Haro, A.E.; García, F.G.; Cervantes, E.F. (2006). Panorama Económico de Granjas Representativas del Estado de Guanajuato 2002-2009. Plaza y Valdés Editores. México D.F. pp 3, 13-18, 19-21, 34-35, 117-121, 131-133.

Sagarpa (1998) Situación Actual y Perspectiva de la Producción de Carne de Porcino en México 1990-1998. Disponible en la World Wide Web: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/estudio/sitpor98.pdf>, consultado el 25 de enero de 2007.

Sagarpa (2006). Será declarada la zona centro occidente del país libre de Fiebre Porcina Clásica. Disponible en la World Wide Web:(www.sagarpa.gob.mx/cgcs/boletines/2006/junio/B166.pdf -), consultado el 30 de Junio de 2006.

San Juan-Mejía, Z. M.; Martínez, D.M.A.; García, M.R. (2007). Efecto de las importaciones de carne de cerdo sobre el mercado de carne de res en México. *Agrociencia* . 41(8): 929-938.

Schauberger, G.; Piringer, M; Petz, E. (2000). Steady-state balance model to calculate the indoor climate of livestock buildings, demonstrated for finishing pigs. *International Journal of Biometeorology*. 43(4): 154-62.

Schultheiss, U.; Jager, P.; Dohler, H.; Eurich, M.B. (2005). Effects of water protection measures on the profitability of farms. *Water Science and Technology*. 51 (3-4):383-91.

Shtub, A.B. (1994). *Project Management Engineering, Technology, and implementation*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. pp 45-48, 64, 341.

Siacon (2006). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Disponible en la World Wide Web: http://www.oeidrus-tamaulipas.gob.mx/cd_anuario_06/SIACON_2007.html, consultado el 23 de abril de 2007.

Siap-Sagarpa (2008). Michoacán, Avance acumulado de la Producción Pecuaria. Disponible en la World Wide Web: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>, consultado el 23 de mayo de 2008.

Silver, A. (1985). Decision Systems for Inventory Management and Production Planning. Second Edition John Wiley and Sons. Unites States of America. pp 70, 93.

Stern, S.; Sonesson, U.; Gunnarsson, S.; Oborn, I.; Kumm, K.I.; Nybrant, T. (2005). Sustainable development of food production: a case study on scenarios for pig production. *Ambio*. 34(4-5): 402-7.

Taha, A.H. (1995). Investigación de Operaciones. 5ta. ed. Alfa Omega. México, D.F. pp 1-10, 18-22, 33.

Taylor, W.B. (1982). Introduction to Management Science. Brown Publishers. Virginia USA. pp 16-17, 684-687, 692-693.

Taiganides, E.P.; Pérez R.; Girón E. (1996), Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, México. pp 24-28, 29-30, 33-40.

Toft, N. (1997). Model based decision support in sow herd with emphasis on linking decisions with different time horizons. Proceedings of the Dutch/Danish Symposium on Animal Health and Management Economics, Copenhagen, January 23-24. Dina Notat No 56. pp 55-60.

Trueba, R.S. (2007). Cerdo, la carne de más alto consumo en el mundo. Disponible en la World Wide Web: http://www.imagenagropecuaria.com/articulos.php?id_art=238&id_sec=31, consultado el 22 de mayo de 2008.

Trujillo, O.M.E. (2005). Parámetros. En: Flores, C.J. Cálculos para la planeación y control de empresas porcinas. FMVZ-UNAM. México, D.F. pp 1-8.

Tsuruta, S.; Misztal, I.; Strandin, I. Use of the preconditioned conjugate gradient algorithm as a generic solver for mixed model equations in animal breeding applications. Journal of Animal Science 79(5): 1166-72.

USDA. (2005). International Agricultural Baseline. Disponible en la World Wide Web: <http://www.ocfo.usda.gov/usdasp/pdf/sp05-03.pdf>, consultado el 23 de abril de 2008.

USDA. (2005). Part IV: Changes in the U.S. Pork Industry, 1999-2000. Disponible en la World Wide Web: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/32771/1/swin03.pdf>, consultado el 1 de agosto de 2008.

USDA. (2007). Pork 2007 USDA Baseline. Disponible en la World Wide Web: www.ers.usda.gov/Data/InternationalBaseline/data/2007/BL07suPork, consultado el 23 de enero de 2008.

USDA. (2008). Pork Supply and Use. Pork 2008 USDA Baseline. Disponible en la World Wide Web: <http://www.ers.usda.gov/Data/InternationalBaseline/data/2008/BL08supork>, consultado el 17 de abril de 2008.

USDA. (2008). Agricultural Baseline Projections: Baseline Presentation, 2008.2017. Disponible en la World Wide Web: <http://www.ers.usda.gov/briefing/Baseline/present2008.htm>, consultado el 23 de junio de 2008.

Val, A. D. (1998). Maximización del Margen de los Ingresos sobre el Costo de la Alimentación en Explotaciones Lecheras a Pequeña Escala. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, michoacán. pp 34-40, 60-71, 101-104.

Van Horne, J.C. (1993). Administración Financiera. Prentice Hall. México. pp 122-124.