

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

SECCION DE POSGRADO



***“Modelo de Optimización de la Producción Lechera
en el Norte Chico del País, con Riesgo Estimado por
Simulación”***

TESIS

***PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO
EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN***

INGENIERÍA DE SISTEMAS

ING. JOHN FITZGERALD ZAMORA CORDOVA

LIMA - PERÚ

2010

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

Dedicatoria

En memoria de mi padre, dedico mis esfuerzos a mi madre, mi hija y mi familia que son el motor de mi vida, gracias a ellos pude lograr mis metas trazadas.

John Zamora.

Agradecimientos.

Agradezco a Dios por la vida, agradezco a mis maestros por las enseñanzas impartidas y a mis colaboradores en esta tesis

John Zamora.

ÍNDICE

DESCRIPTORES TEMÁTICOS	vi
ABSTRACT	vii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN.....	xi
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 DIAGNÓSTICO Y ENUNCIADO DEL PROBLEMA	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.2.1 General.....	3
1.2.2 Específicos	3
1.3 DELIMITACION DE LOS OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	5
1.4 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	6
1.4.1. Hipótesis General	6
1.4.2. Hipótesis Específicas	6
1.5 JUSTIFICACION Y DELIMITACION DE LA INVESTIGACION	7
1.5.1. Importancia del Tema	7
1.5.2. Justificación.....	8

1.5.3. Delimitación	9
CAPITULO II.....	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1 ANTECEDENTES	10
2.1.1. Aplicación de Modelos en Lechería.....	15
2.2 MARCO TEÓRICO.....	29
2.2.1. Modelación en Agricultura y Ganadería.....	36
2.2.2. El Proceso ó Sistema Biológico	40
2.2.3. El Medio Ambiente	41
2.2.4. Período de Tiempo.....	41
2.2.5. Uso de un Denominador Común.....	44
2.2.6. Metodología de Análisis.....	48
2.2.7. Análisis y Diseño de Alternativas a Nivel de Finca	52
2.2.8. Integración de Resultados a Nivel Micro-Macro	53
2.2.9. Incorporación de Riesgo.....	54
CAPITULO III.....	59
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	59
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	59
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION	60
3.3 EL MODELO MATEMATICO.....	65
3.4 POBLACION Y MUESTRA.....	90
3.5 VARIABLES E INDICADORES	90
3.6 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	92
3.6.1. Elección de Unidades Agropecuarias y Ejecución de Encuestas	93
CAPITULO IV	94
ANALISIS Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	94

4.1	ANALISIS Y TRATAMIENTO DE DATOS	94
4.1.1.	Cálculo de la Matriz de Programación Lineal Determinística Sin Riesgo.....	94
4.1.2.	Identificación de las Variables Críticas Sujetas a Variación Recolección de Data Histórica	95
4.1.3.	Cálculo de las Desviaciones Correlacionadas.....	96
4.1.4.	Cálculo de la Matriz de Descomposición de Cholesky	97
4.1.5	Generación de Números Aleatorios: Según la Distribución Normal (Z).	98
4.1.6	Generación de Variables Aleatorios Correlacionados	99
4.1.7	Cálculo de la Matriz de Programación Lineal con Riesgo.....	103
4.2	RESULTADOS	106
4.2.1.	Presentación de los Resultados sin Riesgo	106
4.2.2.	Presentación de los Resultados Asumiendo un Límite de Riesgo.....	107
4.3	DISCUSION DE RESULTADOS.....	109
CAPITULO V	.....	112
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	.....	112
5.1	CONCLUSIONES.....	112
5.2	RECOMENDACIONES	113
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	.....	115
BIBLIOGRAFIA .....	.....	117

DESCRIPTORES TEMÁTICOS

- MOTAD
- PROGRAMACIÓN LINEAL CON RIESGO
- SIMULACIÓN DISTRIBUCIÓN NORMAL MULTIVARIADA
- GESTIÓN DEL ESTABLO CON PROGRAMACIÓN LINEAL
- OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS

ABSTRACT

Farmers operating under increasingly complex variables from a function with values well within the natural specific to the socio-economic qualitative variables. When these values are very different, as in northern areas and specifically in the Norte Chico, the agricultural extension services often do not adapt to natural interventions and the requirements of agricultural and agriculture (understands the needs and expectations of the customer). In such contexts, farmers need efficient tools in terms of costs and profit levels is therefore important to ensure a close link with research experts in the field to evaluate possible strategies and activities to increase income of producers. This need is most critical, since the governments of developing countries reduce the costs of extension services and the demand of the impact of their investments. This research paper outlines a flexible study based on farm-household model designed to help researchers, farmers, extension workers and policy makers in the market. This model allows the user to define specific production options and resource constraints under different socio-economic and bio physical adjustments. This model is

intended for use application in different regions, which aims to demonstrate its flexibility to capture and analyze a variety of production systems.

RESUMEN

Los agricultores operan bajo variables cada vez más complejas desde un funcionamiento con valores bien específicos dentro del natural hasta el socio-económico con variables cualitativas. Cuando estos valores son muy diversos, como en las zonas norteñas y específicamente en el norte chico, los servicios de extensión agrícola a menudo no se adaptan a las intervenciones naturales y a los requerimientos del productor agrícola y agropecuario (comprende las necesidades y expectativas del cliente). En tales contextos, los productores agropecuarios necesitan herramientas eficientes en función a los costos y a los niveles de rentabilidad por ello es importante lograr un vínculo estrecho con investigadores expertos en el tema para evaluar las posibles estrategias y actividades que permitan aumentar los ingresos de los productores. Esta necesidad es más crítica, ya que los gobiernos de los países en desarrollo reducen los gastos de los servicios de extensión y la demanda del impacto de sus inversiones. El presente trabajo de investigación esboza un estudio flexible, basada en la granja-hogar, modelo diseñado para ayudar a los investigadores, productores, extensionistas y encargados de formular políticas de mercado.

Este modelo permite al usuario definir las opciones específicas de producción y las limitaciones de recursos en virtud de diferentes entornos socioeconómicos y bio ajustes físicos. Este Modelo de aplicación está orientado a utilizarlo en las diferentes regiones, por el cual pretende demostrar su flexibilidad para capturar y analizar una variedad de sistemas de producción. Este modelo considera un nivel de riesgo debido a los parámetros, sujetos al mercado cambiante y la producción variable, generando variables sintéticas para su implementación mediante simulación.

INTRODUCCIÓN

La ganadería se mantiene en crisis en nuestro país, frente a ello es necesario plantear nuevas formas de optimizar la producción de la misma.

El presente estudio pretende dar respuesta a la problemática por medio del diseño de un modelo de optimización de la producción lechera en el norte chico del país constando de cuatro capítulos, las conclusiones y recomendaciones, glosario de términos y bibliografía:

Capítulo I, Planteamiento de la Investigación, se plantea el problema principal que es ¿De qué manera se puede mejorar la producción de la industria lechera en el Norte Chico del País, de tal modo que permita una buena toma de decisiones? Seguidamente delimitamos el objetivo General: Desarrollar Un Modelo de Optimización bajo riesgo con Simulación para mejorar la Toma de Decisiones en la Industria Lechera del Norte Chico del País. Luego presentamos la hipótesis de trabajo: El Modelo de Optimización Bajo Riesgo con Simulación es una herramienta de toma de decisiones que permite mejorar la producción en la Industria Lechera del Norte Chico del País.

Capítulo II, Se presenta el Marco Teórico, iniciando con los Antecedentes del empleo de modelos cuantitativos para resolver problemas del mundo biológico y específicamente luego en lechería. La programación lineal como un instrumento válido para la toma de decisiones, la técnica MOTAD (mínima desviación absoluta total) en sus diferentes aplicaciones y la aversión al riesgo como un criterio adicional que afecta el valor óptimo del modelo de programación lineal.

Capítulo III, La Metodología de la Investigación, se describe como experimental usando como base el modelo de Bernet se considera la cantidad de ganado desde 50 hasta 2000 cabezas de ganado. Usando como la población El fundo San Cayetano y como muestra el establo de la Universidad Faustino Sánchez Carrión. Luego de definir las actividades o variables de decisión se abstraen las restricciones linealizables hallando cada una de las inecuaciones o ecuaciones.

Capítulo IV, En el Análisis y Resultados de la Investigación, se resuelve el modelo de programación lineal sin riesgo. Usando el Win QSB. Luego se generan para algunos parámetros como el costo de los alimentos los rendimientos variables críticas sujetas a variación (se generan variables sintéticas) Hallando la matriz de correlación luego la matriz de Cholesky y con esta matriz generar variables con distribución normal multivariada para luego llevarla a la uniforme y finalmente mediante la distribución triangular generar las variables sintéticas.

El resultado del paso anterior me permitirá agregar para cada valor hallado una nueva restricción donde el sistema determinará el valor de una variable T que es un máximo en estas restricciones. Luego calculamos el promedio de todas las desviaciones absolutas y en una tercera restricción acotamos a T como un mínimo usando 2 valores exógenos: el nivel de aversión al riesgo y la utilidad mínima considerada.

Asiendo uso nuevamente el Win QSB para este modelo con riesgo y dándole valores a los parámetros de entrada obtenemos los resultados en la siguiente tabla:

Probabilidad	Nivel mínimo MBT	MBT por trimestre
30%	100,000	338,198.9
25%	100,000	332,001.80
20%	100,000	320,804.3

Cuando la probabilidad es del 30% (3 de cada 10 trimestres no se alcanzaría el nivel mínimos deseado) el resultado es coincidente al modelo sin riesgo; el margen bruto total es máximo (338,198.9 por trimestre). Al aumentar el grado de aversión al riesgo, a partir de una probabilidad del 25 % hasta el 20 %, disminuyendo el margen bruto total.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 DIAGNÓSTICO Y ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El Perú actualmente importa aproximadamente el 20% de la demanda total de leche que se compra en el exterior a \$ 5,000 la TM; es decir, a \$ 0.50 por Kg, hecho que perjudica aun más el desarrollo de la actividad ganadera nacional al no poder competir en igualdad de condiciones con ganaderías extranjeras las que generalmente son subsidiadas, presentando ventajas comparativas y competitivas significativas, producto de la aplicación de economías de escala, aplicación de tecnología de punta y en generar mejores condiciones productivas. Los productores lecheros sienten que la crisis se agrava cada día más, perdiendo dinero, gastándose el capital, viendo qué vaca mandar al camal para pagar las cuentas, sin hacer inversiones ni

reparaciones, sin poder mirar el futuro con un presente totalmente negro.

Apoyar la ganadería no es importar animales de dudosa calidad genética para entregarlos a pequeños ganaderos quienes las pagan a “plazos”, apoyar la ganadería es mejorar el margen optimizando la gestión como pagando el precio justo por la leche, un precio que permita vivir e invertir sin tener que sacrificar vacas.

Hace mucho tiempo el sabio Antonio Raymondi dijo: “El Perú es un mendigo sentado en un banco de oro”. Cada vez está más vigente esta frase la cual se comprobaría si diéramos un recorrido por la zona norte del país observando el gran potencial ganadero lechero con que se cuenta.

Resulta contraproducente que con este potencial tengamos que importar productos lácteos de países más pequeños y con menos recursos. Es debido a que no usamos herramientas técnicas modernas y adecuadas en los procesos productivos

Entre esas herramientas se encuentran los que ayudan a la planificación de la producción. Siendo que es un proceso productivo donde la “maquina” que en este caso es la vaca es un ser vivo. Dentro del enfoque sistémico considerado como sistema suave.

La teoría de sistemas como aplicación científica para resolver problemas cotidianos en la problemática empresarial, se usa cada vez con mayor regularidad y éxito en los países de la región, aún cuando

los países líderes en el rubro de lácteos estén enfocados en otras mejoras en la parte genética por ejemplo.

Los ganaderos lecheros normalmente usan métodos estadísticos para predecir la producción esperada en un determinado periodo. Dado a que estamos frente a sistemas biológicos llamados también "Sistemas Suaves", estos métodos usados tienen un rango de error muy amplio y además de ello no se consideran otras variables que puedan ayudar a gestionar de manera óptima la producción lechera.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 General

¿De qué manera se puede mejorar la producción de la industria lechera en el Norte Chico del País, de tal modo que permita una buena toma de decisiones?

1.2.2 Específicos

PE1 ¿En qué situación se encuentra la producción de la industria lechera en el norte chico del país?

PE2 ¿Qué métodos y parámetros utilizan los ganaderos lecheros para medir la rentabilidad de su producción?

PE3 ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del Modelo de Optimización Lineal con Riesgo, frente a otras

herramientas alternativas, que pueda ayudar en la toma de decisiones en la producción lechera?

PE4 ¿En qué medida el modelo cuantitativo estimará adecuadamente la dinámica e incertidumbre en la producción lechera en el Norte Chico del País?

PE5 ¿En qué sentido el modelo planteado logra generar mejores resultados frente a otros ya conocidos?

PE6 ¿Hasta qué punto los resultados obtenidos me dan un nivel de confianza para la toma de decisiones que permita elevar los índices de desarrollo social y empresarial de los ganaderos tanto a corto como a largo plazo?

1.3 DELIMITACION DE LOS OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar Un Modelo de Optimización bajo riesgo con Simulación para mejorar la Toma de Decisiones en la Industria Lechera del Norte Chico del País.

1.3.2. Objetivos Específicos

- OE1: Describir la situación de la industria lechera en el norte chico del país mediante la revisión de datos de la industria local para conocer su nivel de desarrollo.
- OE2: Identificar los métodos y parámetros usados por los ganaderos mediante la visita a los centros de producción para explicar cómo establecen la rentabilidad.
- OE3: Señalar las ventajas y desventajas del Modelo de Optimización Lineal con Riesgo en la toma de decisiones de la producción lechera mediante la revisión de bibliografía especializada para la selección de la herramienta adecuada.
- OE4: Generar un algoritmo de cálculo para estimar la dinámica de la producción lechera en el Norte Chico del País asumiendo el riesgo mediante simulación.
- OE5: Validar los resultados del algoritmo de cálculo desarrollado, mediante comparación estadística con sistemas reales para establecer su importancia frente a otros resultados ya conocidos.

OE6: Evaluar la posibilidad de tomar decisiones mediante la formulación de escenarios productivos de sistemas de producción lechera del Norte Chico del país para elevar los índices de desarrollo social y empresarial de los ganaderos tanto a corto como a largo plazo

1.4 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

1.4.1. Hipótesis General

El Modelo de Optimización Bajo Riesgo con Simulación es una herramienta de toma de decisiones que permite mejorar la producción en la Industria Lechera del Norte Chico del País.

1.4.2. Hipótesis Específicas

HE1: Se podría explicar la situación de la industria Lechera si se realiza una revisión adecuada y exhaustiva de la información existente para conocer su nivel de desarrollo.

HE2: La identificación de los métodos y parámetros utilizados por los ganaderos requeriría por parte del investigador su presencia en los centros de producción para establecer su mecanismo de logro de rentabilidad.

HE3: Las ventajas y desventajas del Modelo de Optimización Lineal con Riesgo en la toma de decisiones en la producción lechera se lograría mediante la revisión de bibliografía especializada para la selección de la herramienta adecuada.

HE4: La estimación adecuada de la dinámica de la producción lechera del Norte Chico del País, se lograría si en el marco de la optimización lineal con riesgo construimos un buen algoritmo matemático.

HE5: Los resultados de la validación del algoritmo de cálculo se lograrían mediante la comparación estadística con sistemas reales para establecer su importancia frente a otros resultados ya conocidos.

HE6: La toma de decisiones se enriquecería si se formula escenarios productivos de sistemas de producción lechera de vacas en confinamiento para elevar los índices de desarrollo social y empresarial de los ganaderos pequeños y medianos tanto a corto como a largo plazo.

1.5 JUSTIFICACION Y DELIMITACION DE LA INVESTIGACION

1.5.1. Importancia del Tema

- Es importante porque permite al asumir compromisos de producción y distribución, estos se cumplan adecuadamente, mejorando la imagen de la empresa y así ampliar sus mercados.
- Es importante también por el impacto de mejora constante que tendría en la estructura de costos y en el margen de utilidad de los ganaderos que redundaría en mejoras en las clases sociales más necesitadas y en los niños principalmente para los cuales este producto es insustituible.
- A partir del estudio se tomará conocimiento de los diferentes factores que intervienen en la producción lechera, para poder describir analíticamente su comportamiento y usar luego alguna herramienta de optimización.

1.5.2. Justificación

- La investigación debe servir de modelo de referencia para que las empresas que requieran financiamiento en el sistema bancario puedan determinar basado en los resultados del modelo su capacidad de endeudamiento.
- Esta investigación debe hacerse porque los métodos que se utilizan para la planificación de la producción lechera en la región Lima no son los suficientemente confiables. La optimización de sistemas para procesos estocásticos considera

el concurso de variables, considerando el grado de aleatoriedad, como el balance de energía metabolizable y proteína digestible.

- En este trabajo se describirá por primera vez la aplicación de la optimización de sistemas orientados a la producción de leche para ganado vacuno en confinamiento con riesgo.

1.5.3. Delimitación

- En la delimitación espacial, el problema se centra en la Ciudad de Huacho es la capital de la provincia de Huaura, la cual se encuentra ubicada en el Departamento de Lima en el Perú, al norte de la capital de la República (Lima) y de la conocida Punta Lachay en la costa del Pacífico - situada en el Kilómetro 148 de la carretera Panamericana norte. Huacho es la única capital de Provincia, con una Universidad Pública, la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, que actualmente cuenta con diversas facultades, destacando entre ellas su Facultad de Ingeniería Zootecnia quienes nos proporcionaron información sobre el particular
- En cuanto a la delimitación temporal, se plantea hacer el análisis entre enero 2006 y diciembre 2007.
- La delimitación social, está enfocado en la clase social media baja, estrato social B, C y D.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Hay tres razones principales para centrarse en el tema de la investigación agropecuaria: (i) la naturaleza de los problemas y consecuencias contemporáneas, (ii) la necesidad de conocer los sistemas de producción por un amplio rango de usuarios y (iii) la ineficiencia de los métodos tradicionales para proveer información a quienes la necesitan y cuando la necesitan (**Jones et al, 1997**).

Las primeras investigaciones enfatizaron el análisis de los negocios en granja. Antes de 1950, los economistas agrícolas habían desarrollado procedimientos contables y de producción económica en la escala de granja. Muchos de estos primeros trabajos implicaban un gran número de paquetes software de computación. Klein y Narayanan (1992) refieren que 122 paquetes software de análisis de granja fueron desarrollados en USA Y Canadá durante los '80. Estos paquetes fueron dirigidos a la contabilidad agrícola, manejo de

impuestos, análisis financiero y planificación de los negocios de la granja. Muchos de estos primeros trabajos fueron diseñados específicamente para el uso de granjeros, los que estaban obligados a usar ampliamente la computadora para las aplicaciones.

Sin embargo, entre los años 1950 y 1960 y en adelante, la investigación en USA enfatizó el cambio de la simulación hacia el uso de programación lineal (PL) como herramienta de análisis para describir los diferentes componentes de la finca (Jones *et al*, 1997). Con esta herramienta, los economistas analizaron el crecimiento de la granja como respuesta a políticas, minimización de costos (fuentes mínimas de requerimientos para un ingreso específico de la granja) asumiendo la maximización de la rentabilidad. Los economistas extendieron el simple período de PL a la cobertura de la planificación múltiple anual para un análisis más real.

Los procedimientos de programación matemática fueron también desarrollados y aplicados para condiciones de riesgo e incertidumbre. Aunque desde los años 70 los modelos macroeconómicos empezaron a ganar mayor importancia, más esfuerzos fueron dirigidos hacia el análisis de toda la granja. Los macro modelos no permitieron comprender adecuadamente los posibles efectos de la macro política y condiciones del mercado sobre granjeros individuales. Así la PL fue introducida en modelos multi-años y modelos estocásticos de simulación de granja. Estos y otros modelos tales como los componentes de una granja, y la secuencia de decisiones para imitar

el progreso de la granja sobre múltiples períodos de tiempo con más realismo. Jones *et al* (1997) sugirieron que una mayor complementación de esfuerzos podrá modelar a niveles de macro y micro en la granja y recomendar una aproximación más profunda para modelar sistemas de granja. Nelson (1983) señala que la mayor limitación de los modelos de granja es la falta de datos. Él recomendó mayores esfuerzos para desarrollar e integrar los datos para el análisis de la granja. Desgraciadamente, ha habido muy poco progreso con respecto a este objetivo. De alguna manera, esto no es una sorpresa porque, muchos modelos y técnicas de análisis disponibles, tienen cada uno requerimientos de datos diferentes.

Lee *et al* (1995) utilizó un modelo de granja para ayudar a comprender el comportamiento de granjeros de subsistencia en "Wester" Samoa luego que los esfuerzos gubernamentales por estimular la producción de productos de exportación tuvieran un éxito limitado. Los modelos de optimización vienen siendo usados para el estudio del riesgo económico debido a la sequía en tierras dedicadas a la agricultura y ganadería.

Debido a la preocupación en la sostenibilidad de los recursos naturales y el medio ambiente, algunos recientes estudios han considerado con frecuencia los efectos en el medio ambiente y en la economía, en un marco de trabajo de

programación con objetivos múltiples. Por ejemplo, Fraisse *et al.* (1995) desarrollaron un modelo genérico de granja para estudiar los efectos del manejo de una granja de leche sobre la carga de nutrientes en el agua superficial y del subsuelo.

Los modelos de granja en calidad ambiental se han centrado más en rentabilidad y polución. Por ejemplo, Berentsen y Giesen (1995) usaron la PL para estudiar la incorporación de un tributo sobre las pérdidas de nitrógeno en granjas de leche. De Koeijer *et al.* (1995) también combinaron los efectos económicos y ambientales en un modelo, para estudiar granjas mixtas (agricultura y ganadería). Este trabajo usa la simulación biofísica para derivar coeficientes de entrada y salida que son luego usados en la programación matemática del modelo.

Ejemplos de lo anterior se exponen en Jones *et al.* (1994), quienes mencionan aproximaciones provenientes del estudio de cultivos viables en la recuperación de tierras de cultivo en la sabana de Brasil, y Herrero *et al.* (1995), quien integró un simulador de ganado con modelos de programación de criterio múltiple para encontrar estrategias de manejo del pastoreo en Costa Rica. Los ejemplos de cada uno de estos tipos de modelos de granja son más numerosos para productos agrícolas, que para ganado.

Sobre la base de la investigación realizada hasta hoy, León-Velarde y Quiroz, 1994 consignan algunas generalizaciones sobre los modelos de simulación, haciendo la salvedad de las posibles excepciones:

- i.) El principal propósito de los más recientes estudios ha sido mejorar la comprensión del sistema de granja con respecto a la política, tecnología, restricciones, requerimientos, crecimiento potencial de la granja y más recientemente, el impacto ambiental de las actividades de la granja.
- ii.) Los granjeros generalmente no han sido involucrados en el desarrollo y uso del modelo, excepto tal vez para proveer información a través de encuestas.
- iii.) Hay usualmente un nuevo modelo para cada estudio, admitiendo el potencial de uso del modelo similar para diferentes granjas o diferentes tipos de análisis. Existen excepciones como el modelo GIDM (Generic Interactive Dairy Model), FSS (Farming System Simulator) y el modelo de granja de ovinos de Cacho *et al.* (1995) que enfatizan las interacciones biofísicas en vez de las económicas en la granja.
- iv.) Muchos de los modelos de granja han sido desarrollados con un perjuicio económico y consideraciones limitantes de los componentes biofísicos.

Muchos de estos estudios de granja han dependido de datos históricos o encuestas que proveen respuestas estimadas de producción. Pocos esfuerzos se han dado para unir los modelos biofísicos de producción agrícola y animal con las consideraciones económicas y de medio ambiente en el ámbito de toda la granja, aunque esto fue sugerido en el pasado. Una excepción es el trabajo de Edwards - Jones y MacGregor (1994), ellos elaboraron modelos acerca de simulación de cultivos; modelaron también sobre decisiones diarias utilizando un conjunto de reglas y datos socioeconómicos; sin embargo sus modelos como muchos otros tienen problemas de prueba escasamente afrontados por los investigadores (Jones *et al*, 1997)

2.1.1. Aplicación de Modelos en Lechería

Beltrán et al (APPA 1998), usaron un modelo de simulación en Microsoft Visual Basic, versión 4. Para predecir el comportamiento productivo de vacas lecheras en confinamiento con dietas de diferente calidad proteica. Consideraron dos tipos de variables, endógenas y exógenas. Las variables endógenas fueron el consumo de materia seca, energía y proteína (haciendo correcciones por inapetencia post-parto y por temperatura ambiental); cambio de peso, potencial de producción de leche, requerimientos de energía y proteína para

mantenimiento, producción de leche, gestación, cambio de peso y reciclaje de nitrógeno. Las variables exógenas fueron la composición de la ración, peso inicial, día de inicio de la simulación, producción potencial por lactancia, mes del pico de producción, edad de la vaca, condición corporal y número de parto.

Al realizar la validación comparando los resultados con series estadísticas encontraron que el modelo es capaz de calcular los requerimientos de aminoácidos para mantenimiento, producción de leche y el suministro de aminoácidos esenciales en las dietas de vacas lecheras para determinar la producción de leche por nutriente limitante. Fue posible predecir la producción de leche y el consumo voluntario de materia seca lo que finalmente mostró resultados razonables en la validación al integrar todos los conceptos involucrados en el modelo. Concluyeron que las variables de ingreso y la base de datos del modelo brindan flexibilidad para realizar análisis en diferentes situaciones lo que permite usarlo como una herramienta de apoyo a las labores de alimentación de vacas altas productoras.

Reátegui et al (APPA 1998), evaluaron a través de un modelo de simulación la respuesta productiva y económica de sistemas semi-intensivos de producción de leche a niveles decrecientes de suplementación con concentrados. El experimento se realizó

con datos de una unidad agropecuaria de la región metropolitana de Santiago de Chile. Fijaron el potencial de producción de leche en 7500 litros por vaca. Realizaron la simulación por 365 días. Definieron un pastoreo en praderas de alfalfa, avena forrajera y maíz suplementando toda la lactancia con diferentes niveles de concentrado y según tercio de lactancia. Para comparar las diferentes opciones de suplementación consideraron factores económicos como márgenes brutos por litro de leche, costos operativos, costos de alimentación, sanidad, mano de obra y finalmente, la utilidad expresada como la diferencia entre los ingresos y los costos totales.

Sus resultados mostraron incrementos en la producción de leche a mayores niveles de suplementación. De la misma manera los indicadores económicos mostraron incrementos positivos a mayor suplementación principalmente por la mayor producción de leche y a pesar de tener mayores costos de alimentación y que el ingreso medio se mantuvo relativamente constante. Concluyeron que el modelo predice bien la respuesta productiva y económica frente a cambios en los niveles de suplementación, por lo que puede utilizarse como herramienta en la toma de decisiones.

Reátegui et al (APPA 1998), usaron un modelo de simulación dinámico para analizar la gestión estratégica de sistemas semi-

intensivos de producción de leche. El periodo máximo de análisis es de un año. Utilizaron el lenguaje de programación Visual Basic versión 4.0 interactuando con Microsoft Excel versión 7.0 El análisis subdivide el sistema en subsistemas que representan etapas del ciclo productivo para determinar el aporte de cada etapa al sistema global. Consideraron tres rutinas: producción de forrajes, producción de leche y crianza de terneras. Los componentes principales fueron el consumo de materia seca por categorías, partición de la energía, producción de leche por proteína y por energía, pastoreo por granja diaria, etc.

Realizaron una validación por comparación de medias con la prueba t de Student entre datos experimentales y los estimados por el modelo; determinando que los valores son estadísticamente iguales a un 95% de confianza. Concluyeron que el modelo identifica las tendencias productivas ante distintas alternativas y permite evaluar el efecto económico a través del efecto físico que estas estrategias pudieran tener sobre el sistema utilizado.

Boichard 1990, usó simulación dinámica para determinar el valor económico de la fertilidad en vacunos de leche analizando la eficiencia a través de tasas promedio de concepción en términos del flujo de caja futuro esperado de una vaca.

Boneschansher et al 1982, usaron un modelo determinista para

analizar el costo y beneficio con respecto al intervalo entre partos y del diagnóstico de preñez en vacas lecheras.

Brockington et al 1986, a través de simulación computarizada evaluaron un modelo bio-económico para empresas de pequeños ganaderos lecheros en el sudeste de Brasil. Simularon los efectos a corto plazo de las decisiones de manejo en las estrategias de alimentación y a largo plazo las políticas de manejo para el crecimiento del hato.

Bywater y Dent 1976, también por simulación computarizada simularon el consumo de nutrientes de una vaca para predecir el rendimiento de leche en cualquier período de tiempo real, con los límites impuestos por los factores biológicos y bioquímicos del consumo de alimento de las vacas. El modelo enfatizó los procesos biológicos y sus requerimientos.

Butterwort y Menitt, 1983 a través de un modelo algebraico y determinista, proyectaron la composición del hato como base para el análisis de la productividad. El modelo emplea una calculadora programable con ecuaciones algebraicas para estimar el tamaño del hato bajo diferentes condiciones de manejo.

Congleton, 1984 por simulación dinámica analizó estrategias del manejo lechero. El modelo enfatizó aspectos reproductivos y enfermedades que afectan el rendimiento de las vacas en el hato.

Conlin et al, 1989 usaron un modelo determinista para estimar los efectos económicos relativos en el nivel de producción de la empresa y las prácticas de administración del negocio en hatos lecheros.

France et al, 1982 estimaron; con un modelo determinista, la producción de leche y los ingresos por su venta y el requerimiento de concentrado para ganado lechero. Concluyendo que podía usarse el modelo para servicios de consejo o y consulta en establos.

Gartner. 1982 a través de simulación computarizada evaluó cuantitativamente los efectos de diferentes tasas de reemplazo en la mejora de hatos lecheros. En 1982, el modelo fue usado para determinar la competencia entre vaquillas y vacas por pasto.

Goodall y McMurray, 1984 con un modelo matemático basado en los requerimientos de energía de la vaca lechera y la curva de lactación, examinaron el efecto sobre el retorno neto de diferentes sistemas de manejo nutricional.

Hulme et al.1986 con simulación determinista crearon un modelo bio-matemático de una vaca en lactación denominado CAMDAIRY. Incluyeron un modelo econométrico en programación lineal para formular raciones alimenticias. Así mismo, el programa predice la producción de leche dando las características de la vaca, consumo y composición del

alimento.

Kahn y Spedding, 1983 con simulación dinámica generaron un modelo que describe y predice la producción en ganado lechero. Se basa en el flujo de energía de fuentes vegetales a productos animales en un animal o unidad vaca-ternero.

Kristensen, 1986 con simulación computarizada creó un modelo para ser usado como la parte biológica de un método de reemplazo. Fue usado para describir el rendimiento individual de una vaca en un hato.

Miller et al, 1978 con programación lineal determinaron la política de manejo del plan anual en un rancho típico en el sur de Colorado (USA). El modelo consideró el nivel de cada actividad (tamaño del hato de vacas, tamaño anual del hato y área de pradera que va a ser cosechada para heno) los resultados en máximo retorno neto para el rancho están sujetos a la limitación de tierra, mano de obra y capital.

Oltenu et al, 1980 con simulación dinámica simularon el proceso reproductivo en un hato de ganado lechero. Enfatizó 4 eventos., parto, ovulación, muerte embrionaria y reemplazos. También incluyó la política en relación al manejo, descartes por reproducción, detección de celo y un programa de selección de machos. El modelo fue evaluado contra resultados experimentales independientes encontrando sus resultados semejantes al promedio y varianza del rendimiento reproductivo

del hato lechero.

Oltenu et al 1981, con simulación dinámica, generaron un modelo para examinar los aspectos económicos de diferentes métodos de detección de celo con diferentes tasas de concepción. Enfatizaron en aspectos reproductivos en forma estocástica incluyendo el consumo de alimento y producción de leche para hacer posible el análisis económico del proceso reproductivo.

Olney y Kirk, 1989 con programación lineal presentaron estrategias de manejo para maximizar ingresos en establos lecheros. El modelo puede ser adaptado para diferentes regiones.

Rotz et al, 1989 con un modelo determinista evaluaron técnicas y estrategias de manejo de sistemas lecheros al pastoreo, incluyendo interrelaciones entre producción de cultivo, cosecha, almacenamiento y utilización por el ganado lechero.

Rounsaville et al, 1979 a través de simulación dinámica modelaron un hato lechero por simulación de eventos reproductivos de cada vaca del hato en el tiempo (días). El modelo enfatizó procesos reproductivos en hatos lecheros para medir los efectos cuantitativos de los cambios en la tasa de detección de celo, tasa de concepción y rendimiento reproductivo. El modelo fue insuficiente para determinar las estrategias óptimas de manejo reproductivo.

Rozzi et al, 1984 con determinación estática y programación lineal simularon un establo lechero comercial para maximizar el margen total (ganancias) de acuerdo a los recursos limitantes del establo.

Stewart et al, 1977 a través de programación examinaron diferentes alternativas de reemplazo de vacas en un hato lechero. La implementación práctica estuvo impedida por la falta de información adecuada con respecto a muchos de los componentes biológicos y económicos.

Stonehouse, 1972 usó programación lineal para ayudar a ganaderos lecheros de Ontario, Canadá. Este considera el plan para un año, el número de vacas a ser acomodadas, la producción promedio de leche, los tipos y edades de cultivos para producir leche, la regulación de las operaciones de campo para la producción del cultivo y la regulación del programa de alimentación.

Van Arendonk, 1985 con programación dinámica estimó el curso del rendimiento, ingresos y costos de vacas con diferentes niveles de producción de leche y de número de días vacíos. Se usó en determinar la óptima política de reemplazo.

Zegarra et al 1999, desarrollaron un modelo de simulación dinámica y probabilística, el cual predice el comportamiento productivo de vacas lecheras al pastoreo en la costa de Arequipa. El modelo considera la disponibilidad de pastos y la

tasa de digestibilidad y carga animal. Se establecieron dos escenarios productivos representativos de la región. Primero, 4000 Kg. de producción de leche por lactancia y segundo, 6000 Kg de leche por lactancia. El promedio de la carga animal usado fue 1.5 unidades animales por hectárea. Sobre una base similar; un algoritmo describió la variación de peso vivo durante el período de lactancia considerando la movilización del tejido de reserva del cuerpo. El modelo puede predecir diferentes escenarios productivos con precisión para vacas lecheras al pastoreo.

Una de las primeras aproximaciones desarrolladas para evaluar el impacto del riesgo fue realizada por Markowitz (1952), la cual consiste en seleccionar de un conjunto posible de "portafolios", con un monto dado de capital, sólo a los eficientes. Este criterio se denomina de Ingreso Esperado - Varianza (E - V) y define un plan como "eficiente" cuando para cada valor de E, se logra la menor varianza de ingresos asociada; considerando que esta última representa adecuadamente el riesgo para productores con curva de utilidad cuadrática o bien que la distribución de los retornos sea normal.

La dificultad en la aplicación de este criterio llevó a Hazell (1971) a modificar el criterio de Markowitz (1952) para introducirlo en un modelo de programación lineal, llamado MOTAD; este modelo presenta como modificación al modelo E-

V que reemplaza a la varianza por los desvíos absolutos medios como medida de riesgo. Este modelo es ampliamente difundido en los análisis económicos de la empresa agropecuaria (Tesfaye y Richard 1979; Arias 1994; Ceyhan y Cinemre 2004; Pena de Ladaga 1991b y 1993; Iorio y Mosciaro 2003); sin embargo, es cuestionado por el hecho de que el empresario no minimiza desviaciones alrededor de la media, sino que minimiza desviaciones por debajo de un nivel crítico de ingresos (Galletto et al 1996). Lacelli y Polcan (1994) planificaron una empresa agropecuaria considerando el riesgo bajo tres enfoques: MOTAD, Focus Loss y Target Motad; respecto al primero de ellos señalan que cuando se le exigen valores relativamente bajos de riesgo tiende a seleccionar combinaciones sin coherencia técnica, ya que son retenidas actividades que bajan el ingreso total con la finalidad de cumplimentar con el valor parametrizado.

A partir de los cuestionamientos al modelo MOTAD, se desarrolló como alternativa evaluar el riesgo a partir de los retornos negativos en relación a un nivel de ingreso que puede ser fijo o variable (Mao citado por Galletto 1992). El cambio en el criterio de evaluación del riesgo dio origen al modelo target-semivariancia o Target-Motad, propuesto por Tauer (1983); este cuantifica al riesgo como la sumatoria de los desvíos negativos de los resultados alcanzados desde un nivel de

ingreso fijo (Watts, Held, y Helmers 1984). Este modelo fue utilizado en la planificación de empresas por diversos autores (Machado et al 2005; Parton y Cumming 1990; Valderrama y Engle 2002).

Boussard y Petit (1967) asumen que los empresarios agropecuarios deciden, entre varias alternativas posibles, aquella que maximice sus beneficios esperados con tal de que la posibilidad de ruina sea tan pequeña que pueda ser descuidada; teniendo un orden lexicográfico de preferencias. La importancia de este criterio es que concentra la atención en el riesgo en lugar del beneficio posible, adecuándose mejor a aquellas personas cuya actitud es contraria al riesgo. De acuerdo a la actitud hacia el riesgo desarrollada, existe el denominado criterio lexicográfico o de restricciones probabilísticas, alternativo al de mediavariancia, que tiene tres variantes principales, introducidas en la literatura por Roy (1952), Kataoka (1963) y Tesler (1955).

Roy (1952) basa su propuesta en el supuesto de que un inversor prefiriere obtener seguridad primero en sus ingresos, estableciendo un mínimo aceptable al que llamó nivel de desastre; desarrolló esta propuesta debido a que él no creía que la función de utilidad pudiera ser obtenida para un inversor (Nawrocki 1999). La técnica propuesta por Roy establece que un individuo preferirá las alternativas que minimicen las

posibilidades de lograr ingresos inferiores al nivel de desastre. Upadhyay y Young (2005) utilizan esta metodología para realizar un ranking de las estrategias conservacionistas que pueden realizar aquellos productores que asumen una actitud de seguridad primero ante el riesgo y luego maximizan beneficios.

El criterio de Kataoka fue introducido por el mismo autor en 1963, mediante el cual se fija una probabilidad para el objetivo y se determina el mayor nivel que pueda alcanzar la función objetivo con al menos esa probabilidad (Caballero et al 1997). Esta metodología es utilizada, entre otras aplicaciones, en la evaluación del riesgo financiero por Huang y Tsu-Tan (2001) para estudiar el comportamiento contrario al riesgo y las prácticas safety-first del gerenciamiento de bancos y su performance bajo incertidumbre en Taiwán.

Tesler (1955) propone que el decisor actúa maximizando el ingreso medio esperado, pero con la restricción de que la probabilidad del ingreso sea inferior a un nivel de desastre establecido por el decisor. Las primeras aplicaciones del criterio de Tesler en la programación lineal utilizaron la desigualdad de Chebyshev (Kennedy y Francisco 1974); sin embargo, fue a partir del trabajo de Atwood (1985) donde se presenta una desigualdad probabilística que utiliza el

llamado "momento parcial inferior", generando soluciones menos conservadoras y mejorando así sustancialmente su uso. Entre sus aplicaciones se lo utiliza en análisis del riesgo financiero de la empresa agropecuaria, considerando que la actitud de los productores manifiesta aversión al riesgo (Atwood, Watts, Helmers 1988; Tesler 1955; Engels 2004), y en el impacto de variables como precios (mercados) y rendimientos (clima) (Galletto 1989 y 1992; Galletto et al 1996; Helmers, Yamoah, y Varvel 2001).

La proyección de nuevos escenarios, incorporando en el análisis el riesgo, demanda información para determinar la variabilidad de los precios y rendimientos; para tal fin se pueden utilizar series históricas o generar series sintéticas. Las series históricas como fuente de variabilidad no representan con exactitud a las variables bajo estudio (ej: precio y rendimiento). La evolución en los rendimientos, el impacto de factores socioeconómicos, y la variabilidad de los mercados hacen que los parámetros de series de más de 10 años no representen a la situación actual y a la futura esperada. Como respuesta a este problema surgen otros enfoques para identificar la variabilidad de variables críticas (Galletto *et al*, 1996); uno de ellos es la construcción de series artificiales a través del método Montecarlo. Esta metodología fue usada por Parton y Cumming (1990) y

Upadhyay y Young (2005) para construir las series que aplicadas a un modelo permitan evaluar el riesgo financiero en la empresa agropecuaria; Galetto, *et al* (1996) la utilizó para evaluar la competitividad entre el tambo y la agricultura en una empresa agropecuaria, en donde incorporó el riesgo a través de los rendimientos y los precios de los productos.

2.2 MARCO TEÓRICO

Los Modelos de Optimización como Herramientas de Apoyo a la Toma de Decisiones.

Desde su origen, el ser humano se ha valido de objetos externos para mejorar su calidad de vida. A dichos objetos se los llamó herramientas, las cuales han evolucionado junto con la evolución del ser humano. Cada época ha traído un conjunto de nuevas herramientas, de complejidad creciente, pero que mantienen su condición de instrumentos para mejorar la condición de vida. Se trata en realidad de un conjunto relacionado y articulado de instrumentos, agrupados con diferentes nombres que incluyen títulos tales como sistemas de apoyo a la toma de decisiones (SATD) o sistemas de gestión. Estos términos identifican un enfoque integrado para la resolución de un problema tan antiguo como lo es la existencia del ser humano: como tomar mejores decisiones con un menor riesgo (Stuth y Smith, 1993).

Los SATD incluyen metodologías tan diversas como modelos

computacionales, sistemas expertos, sistemas de información geográfica, grupos de discusión, investigación participativa, y procesos estructurados de razonamiento. A su vez, pueden ser usados por individuos o para asistir a grupos de tomadores de decisiones en sus deliberaciones, pero en esencia, su objetivo es suministrar información más estructurada, con mayor objetividad y eficiencia en apoyo a dicha toma de decisiones (Stuth y Smith, 1993; Vera y Morales, 2001).

El suministro de información sistematizada a diferentes niveles de agregación o escalas facilita el desarrollo del pensamiento holístico (Meadows, 1991; Scholtes, 1998). La evaluación de estrategias de gestión en sistemas ecológicos y de agro ecosistemas es notoriamente compleja debido al largo tiempo transcurrido entre la toma de decisiones y la observación de la respuesta, particularmente si en el intermedio se han tomado decisiones adicionales. Las mismas causas hacen extremadamente difícil anticipar o prever las consecuencias de decisiones de gestión implementadas en el presente en una dimensión espacial y temporal de mediano a largo plazo. En situaciones similares, la investigación sobre toma de decisiones ha evidenciado que dicho proceso está expuesto a sesgos y malas interpretaciones, en parte por la alta variabilidad, largo tiempo transcurrido y porque las relaciones causa-efecto no son simples de cuantificar y desagregar (Einhorn, 1980; Hogarth and Makridakis, 1981, citados por NRC, 1997; Meadows, 1991). En estas situaciones, los

SATD pueden ser herramientas importantes para la toma de decisiones informadas y no sesgadas, ya que permiten analizar varios y complejos escenarios alternativos (Stuth y Lyons, 1993).

Los procesos de globalización y modernización requieren una creciente articulación de la ciencia y tecnología con los demás sectores involucrados en el proceso de desarrollo (Solbrig y Vera, 1996).

Dicha acción tendrá efectos significativos en la evolución de los sistemas silvoagropecuarios y de las instituciones que lo sirven. En este contexto, es evidente entonces que la gestión de esos tipos de sistemas pecuarios es cada vez más "ciencia" y "técnica", y algo menos de "arte". Si esta interpretación fuera correcta, se infiere que la capacitación y desarrollo del capital humano y el suministro de herramientas de apoyo a la gestión adquieren una creciente importancia.

La investigación agraria, siguiendo la trayectoria del resto de disciplinas científicas ha evolucionado históricamente hacia un conocimiento cada vez más profundo de los fenómenos, considerados estos aisladamente, intentando comprender el funcionamiento de los procesos globales a partir de sus partes integrantes. Esta forma de pensamiento científico se ha desarrollado en función de los criterios de reduccionismo y mecanicismo (Dillon, 1976), que implicaban, por un lado, la reducción de los fenómenos a sus partes como entidades más básicas y el análisis independiente de ellas para explicar su comportamiento. De esta manera, tradicionalmente se ha abordado el estudio de los procesos de manera cerrada, generalmente en

condiciones experimentales en las que se pretendía evitar interacciones con el ambiente. Esto ha conducido a un incremento en la profundidad del conocimiento, pero a una pérdida de amplitud y perspectiva, de manera que se ha producido un distanciamiento cada vez mayor de los problemas del mundo real (Dillon,1976).

La teoría sistémica, como expresión del concepto de expansionismo pretende el conocimiento de la estructura funcional de las partes desde una aproximación al conocimiento del funcionamiento del todo (Dillon,1976). Un sistema no puede ser estudiado considerando sus componentes aislados porque son las interrelaciones e interacciones entre dos componentes las que definen la integridad de su organización e identidad (Von Bertalanffy,1976).

Se entiende por modelo algo que representa una cosa, por lo tanto representa un objeto, concepto u sistema. Aguilar (1997) recopila algunas definiciones de modelos de simulación:

- a) Proceso de diseñar un modelo de un sistema y conducir experimentos con el propósito de entender el comportamiento del sistema, y evaluar varias estrategias (dentro de los límites propuestos) para la operación del sistema.
- b) Técnica que enseña a construir el modelo de una situación, apoyada con la realización de experimentos con el modelo.

Variadas son las denominaciones existentes dentro de los modelos, entre ellas están los modelos mecánicos que describen los

mecanismos subyacentes que interactúan para representar el comportamiento de un sistema complejo, que facilita el traslado del modelo a diferentes ambientes, por su parte los modelos empíricos son los que generan resultados a partir de datos obtenidos mediante observación. Se clasifica a un modelo como determinístico cuando las variables matemáticas del modelo, cuyos valores se determinan con certeza absoluta, son suficientes para representar el funcionamiento del sistema. Los modelos estocásticos permiten introducir elementos de incertidumbre en el comportamiento del sistema a través de la consideración de distribuciones de probabilidad adecuadas.

El modelo dinámico es el que incorpora el tiempo como variable, lo cual presupone que debe estar relacionada con otras variables y por ende, estas varían en función del tiempo. Por otro lado, un modelo será estático si los valores de sus variables, contrariamente al anterior, no cambian con el tiempo.

Otra clasificación de los modelos, postulada por Aguilar (1997), divide a los modelos en dos grandes grupos, isomórficos y homomórficos, denotando así el grado de semejanza y uniformidad del modelo con el objeto o cosa que representa. Se denomina isomórfico, cuando es idéntico o muy parecido a lo que representa y cumple en líneas generales dos propiedades, la existencia de una correspondencia uno a uno entre los componentes del modelo y los componentes de lo que representa y el modelo, además de contener

todas las relaciones entre componentes de la cosa que representa, preserva la proporcionalidad o calidad de ellas. Por otro lado, un modelo es clasificado como homomórfico cuando solamente se asemeja con lo que representa, ya que homologa, equipara y establece una relación de igualdad o semejanza con lo que representa cumpliendo una sola propiedad, su funcionamiento global o producto debe ser igual al del objeto o cosa que representa, por lo tanto siempre tienen algún grado de abstracción, que caracteriza en el primer grupo a los modelos físicos y a escala y en el segundo grupo a los modelos análogos, de educación, de simulación y los matemáticos.

Los modelos matemáticos predicen un resultado dado un estado de situación. Por lo general, los modelos de simulación integran el tiempo en su funcionamiento, alterando el valor de las variables en un momento dado de acuerdo a su propio estado o el de variables correlacionadas en períodos anteriores (Baldwin, 1995).

La aplicación del modelo surge desde el momento que permite una mejor comprensión del sistema, para estudiar la posibilidad de modificarlo y mejorarlo a partir de la identificación de los puntos más sensibles. Bernues *et al.*, (1995) enunciaron las ventajas de los modelos de simulación:

- a) Permite el estudio de sistemas en situaciones en las que la experimentación real sería imposible o muy costosa en recursos humanos y materiales.
- b) Permite el estudio de efectos a largo plazo, ya que el horizonte

temporal es fijado por el investigador o usuario.

- c) Permite incorporar los elementos de incertidumbre inherentes a cualquier sistema biológico.
- d) Son capaces de trabajar con un amplio rango de variables que pueden ser modificadas simultáneamente.
- e) Generan gran cantidad de resultados con escaso consumo de tiempo.
- f) Entregan antecedentes para priorizar líneas de investigación para evaluar soluciones a problemas detectados.

Estas características determinan que los modelos de simulación constituyan una herramienta adecuada en la evaluación técnica y económica de posibles estrategias de gestión y pueden constituir un valioso apoyo en los procesos de toma de decisiones.

Del mismo modo, a nivel de predio, existe una creciente discusión e investigación en la búsqueda de sistemas de producción agrícolas sustentables, que sean capaces de mantener a través del tiempo niveles aceptables de productividad biológica y económica, preservando el ambiente y los recursos naturales. Algunos trabajos de investigación han incorporado elementos de sustentabilidad a nivel de predio, utilizando modelos de simulación donde es posible monitorear el comportamiento de algunos indicadores a través del tiempo (Barrera y Aguilar, 1996; Aguilar y Barrera, 1997; Brito *et al.*, 1998). Los sistemas agropecuarios son ecosistemas modificados por el hombre para satisfacer necesidades socioeconómicas. La

concepción implícita de la tierra y agua como factores de producción infinitos y renovables, además de ser sustituibles por tecnología ha sido una de las fuerzas motrices del desarrollo agrícola no sustentable (Viglizzo *et al.*, 1992).

2.2.1. Modelación en Agricultura y Ganadería

La modelación, es una metodología para resolver problemas, mediante la cual, un investigador construye un modelo que representa un objeto o sistema real. Siendo una metodología, al aplicarla se debe hacer una equiparación entre el marco teórico que aporta la metodología y la estructura del problema a resolver.

La teoría general de sistemas es la proveedora del marco teórico de la metodología. Ésta es una disciplina ubicada dentro del marco lógico matemático y plantea la existencia de modelos, principios y leyes aplicables a sistemas generalizados o subsistemas, así como también a atributos de los componentes y a las relaciones que existen entre ellos. La teoría de sistemas pretende describir el funcionamiento y la estructura de las partes desde la perspectiva del conocimiento funcional del sistema completo, ya que éste no puede ser analizado por sus componentes individualmente, al ser las relaciones entre ellos las que definen al sistema como tal.

Desde el punto de vista agropecuario, el enfoque de sistemas está dado por un análisis conceptual de la situación y todos los problemas inherentes a la generación de tecnología para ésta. Para entenderlo mejor, existen cuatro condiciones esenciales que lo definen: una unidad de análisis u objeto de estudio, un marco conceptual de análisis, una metodología de estudio y un objetivo de estudio.

En el caso del sector agropecuario, la unidad de análisis, es el sistema de predio o la zona agroecológica donde éste sistema de predio se encuentre inserto; el marco conceptual de análisis globaliza el estudio de la situación, así mismo, considera en conjunto al objeto de estudio con todo su entorno; la metodología de estudio debe ser la adecuada para obtener buenos resultados y por último, el objetivo de estudio, se resume en tres premisas: aumento de la productividad, mejoramiento del bienestar de los productores y la sociedad y la promoción de la sustentabilidad de los sistemas de uso de la tierra (Aguilar *et al.*, 1999).

Los modelos de simulación, constituyen una herramienta de análisis en el proceso de investigación, que con el enfoque de análisis de sistemas, permite analizar cuantitativamente los conocimientos disponibles, identificar áreas críticas que requieren una mayor investigación y la identificación de variables a las que el sistema es más sensible, para plantear

y evaluar diferentes alternativas de gestión (Baldwin, 1995).

Al considerar la complejidad y las características que presentan los sistemas agropecuarios, el uso de la modelación se vislumbra como una gran alternativa en la agricultura, ya que utilizando adecuadamente la metodología de modelos y los principios generales, se puede diseñar una herramienta de experimentación y predicción que permita efectivamente estudiar y entregar antecedentes para resolver los problemas agrícolas, constituyéndose en una valiosa herramienta de gestión en los sistemas agropecuarios.

La utilidad de los modelos de simulación en producción animal se resume en:

- a) Se utilizan en todas las fases de una operación ganadera para evaluar opciones de producción.
- b) Sirve como una técnica para mejorar la planificación permitiendo a los productores y científicos evitar la implementación de técnicas y esquemas de manejo que puedan provocar una respuesta bioeconómica negativa.
- c) El uso de ordenadores computacionales permiten evaluar un mayor número de opciones de producción en períodos cortos, lo cual sería imposible realizar con la experimentación física con animales o seres vivos.
- d) En el caso del manejo del ganado, pueden ser el apoyo en la formulación de planes de manejo y desarrollo para una

empresa ganadera, señalando tres funciones definidas: cuantificar requerimientos y limitaciones nutricionales, investigar los efectos ex ante de nuevas opciones tecnológicas y definir la pauta para la obtención futura de datos que no eran considerados, así como detectar los puntos débiles de un nuevo sistema de producción.

e) Permite definir nuevas áreas de investigación, confirmar algunos resultados de otros experimentos y usar algunos datos para orientar la transferencia tecnológica.

f) Provee información aplicable y confiable del sistema pecuario, a modelos de toma de decisión. Dado que con este tipo de modelos es posible hacer inferencias que cuantifican diferentes alternativas de manejo, se logra como resultado valores que se requieren para otro modelo de decisión con el objetivo de optimizar el sistema, antes de confrontar las alternativas con las posibilidades de un sistema real.

Como todo sistema productivo, el sistema ganadero, presenta distintas fases, en cada una de las cuales le es necesario al productor tomar decisiones inherentes a la productividad de su sistema, que luego redundan en la rentabilidad del mismo, por lo tanto, tomando los modelos de simulación como herramienta de decisión estratégica, es posible la visualización de la situación del mercado en el momento necesario, logrando así ventajas comparativas que podrían afectar positivamente la

rentabilidad del sistema.

2.2.2. El Proceso ó Sistema Biológico

Cuando se considera un proceso biológico, aunque a primera vista este aparezca como sencillo, la mayoría de ellos son bastante complejos si se precisa analizar su funcionamiento. Para facilitar el análisis será preciso aportar un mínimo de descripciones específica. Por ejemplo, si se calcula la eficiencia para convertir el alimento en leche que caracteriza al comportamiento de una vaca, es necesario especificar el tipo de vaca (raza, edad, partos, etapa de lactación, manejo, etc.) y el tipo de alimento (digestibilidad, contenido de energía, materia seca, porcentaje de proteínas).

A pesar de que el uso de los depósitos de grasa corporal de una vaca podría ser de mucha importancia en ciertas etapas de la lactación, ellos son difíciles de medir. Debido a esta restricción ellos podrían ser omitidos en el análisis de eficiencia del uso de alimentos, lo cual falsearía la estimación del indicador de eficiencia. No obstante, si el utilizador conoce que existen limitaciones como estas, esto le permitirá evaluar la utilidad de este indicador para el uso específico, en su caso particular ya que si bien este indicador presenta deficiencias de precisión, probablemente sea mejor usar una herramienta

cuyas limitaciones conocemos, que aceptar ignorar toda estimación de la eficiencia del proceso.

2.2.3. El Medio Ambiente

Si bien todo sistema funciona dentro de un medio ambiente que lo engloba, no es factible el incluir todos los factores del ambiente que en alguna forma intervengan en su funcionamiento. Por ejemplo, al estudiar sistemas pecuarios se parte del supuesto que el oxígeno atmosférico se encuentra en cantidad suficiente para funcionar normalmente; si no se le incluye como un factor dentro del análisis, esto no implica que tenga poca importancia sino simplemente que el oxígeno no es un factor limitante.

Al igual modo, la topografía, temperatura, la radiación solar, etc., pueden ser tomadas como "adecuadas", sin embargo, en ciertas situaciones es necesario especificar claramente las características del ambiente o el contorno donde se calcula la eficiencia.

2.2.4. Período de Tiempo

La eficiencia puede ser calculada en cualquier período (día, semana, mes, año, lactación, ciclo biológico, etc.). El indicador de eficiencia es específico para el período usado en calcularla.

Al considerar el período durante el cual se relacionan los valores de ingresos y egresos para calcular un indicador de eficiencia, se debe tomar en cuenta no sólo la cantidad de tiempo (días, años, etc.) sino también la "calidad" del tiempo. Esto es particularmente importante en la eficiencia asociada a las actividades agropecuarias, debido a las variaciones de condiciones climáticas en las diversas estaciones del año.

Al calcular la producción de MS de pasto expresada como materia seca por mes (Kg/ha/mes), es esencial indicar a que mes se refiere este resultado, debido a las diferencias de precipitaciones y temperaturas que normalmente obedecen a un patrón anual predecible. Por lo tanto es necesario indicar claramente y con exactitud el período que ha sido escogido.

La Figura 1 presenta un ejemplo de análisis de un indicador de eficiencia biológica comúnmente empleada para evaluar el potencial de conversión de vacas lecheras para transformar los alimentos en leche. El dibujo empieza en el centro con la relación de valores bajo estudio, en este caso: L/A o sea, leche/alimento. Luego se introducen en el diagrama los factores principales que afectan directamente tanto el numerador como el denominador. Además muestra como la producción diaria y los días de lactancia se combinan para determinar la producción total: L , ubicada al centro del diagrama. A continuación se detallan en forma jerarquizada por

el empleo de círculos concéntricos, los factores que afectan a los componentes que se encuentran más cercanos al eje central. Esta representación en capas contiguas permite ilustrar las interacciones más relevantes en cada nivel del sistema. En este caso se nota como un factor específico: la raza, puede afectar a toda una cadena de variables que tienen influencia sobre la producción de leche total (numerador), como también sobre el consumo de alimento total (denominador).

Figura - Algunos factores que influyen en el índice de la eficiencia de producción anual de leche: conversión de cada unidad de alimento (A) en leche (L) por una vaca en el período de un año.

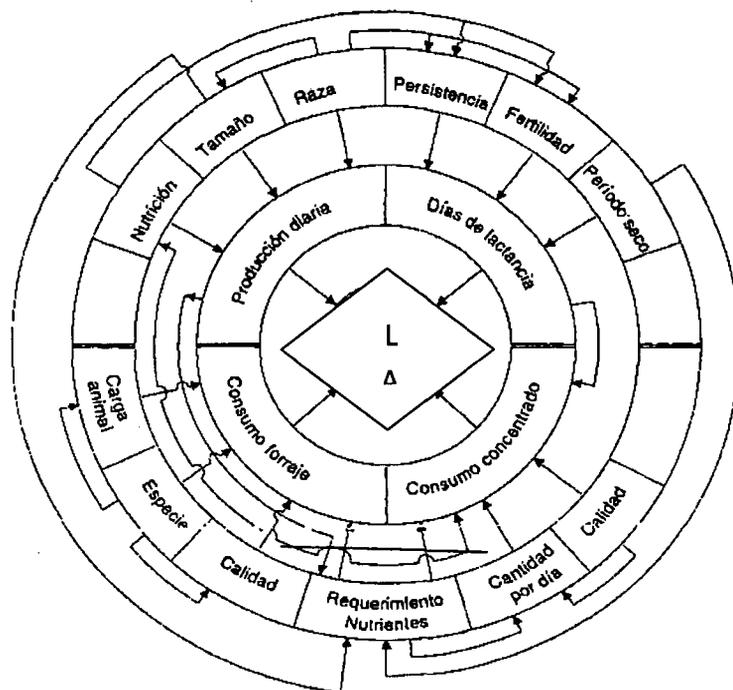
Siguiendo el ejemplo dado en la figura se puede dar una definición del significado exacto de cada "indicador de eficiencia" y de identificar los factores biológicos que intervienen en la siguientes expresiones?

- Leche/vaca/lactancia.
- Leche/vaca/año-rendimiento/día.
- Producción de carne/vaca/año.
- Producción de carne/Ha/año.
- Conversión de alimentos.

- Hembras/macho.
- Cría/hembra/parto.
- Cría/hembra/año.

FIGURA 1

Sistema Vaca



Fuente: Elaboración Propia

2.2.5. Uso de un Denominador Común

En términos económicos se utiliza dinero para hacer abstracción de la diversa naturaleza de los elementos y para llevar todo a términos iguales. Pero al considerar la eficiencia biológica es muy difícil comparar diferentes ingresos y egresos,

porque en muchos casos aún cuando se expresan en unidades idénticas, su naturaleza y los aspectos ligados a criterios de calidad son diversos, y por lo tanto no comparables.

Por ejemplo: Diferencias en la composición de la leche, tanto entre razas como entre sistemas de producción. Diversidad en las características de la composición de la carne (proteínas, grasas, etc.) entre diferentes especies. Valor nutritivo de diferentes alimentos.

Este problema se puede resolver identificando un elemento constitutivo, que sea común a los factores bajo estudio, y que así permita una comparación válida. En el análisis de sistemas biológicos se emplea usualmente la energía como elemento de enlace para poder establecer una comparación válida; en otras circunstancias se usa la proteína, nitrógeno y hasta agua, para comparar los índices de eficiencia entre diferentes sistemas. Aprovechemos el siguiente ejemplo para resumir los conceptos expuestos hasta ahora. El objetivo de desarrollar este ejemplo es indicar cómo se puede comparar la eficiencia biológica entre dos sistemas de producción de engorde de novillos: A y B. El sistema A, es un sistema extensivo que utiliza pastoreo, mientras el sistema B representa la producción intensificada en la cual los animales se encuentran confinados en establos o "feed lot".

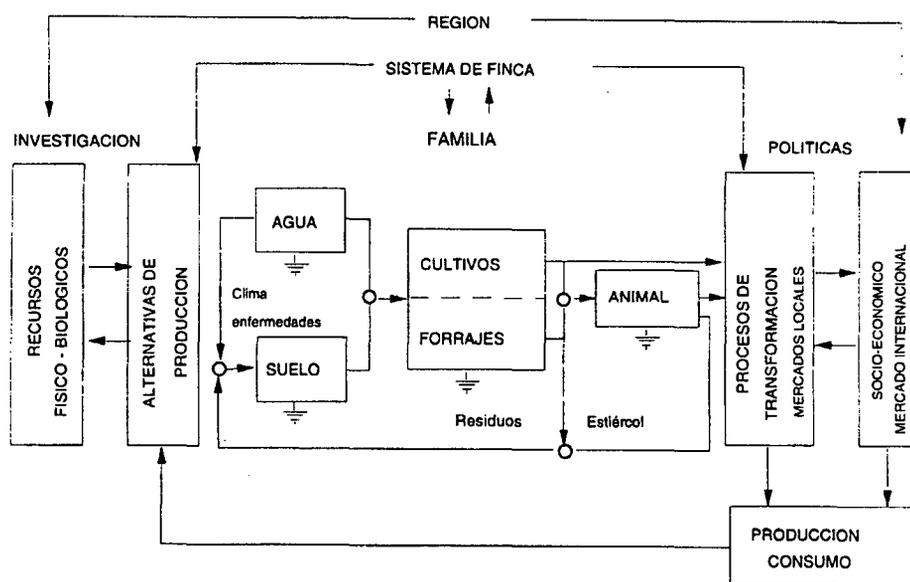
Por ejemplo, se puede decir que una vaca que produce 5 litros de leche y come 1 Kg de concentrado al día, tiene una eficiencia de conversión (en términos de concentrado), de 5 litros/Kg. Esta vaca es más eficiente que otra que come 3 Kg de concentrado y produce 12 litros de leche, por lo que ella tiene sólo una eficiencia de 4 litros/Kg. Sin embargo, esta comparación no es válida por ser demasiado simplista, ya que sólo toma en cuenta una relación entre variables productivas (leche/concentrado) y, si esta conclusión se generaliza para todo el sistema de producción esto podría llevar a conclusiones equivocadas. Por otro lado si consideramos el segundo caso, la producción por vaca es mucho más alta y posiblemente la rentabilidad económica también sea más alta, a pesar que esta vaca produzca menos leche por Kg de concentrado consumido. Básicamente al manejar un sistema de producción lo que se busca es el punto donde le encuentre la mejor mezcla de los varios indicadores de eficiencia. Considerando la utilidad marginal de varios ingresos o recursos.

Al estudiar eficiencias en el uso de ingresos y recursos, se puede notar la tendencia a reemplazar un ingreso con otro; pero esta operación puede simultáneamente aumentar un índice de eficiencia determinado, mientras que reduce otro índice de eficiencia. Es por ello muy importante comprender bien las interacciones del sistema y saber cómo ellas influyen

sobre los diversos Índices de eficiencia biológica que se están usando.

La Figura 2 describe, en forma conceptual, la relación jerárquica del estudio de los sistemas agropecuarios con los niveles de acción política-económica sobre los procesos de transformación y comercialización, estos últimos juegan un rol importante en el desarrollo rural de la zona.

FIGURA 2
Sistema Finca



Fuente: Elaboración Propia

2.2.6. Metodología de Análisis

El análisis de Sistemas, aplicado en un lugar geográfico específico, se debe definir, mediante el análisis de la información existente, el o los "Sistema(s) Real" propio y único en esa zona. El mismo presenta la influencia de factores endógenos exógenos, los que afectan en menor o mayor grado la eficiencia de producción. Los factores endógenos son generalmente controlados por el productor. Los factores exógenos escapan a su control, pero su análisis es necesario para la decisión final del productor en el arreglo de los

componentes de su sistema y obtener un nivel rentable de producción.

Los niveles de producción, obtenidos en un sistema agropecuario, pueden ser comparados con otros que presenten características similares y que estén dentro de la misma zona agroecológica. Niveles de producción obtenidos en zonas diferentes son utilizados para comparación referencial.

En el análisis hace uso de modelos o diseños experimentales, los que contribuyen a determinar el uso y aplicación de una alternativa de producción propuesta la cual normalmente es diseñada a partir del análisis de los componentes y factores relacionados al sistema real que presenta un nivel productivo (Q_a) frente a un arreglo de componentes (alternativa tecnológica) con un nivel productivo (Q_b). El análisis estadístico es realizado bajo la hipótesis nula ($H_0 : Q_b = Q_a$) y alterna ($H_a : Q_b \neq Q_a$).

Al considerar el marco descrito en la Figura, se identifica a la finca o Sistema Agropecuario Forestal (SAF) como unidad de trabajo. No obstante, en todo análisis de sistema es necesario identificar el nivel jerárquico y los límites del sistema (Hart, 1983). Estos son analizados bajo los siguientes aspectos:

- Clasificación de los Sistemas Agropecuarios por su dedicación, Comportamiento, adopción y uso de tecnología.

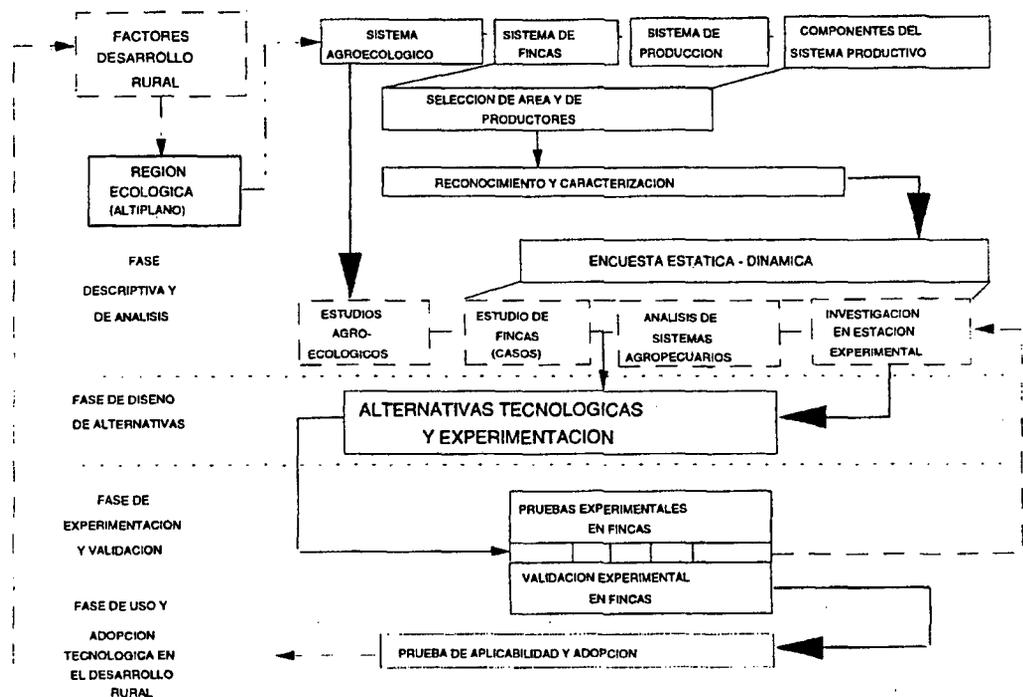
- Análisis de la eficiencia en el uso de los recursos productivos.
- Determinación de los factores que contribuyen y afectan al Sistema Agropecuario en relación al medio rural.
- Realizar la caracterización y diagnóstico tecnológico de los Sistemas Agropecuarios.
- Análisis de las alternativas posibles que deriven a un incremento productivo del Sistema Agropecuario Real.
- Determinar el diferencial del potencial de producción posible entre el Sistema Agropecuario Real (SAR) y el posible (SAP). (Hipótesis: $SAP-SAR > 0$).
- Escoger la o las alternativas de producción viables de incremento productivo en la región o área de trabajo.
- Realizar la fase experimental y de validación con la participación de productores y agentes de desarrollo. La fase experimental incluye menos productores pero más rigurosidad científica. La fase de validación incluye más productores con control técnico-científico.
- Propiciar el uso de las alternativas tecnológicas viables, probadas y validadas, mediante los mecanismos propios de los esquemas de desarrollo rural.
- Considerar un mecanismo de retroalimentación entre los pasos de análisis y diseño de las alternativas tecnológicas para realizar los cambios necesarios en el planeamiento de

una alternativa técnica y viable de ser adoptada por el productor.

- Durante todo el proceso de investigación en sistemas, orientado al desarrollo rural se considera la participación de los productores. Durante el desarrollo de acciones existen una serie de pasos que deben ser considerados para el logro del objetivo.

FIGURA 3

El Macrosistema



Fuente: Elaboración Propia

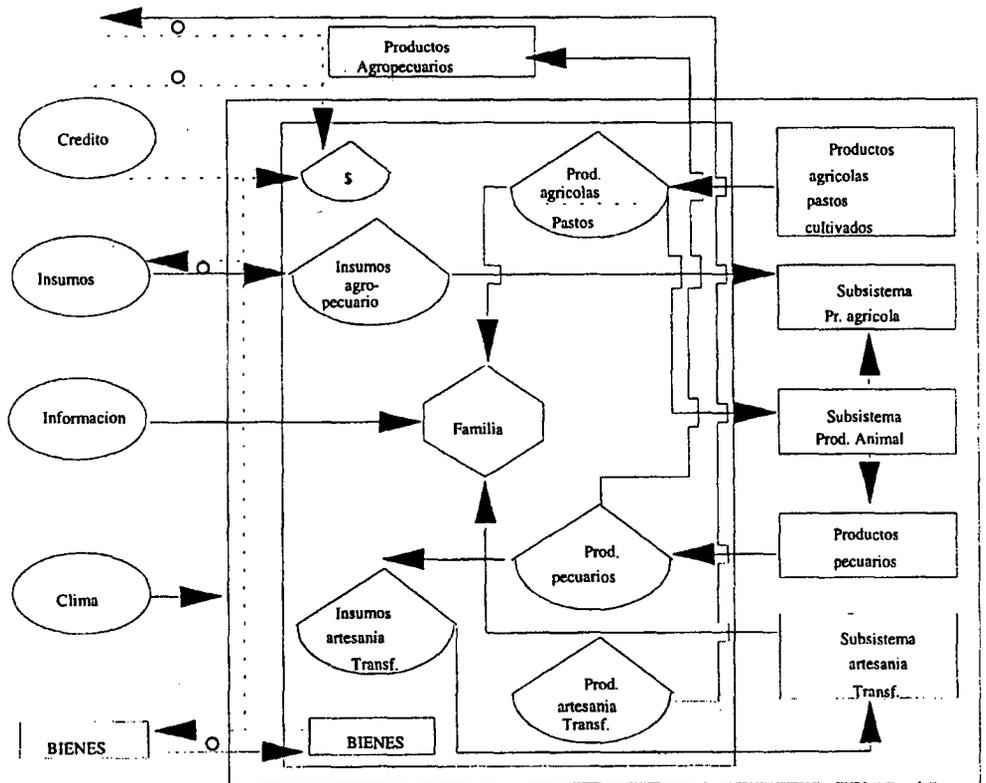
2.2.7. Análisis y Diseño de Alternativas a Nivel de Finca

La caracterización y el estudio del sistema agropecuario familiar define, generalmente, cuatro subsistemas: familiar, producción agrícola, producción animal y el de transformación (siguiente figura). El sub.-sistema agrícola involucra los cultivos incluyendo en ellos los componentes de suelo, agua y planta; el de producción animal contempla, básicamente dos componentes: el animal y el pasto (nativo e introducido, sea perenne o temporal; en ellos se incluye la relación suelo, agua, planta); el de transformación contempla el proceso de pos cosecha, aspecto que deriva al estudio y análisis de la conservación de productos dentro de un esquema de agricultura de subsistencia (papa: tunita, moraya, chuno; carne: chalonga, charqui; fibra: tejidos, sogas, hilos).

La Figura 4 describe en forma gráfica la relación de los subsistemas con el subsistema familiar. El diagrama planteado cualitativamente permite el análisis global de los Sistemas Agropecuarios

FIGURA 4

Relación de los Subsistemas vs. el Subsistema Familiar



Fuente: Elaboración Propia

2.2.8. Integración de Resultados a Nivel Micro-Macro

El estudio y análisis de las relaciones causa-efecto a nivel de agro ecosistema-finca región permite la integración de diferentes técnicas así como de modelos bio-matemáticos. Al relacionar el trabajo a nivel jerárquico de finca y de región se debe analizar la posibilidad de que el productor logre sus

objetivos. Uno de ellos, además de la seguridad alimentaria es el aumento de sus ingresos.

La programación lineal es una de las técnicas que permite al productor optimizar sus recursos a nivel de finca y mercado. Es posible el uso de esta técnica a nivel de relación micro macro.

2.2.9. Incorporación de Riesgo

Según la interpretación desarrollada por Boussard y Petit (1967) citada en los antecedentes referente a la actitud de los productores agropecuarios y las características de los tres modelos presentados como alternativa para incluirse en una matriz de programación lineal, el modelo es el que representa con mayor exactitud el comportamiento de los decisores; considerando que en general el productor agropecuario tiene una actitud contraria al riesgo. Por esta razón es el criterio de “restricciones probabilísticas o Safety First”, el que intenta minimizar la probabilidad de no cumplir cierto objetivo de un decisor (Watts *et al* 1989), el utilizado para evaluar el riesgo en este trabajo.

Se adopta además la variante desarrollada por Telser (1955); la misma propone seleccionar el plan que representa el máximo ingreso esperado “t”, sujeto a que la probabilidad de que el

ingreso sea menor a un determinado nivel crítico “g” (establecido por el decisor) sea inferior a un porcentaje relativamente bajo “L⁻¹” (también fijado por el decisor)” (Galletto *et al* 1996; Atwood *et al* 1988). Harwood *et al* (1999), presentan como desventaja de este método la limitada capacidad de conocer los niveles de riesgo elegido por los productores (considerando que la probabilidad “L” sirve como una medida de aversión al riesgo), y del punto de corte a ser considerado como nivel crítico. Sin embargo, en el planeamiento de la empresa agropecuaria la parametrización según estas dos variables le brinda al decisor las herramientas necesarias para seleccionar el plan óptimo de la empresa en función de los objetivos planteados (ej: maximización del beneficio y minimización del riesgo). Esto supone hacer cumplir restricciones probabilísticas del tipo:

$$\Pr (Z < g) \leq L^{-1}$$

Donde Pr(.) es la probabilidad de un evento (.), Z una variable aleatoria, g es el objetivo asociado a Z, y L⁻¹ * es el límite superior de Pr (Z < g).

Para incluir este criterio al modelo de programación lineal, un método es imponer las restricciones probabilísticas involucradas

usando inecuaciones estocásticas; una de ellas es la desigualdad de Chebychev estudiada por Roy (1952), Tesler (1955), Kennedy y Francisco (1974), y Sengupta (1969), entre otros, los que manifiestan el carácter conservador de límites superiores de la distribución de probabilidad. Sin embargo, el uso de la desigualdad de Chebychev puede ser mejorado si se utiliza la semivariancia en lugar de la variancia (Galetto 1989). Atwood (1985) presentó una alternativa desarrollada a partir de una desigualdad probabilística que utiliza el concepto estadístico denominado Momento Parcial Inferior (Leer Partial Moment); generando así la llamada "inecuación de Atwood":

$$\Pr (Z \leq t - p \cdot Q(a, t)) \leq (p^{-1})^a \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

t = constante mayor a 0 y

$Q(a, t)$ = es la raíz a -ésima del momento parcial inferior; si $p = (t - g) \times Q(a, t)^{-1}$,

$t > g$ y $Q(a, t) > 0$ entonces (1) puede escribirse:

$$\Pr (Z \leq g) = \Pr [Z \leq t - p \cdot Q(a, t)] \leq [Q(a, t) (t - g)^{-1}]^a \dots\dots\dots(2)$$

Si en particular $a = 1$

entonces el LPM = $Q(a, t) = Q(t)$ y la ecuación 2 se podría

escribir de la siguiente manera:

$$\Pr (Z \leq g) = \Pr [Z \leq t - p^*Q(t)] \leq p-1 = Q(t)(t - g)^{-1} \dots \dots \dots (3)$$

para $Q(t) > 0$ y $t > g$, .

Utilizando la ecuación 3 Atwood (1985) señala que cumpliendo la siguiente restricción en un modelo de optimización es suficiente para garantizar que $\Pr (Z < g) \leq L^{-1} *$ en poblaciones discretas. La restricción es

$$t - L^* Q(t) \geq g \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

L es el nivel de probabilidad, por ejemplo, si $L = 25\%$, entonces $L^{-1} = 4$.

Atwood et al (1988), incluyen de forma fácil la inecuación (4) en un modelo Target MOTAD, resultando el siguiente sistema:

$$\text{Maximizar } E(Z) = E_y' x$$

$$\text{Sujeto a } Ax \leq b$$

$$Yx - 1t + Id \geq 0$$

$$t - L^*Q(t) \geq g$$

$$r'd - Q(t) = 0$$

$$x, d \geq 0$$

Donde:

$Q(t) = r'd$ es un momento parcial inferior de la distribución de

retornos y "t" = nivel de referencia para calcular los desvíos, que a diferencia del modelo Target MOTAD, es seleccionado endógenamente.

La representación del modelo Safety First se presenta en:

Cuadro 1
Modelo Safety First

	Actividades	T	D1	.....	.....	Ds	TRQ	RHS
Función Objetivo	C1 Cn							MAX
RESTRICCIONES	A							≤ 0
Año 1	Y	-1	1					≥ 0
..					≥ 0
..			≥ 0
Año s		-1					1	≥ 0
Q(t)			1/s	.....	.....	.....	-1	0
Límite Superior		1					-L*	$\geq g$

Fuente: Galetto, 1996

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es una investigación experimental.

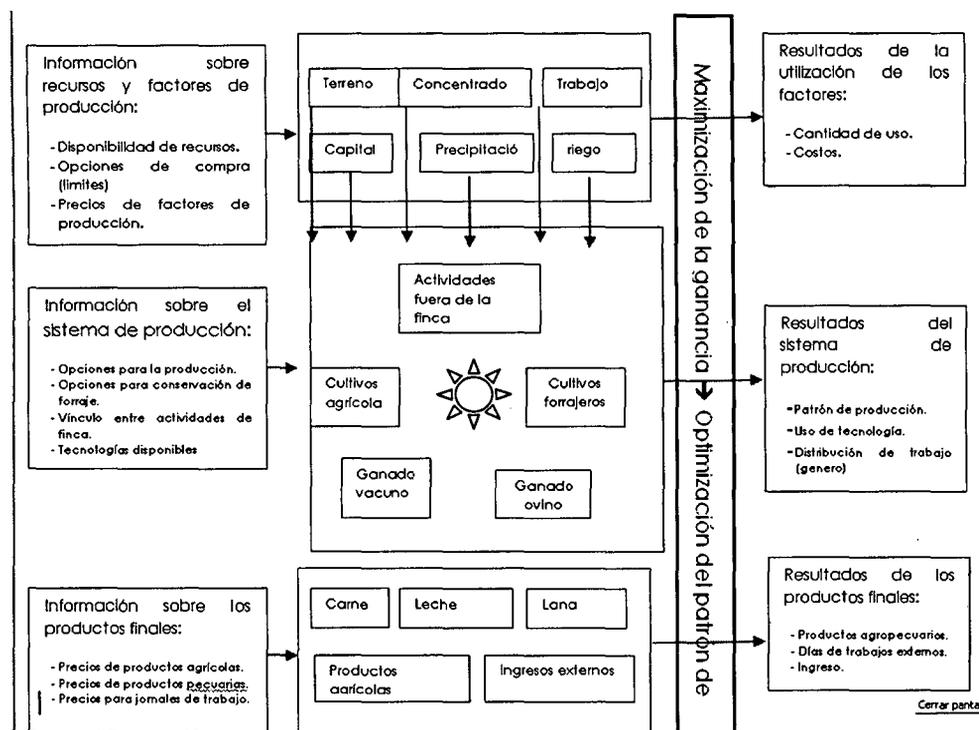
Metodología del Modelo a aplicar

Para el presente estudio se utiliza un modelo de simulación elaborado por Bernet *et al*, (1999). Este modelo económico optimiza sistemas de producción agropecuarios mediante el uso de programación lineal. El modelo es flexible de analizar fincas en contextos geográficos diversos por lo cual requiere información básica

En el siguiente cuadro presentado por Bernet se puede representar adecuadamente el modelo de sistemas en que nos hemos basado.

FIGURA 5

Modelo de Bernet



3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Definición de sistemas de producción representativa para el análisis.- se consideran dos niveles de producción mediana y grande (entre mediana y grande) con cantidades desde 50 cabezas hasta aproximadamente 2,000.

La disponibilidad del suelo agrícola también diferencia los sistemas de producción definidos así; Producción grande siempre cuenta con suelo agrícola para cubrir parte de su necesidad de forraje. Los de producción mediana su suelo agrícola puede estar restringido.

Descripción del modelo a utilizar.- El modelo es de programación lineal

El modelo está definido por la siguiente función objetivo:

$$\text{MAXIMO (Z)} = \sum_{j=1}^N C_j X_j$$

RESTRICCIONES

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad (i=1,2, \dots, m) \text{ y } X_j \geq 0$$

Donde:

Z : Utilidad bruta del fundo

X_j : valor de la j-exima actividad.

C_j : ingreso neto por la actividad J

a_{ij} : requerimiento i de la actividad j

b_i : cantidad total disponible del recurso i

m : número de actividades.

Las actividades definidas en el estudio fueron, producción y compra de maíz grano y maíz chala así como la compra de soya en el rubro agrícola; en el pecuario consideramos: la reproducción (cría de ternera, vaquilla, vaquillona, vaca de producción), en carne (cría y venta de

ternero, vaca de descarte) como producto la producción y venta de leche.

Las restricciones a su vez se clasifican en restricciones de oferta, de demanda y de balance:

En el primer caso tenemos: suelo agropecuario, agua, mano de obra y capital circulante para el periodo. Se refieren que todos los b_i sean mayores o iguales a la suma de todas las necesidades del requerimiento i en el total de las actividades en que se emplea. Por ejemplo, si se trata de producción de cultivos uno de los requerimientos es el suelo agrícola; de este modo el b_i será igual o mayor a la suma de todas las hectáreas utilizadas para sembrar maíz grano, maíz chala y para las actividades pecuarias.

En las restricciones de demanda nos ubicamos a las cantidades que el mercado solicita (en el tema del grano nosotros tomamos a nuestros ganados como parte del mercado para la producción de maíz). En el rubro pecuario existe una cantidad de leche mínima que define el precio de leche, basado en éste, la producción mínima que da un nivel de ingreso aceptable para el negocio.

El número de ganado de descarte esta dado por política de la empresa, en caso que este valor sea mayor que la cantidad de reemplazo, el hato simplemente empieza a disminuir si es mayor el hato crecerá. Muchas empresas empiezan creciendo su hato hasta un tamaño esperado, luego, simplemente mantienen el equilibrio descarte con su reemplazo.

Finalmente para reflejar la situación alimenticia en sistemas mixtos, el modelo debe incluir un balance nutricional para vacunos. Involucra diferentes alimentos potenciales como forraje verde conservado, residuos de cosecha agrícolas y concentrados. Así la solución óptima del modelo refleja la situación donde los requerimientos de los animales de proteína cruda y energía metabolizable son cubiertos y los animales consumen un mínimo de fibra mientras el consumo de materia seca y fresca está limitada del peso vivo principalmente. El cálculo de los requerimientos se basa en el peso vivo; producción de leche, contenido graso en la leche e incremento de peso. Los requerimientos están calculados indirectamente por la estructura del hato determinada a través de coeficientes de fertilidad mortalidad reemplazo, edad al primer parto, intervalo promedio entre partos.

Asimismo en las restricciones de requerimiento de nutrientes, el modelo limita un máximo consumo de materia seca (en función de fibra, proteína y energía) y materia fresca (10% del peso vivo). Para la fibra, proteína y energía fija cantidades en función de la producción de leche, peso vivo, contenido graso en la leche y ganancia de peso.

Las restricciones refieren también que ningún X_j asignado puede ser menor que cero pues se define que todas las actividades generan valores positivos. En el ejemplo planteado esto es decir, no es posible obtener rendimientos negativos en la producción de uno u otro cultivo.

Cuando se refiere a la función objetivo, el modelo maximiza la utilidad bruta (ingresos totales menos costos variables sin incluir el costo del

terreno y el costo de compra de los animales y otros costos fijos) que un productor puede lograr con sus actividades dentro y fuera del fundo.

El modelo utilizado condensa características fijas y variables que le permitan gran flexibilidad para realizar análisis en diferentes sistemas de producción en regiones diversas. Las características fijas abarcan un limitado número de actividades productivas y restricciones a la producción agropecuaria. Las características variables permiten especificar las condiciones para cada variable fija, usando los datos del lugar bajo estudio; es decir dan una limitada cantidad de opciones potenciales para describir diferentes dominios de sistemas potenciales mixtos de producción. El usuario define las actividades de producción, factores de producción, tecnologías, precios etc. Que representan colectivamente el contexto de producción y el ámbito de la toma de decisiones del productor.

Una vez que el contexto ha sido definido, el modelo optimiza la situación económica de la finca especificada que muchas veces representa a cierto tipo de sistemas de producción en una zona determinada. Así el modelo considera un trimestre para captar la variación en los factores de producción, precios, requerimientos, necesidades y disponibilidad a través del año. Los factores de producción están referidos a mano de obra, agua de riego, alimentos etc. Este modelo puede ser aplicado para sistemas de producción que involucran solo agricultura o ganaderías o ambos componentes. El capital y la alimentación reciben especial atención en el modelo, porque

en general son de particular importancia para productores de países en desarrollo. Por la definición del ingreso mínimo por trimestre el modelo permite reflejar la tendencia del operador para obtener ganancias a corto plazo por su falta de liquidez. De esta manera el modelo tiende a favorecer las actividades ganaderas como la venta de leche y carne en vez de las actividades agrícolas, pues las primeras generan ingresos más estables.

3.3 EL MODELO MATEMATICO

FORMA MATRICIAL

$$\text{MAX}(Z) = CX$$

RESTRICCIONES

$$AX \leq B$$

INPUTS:

A, B, C

OUTPUT

X, Z

Donde: A se denomina matriz de coeficientes tecnológicos se determinó los valores de esta matriz llamado también parámetros.

Las variables de decisión son:

x_1 = Tn. de maíz grano a sembrar

x_2 = Tn. de maíz chala a sembrar.

x_3 = Tn. de maíz grano a comprar

x_4 = Tn. de maíz chala a comprar.

x_5 = Tn. de soya a comprar.

x_6 = Terneras correspondientes al hato.

x_7 = Vaquillas correspondientes al hato.

x_8 = Vaquillonas correspondientes al hato.

x_9 = Vacas de producción correspondientes al hato.

x_{10} = Vacas de descarte correspondientes al hato a vender

x_{11} = Terneros correspondientes al hato a vender

x_{12} = Kg. de leche a producir y vender.

Las restricciones relevantes son:

- 1) **Suelo en Hectárea (ha).**- La disponibilidad del suelo es de 120 hectáreas utilizadas para fines agrícolas y pecuarias, no se considera la zona para la producción de leche por ser un área fija e irrelevante.
- 2) **Agua en m³.** De acuerdo a lo estimado por la comisión de regadores se dispone de 44,000 m³ de agua en un trimestre. Utilizados en la producción agrícola y en labores pecuarios.
- 3) **Jornales (8 Horas).**- La mano de obra que se dispone para el trabajo en el periodo es de 500 jornales, usadas para labores agrícolas y pecuarias, así como para la producción de leche.
- 4) **Balance de materia seca. (Kg.)**- La cantidad de materia seca en los animales deberá ser como máximo la oferta total en los alimentos tanto producidos como vendidos.
- 5) **Balance de Energía Metabolizable. (Mcal / Kg MS)**- La energía lograda por los animales será como mínimo lo que ingresa a través de los alimentos
- 6) **Balance de Proteína Cruda. (gramos)**- La proteína cruda resultante deberá ser como máximo lo que ingresa en los alimentos basados en la cantidad de materia seca.
- 7) **Demanda de Leche. (Kg)**- La leche si bien no es un producto muy rentable tiene un mercado asegurado que a medida que éste crece, aumentan también las utilidades.

- 8) Proporción de las vacas de producción en un hato estabilizado.-** se debe buscar equilibrar el hato.
- 9) Proporción de las vacas de descarte en un hato estabilizado.-** se debe buscar equilibrar el hato.
- 10) Proporción de las vaquillonas en un hato estabilizado.-** se busca equilibrar el hato.
- 11) Proporción de las vaquillas en un hato estabilizado.-** se busca equilibrar el hato.
- 12) Proporción de los Terneros en un hato estabilizado.-** se busca equilibrar el hato.
- 13) Proporción de las Terneras en un hato estabilizado.-** se busca equilibrar el hato.
- 14) Producción de leche.-** La producción lechera basado en las vacas habilitadas teniendo otro grupo de vacas en secas (descanso) alcanza una producción de la denominada vaca promedio o equivalente. Es de 20.4525 Kg.
- 15) Proporción de soya para la alimentación balaceada de un hato estabilizado.-** se debe buscar la ración alimenticia adecuada para el hato equilibrado.
- 16) Proporción de chala para la alimentación balaceada de un hato estabilizado.-** se debe buscar la ración alimenticia adecuada para el hato equilibrado.

17)Proporción de maíz grano con soya para la alimentación balaceada de un hato estabilizado.- se debe buscar la ración alimenticia adecuada para el hato equilibrado.

18)Proporción de maíz grano con chala para la alimentación balaceada de un hato estabilizado.- se debe buscar la ración alimenticia adecuada para el hato equilibrado.

19)Capital en soles.- Se asigna un capital para el trimestre.

El modelo es de maximización del margen bruto sin considerar los costos fijos.

Los lados derechos b_i se adecuan al tamaño del hato y al periodo. En el problema se toma un periodo de 3 meses

3.3.1. Matriz de Programación Lineal sin Riesgo

Esta matriz permite resolver la primera solución bajo un entorno determinístico antes de aplicar el criterio de aversión al riesgo.

Variable →	MAIZ G SEMB	MAIZ CH SEM	MAIZ G COMP	MAIZ CH COM	SOYA	TERNERA	VAQUILLA	VAQUILLONA	VACA PROD	VA DESC	TERNERO	LECHE
Maximize												
SUELO	a11	a12	a13	a14	a15	a16	a17	a18	a19	a1,10	a1,11	a1,12
AGUA	a21	a22	a23	a24	a25	a26	a27	a28	a29	a2,10	a2,11	a2,12
JORNALES	a31	a32	a33	a34	a35	a36	a37	a38	a39	a3,10	a3,11	a3,12
BAL MAT	a41	a42	a43	a44	a45	a46	a47	a48	a49	a4,10	a4,11	a4,12
ENER	a51	a52	a53	a54	a55	a56	a57	a58	a59	a5,10	a5,11	a5,12
PROT	a61	a62	a63	a64	a65	a66	a67	a68	a69	a6,10	a6,11	a6,12
DEM LECHE	a71	a72	a73	a74	a75	a76	a77	a78	a79	a7,10	a7,11	a7,12
PROPPROD	a81	a82	a83	a84	a85	a86	a87	a88	a89	a8,10	a8,11	a8,12
PROPDESC	a91	a92	a93	a94	a95	a96	a97	a98	a99	a9,10	a9,11	a9,12
PROPVONA	a10,1	a10,2	a10,3	a10,4	a10,5	a10,6	a10,7	a10,8	a10,9	a10,10	a10,11	a10,12
PROPVLLA	a11,1	a11,2	a11,3	a11,4	a11,5	a11,6	a11,7	a11,8	a11,9	a11,10	a11,11	a12,12
PROPTRO	a12,1	a12,2	a12,3	a12,4	a12,5	a12,6	a12,7	a12,8	a12,9	a12,10	a12,11	a12,12
PROPTRA	a13,1	a13,2	a13,3	a13,4	a13,5	a13,6	a13,7	a13,8	a13,9	a13,10	a13,11	a13,12
PRODLECHE	a14,1	a14,2	a14,3	a14,4	a14,5	a14,6	a14,7	a14,8	a14,9	a14,10	a14,11	a14,12
PROPSOYA	a15,1	a15,2	a15,3	a15,4	a15,5	a15,6	a15,7	a15,8	a15,9	a15,10	a15,11	a15,12
PROPCHALA	a16,1	a16,2	a16,3	a16,4	a16,5	a16,6	a16,7	a16,8	a16,9	a16,10	a16,11	a16,12
PROPMS	a17,1	a17,2	a17,3	a17,4	a17,5	a17,6	a17,7	a17,8	a17,9	a17,10	a17,11	a17,12
PROPMCH	a18,1	a18,2	a18,3	a18,4	a18,5	a18,6	a18,7	a18,8	a18,9	a18,10	a18,11	a18,12
CAPITALP	a19,1	a19,2	a19,3	a19,4	a19,5	a19,6	a19,7	a19,8	a19,9	a19,10	a19,11	a19,12

ESPECIFICACIONES DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS QUE CONTIENE LA MATRIZ.

a_{11} = Una Hectárea de tierra rinde 8 toneladas de maíz grano entonces el indicador es:

$$1 \text{ Ha} / (8 \text{ Tn} / \text{Ha}) = 0.125$$

a_{12} = Una Hectárea de tierra rinde 8 toneladas de maíz chala entonces el indicador es:

$$1 \text{ Ha} / (50 \text{ Tn} / \text{Ha}) \text{ función del clima 45 verano y 55 invierno} = 0.02$$

$$a_{13} = a_{14} = a_{15} = 0$$

Como son productos comprados no necesitan espacio físico significativo.

a_{16} = Para el alojamiento de terneras se requiere 2 metros cuadrados por animal.

$$2/10000 \text{ Ha por cada ternera.} = 0.0002$$

a_{17} = Para el alojamiento de vaquillas se requiere 14 metros cuadrados por animal.

$$14/10000 \text{ Ha por cada vaquillas.} = 0.0014$$

a_{18} = Para el alojamiento de vaquillonas se requiere 26 metros cuadrados por animal.

$$26/10000 \text{ Ha por cada vaquillonas.} = 0.0026$$

$a_{19} = a_{1,10}$ = Para el alojamiento de vacas adultas se requiere 40 metros cuadrados por animal.

$$40/10000 \text{ Ha por cada vaca adulta.} = 0.004$$

$a_{1,11}$ = Para el alojamiento de terneros se requiere 2 metros cuadrados por animal.

2/10000 Ha por cada ternero. = 0.0002

$a_{1,12}$ = La leche no necesita espacio físico significativo.

a_{21} = 7000 metros cúbicos de agua rinde 8 toneladas de maíz grano en un semestre entonces el indicador es:

$7000 \text{ m}^3 / (8 \text{ Tn /Ha}) = 875$ por cada semestre / 2 semestres = $437.5 \text{ m}^3 / \text{Tn x semestre}$

a_{22} = 100 metros cúbicos de agua rinde 1 toneladas de maíz chala entonces el indicador es: $100 \text{ m}^3 / \text{Tn chala x (4/3) trimestre} = 75 \text{ m}^3 / \text{Tn x trimestre}$

$a_{23} = a_{24} = a_{25} = 0$

Como son productos comprados no necesitan agua en forma significativa.

a_{26} = 2 galones por 90 días x 3.78 litros / galon = 680 litros /trimestre

0.68 metros cúbicos por trimestre.

a_{27} = 5 galones por 90 días x 3.78 litros / galón = 1780 litros /trimestre

1.78 metros cúbicos por trimestre.

a_{28} = 8 galones por 90 días x 3.78 litros / galón = 2722 litros /trimestre

2.72 metros cúbicos por trimestre.

$a_{2,9}$ = $0.09 \text{ m}^3/\text{día} \times \text{vaca producción} = 8.1 \text{ m}^3/\text{trimestre}$ que se desglosa de

La siguiente manera el 43% para mantenerse y el resto para la producción de leche

$a_{2,10}$ = 10 galones por 90 días x 3.78 litros / galón = 3402 litros /trimestre

3.4 metros cúbicos por trimestre.

40/10000 Ha por cada vaca adulta. = 0.004

$a_{2,11}$ = Los terneros no necesitan agua en forma significativa.

$a_{2,12}$ = La producción de leche 4.6 m^3 cada 2500 litros equivalente es:

0.00184 m³/Kg

a_{31} = 56 jornales para producir 8 tn de maíz = 7 jornales por trimestre

a_{32} = 40 jornales para producir 50 tn de chala = 0.8 jornales por trimestre

$a_{33} = a_{34} = a_{35} = 0$

Como son productos comprados no necesitan jornales en forma significativa.

a_{36} = 1 hombre para 50 terneras

a_{37} = 1 hombre para 100 Vaquillas

a_{38} = 1 hombre para 100 Vaquillonas

a_{39} = 1 hombre para 100 Vaca de producción

$a_{3,10}$ = 1 hombre para 100 Vacas de descarte

$a_{3,11}$ = 1 hombre para 50 terneros

$a_{3,12}$ = 0.0025 jornales por cada Kg. De leche.

$a_{41} = a_{43}$ = El 85% del maíz grano (comprado o cosechado) es materia seca:

850 Kg materia seca / 1000 Kg maíz grano

$a_{42} = a_{44}$ = El 25% del maíz Chala (comprada o cosechada) es materia seca:

250 Kg materia seca / 1000 Kg maíz Chala

a_{45} = El 85% de la soya comprada es materia seca:

850 Kg materia seca / 1000 Kg soya

a_{46} = De acuerdo a tablas de NRC 2001 institución más autorizada para estos

Indicadores: 1.18 Kg. Por cada ternera de 55 Kg. En promedio (poco más del

2% de su peso vivo por día)

a_{47} = De acuerdo a tablas de NRC 2001: 6.2 Kg. Por cada vaquilla de 210 Kg.

En promedio (poco más del 2% de su peso vivo)

a_{48} = De acuerdo a tablas de NRC 2001: 10.4 Kg. Por cada Vaquillona de 400 Kg. En promedio (poco más del 2% de su peso vivo)

$a_{4,9}$ = De acuerdo a tablas de NRC 2001: 15 Kg. Por cada vaca de producción de 625 Kg. En promedio (2.3% de su peso vivo)

$a_{4,10}$ = De acuerdo a tablas de NRC 2001: 15 Kg. Por cada vaca de descarte de 650 Kg. En promedio (2.3% de su peso vivo)

$a_{4,11}$ = De acuerdo a tablas de NRC 2001: 1.18 Kg. Por cada ternero de 55 Kg. En promedio (poco más del 2% de su peso vivo por día)

$a_{4,12}$ = 0.32 Kg. De materia seca por cada Kg. De leche, para 22 litros de leche de rendimiento promedio diario le corresponde un equivalente a 22 Kg. De leche entonces: $0.32 \times 22 = 7$ kilos de MS por día.

$a_{51} = a_{53}$ = El maíz grano (comprado o cosechado) en Energía Metabolizable: Es 2.98 Mcal / Kg. De Materia Seca De acuerdo a tablas de NRC 2001.

$a_{52} = a_{54}$ = El maíz Chala (comprado o cosechado) en Energía Metabolizable: Es 1.21 Mcal / Kg. De Materia Seca De acuerdo a tablas de NRC 2001.

a_{55} = La Soya comprada en Energía Metabolizable: Es 3.41 Mcal / Kg. De Materia Seca De acuerdo a tablas de NRC 2001.

a_{56} = De acuerdo a tablas de NRC 2001 institución más autorizada para estos Indicadores: 4 Mcal / Kg de MS. de cada ternera de 55 Kg. En promedio por día

a_{57} = De acuerdo a tablas de NRC 2001: 2.41 Mcal / Kg de MS. de cada vaquilla de 210 Kg. En promedio por día

a_{58} = De acuerdo a tablas de NRC 2001: 2.32 Mcal / Kg de MS. de cada vaquillona de 400 Kg. En promedio por día

$a_{5,9}$ = De acuerdo a tablas de NRC 2001: 37.03 Mcal / Kg de MS. de cada vaca producción de 625 Kg. En promedio por día

$a_{5,10}$ = De acuerdo a tablas de NRC 2001: 19.5 Mcal / Kg de MS. de cada vaca descarte de 650 Kg. En promedio por día

$a_{5,11}$ = De acuerdo a tablas de NRC 2001: 4 Mcal / Kg de MS. de cada ternero de 55 Kg. En promedio por día)

$a_{5,12}$ = De acuerdo a tablas de NRC 2001: 17.53 Mcal / Kg de MS. Por cada Kg de leche asumiendo 22 litros de leche de rendimiento. En promedio por día

$a_{61} = a_{63}$ = El maíz grano (comprado o cosechado) en Proteína Cruda:

Es 85000 gramos por día De acuerdo a tablas de NRC 2001.

$a_{62} = a_{64}$ = El maíz Chala (comprado o cosechado) en Proteína Cruda:

Es 25000 gramos por día De acuerdo a tablas de NRC 2001.

a_{65} = La Soya comprada en Proteína Cruda:

Es 510000 gramos por día De acuerdo a tablas de NRC 2001.

a_{66} = De acuerdo a tablas de NRC 2001: es 273 gramos para cada ternera de 55 Kg. En promedio por día

a_{67} = De acuerdo a tablas de NRC 2001: es 890 gramos para cada vaquilla de 210 Kg. En promedio por día

a_{68} = De acuerdo a tablas de NRC 2001: es 1490 gramos para cada vaquillona de 400 Kg. En promedio por día

$a_{6,9}$ = De acuerdo a tablas de NRC 2001: es 3800 gramos para cada vaca producción de 625 Kg. En promedio por día

$a_{6,10}$ = De acuerdo a tablas de NRC 2001: es 1800 gramos para cada vaca descarte de 650 Kg. En promedio por día

$a_{6,11}$ = De acuerdo a tablas de NRC 2001: es 273 gramos para cada ternero de 55 Kg. En promedio por día

$a_{6,12}$ = De acuerdo a tablas de NRC 2001: es 2000 gramos por cada Kg de leche asumiendo 22 litros de leche de rendimiento. En promedio por día.

$a_{7,12}$ = De acuerdo a la demanda se tiene un mercado en promedio de por lo menos 20000 Kg por día.

$a_{8,1}$ hasta $a_{8,12}$ = esta restricción me permite mantener equilibrado el hato dado que existe una combinación adecuada de los diferentes ítems de la ganadería:

La relación de los ganados de producción con respecto al hato se referencia en esta restricción.

$a_{9,1}$ hasta $a_{9,12}$ = esta restricción me permite mantener equilibrado el hato dado que existe una combinación adecuada de los diferentes ítems de la ganadería:

La relación de los ganados de descarte con respecto al hato se referencia en esta restricción.

$a_{10,1}$ hasta $a_{10,12}$ = esta restricción me permite mantener equilibrado el hato dado que existe una combinación adecuada de los diferentes ítems de la ganadería:

La relación de los ganados vaquillonas con respecto al hato se referencia en esta restricción.

$a_{11,1}$ hasta $a_{11,12}$ = esta restricción me permite mantener equilibrado el hato dado que existe una combinación adecuada de los diferentes ítems de la ganadería: La relación de los ganados vaquillas con respecto al hato se referencia en esta restricción.

$a_{12,1}$ hasta $a_{12,12}$ = esta restricción me permite mantener equilibrado el hato dado que existe una combinación adecuada de los diferentes ítems de la ganadería:

La relación de los ganados terneros con respecto al hato se referencia en esta restricción.

$a_{13,1}$ hasta $a_{13,12}$ = esta restricción me permite mantener equilibrado el hato dado que existe una combinación adecuada de los diferentes ítems de la ganadería:

La relación de los ganados terneras con respecto al hato se referencia en esta restricción.

$a_{14,1}$ hasta $a_{14,12}$ = esta restricción me permite calcular la producción aproximada de leche. De cada 55 vacas de producción en promedio: 45 están operativas y 10 están en secas por lo tanto $(45/55)$ es la proporción de las vacas operativas con respecto a las vacas de producción y 25 es la producción promedio de una vaca adulta vigente. $(45/55) \times 25 = 20.45$

$a_{15,1}$ hasta $a_{15,12}$ = esta restricción me permite mantener equilibrado la dieta en el establo dado que existe una combinación adecuada de los diferentes ítems de la producción agraria en función de los requerimientos nutricionales del establo. La compra de soya debe de ser por lo menos el 12% de toda la oferta alimenticia (compra y producción maíz grano de maíz chala y de la compra de soya).

$a_{16,1}$ hasta $a_{16,12}$ = esta restricción me permite mantener equilibrado la dieta en el establo dado que existe una combinación adecuada de los diferentes ítems de la producción agraria en función de los requerimientos nutricionales del

establo. El maíz chala en sus 2 formas (comprado y sembrado) debe de ser a lo sumo el 27% de toda la oferta alimenticia (compra y producción maíz grano de maíz chala y de la compra de soya).

$a_{17,1}$ hasta $a_{17,12}$ = esta restricción me permite mantener equilibrado la dieta en el establo dado que existe una combinación adecuada de los diferentes ítems de la producción agraria en función de los requerimientos nutricionales del establo. La cantidad de maíz grano con respecto a la soya comprada. La cantidad de maíz grano debe de ser como máximo el 12% de la oferta alimenticia (compra de soya).

$a_{18,1}$ hasta $a_{18,12}$ = esta restricción me permite mantener equilibrado la dieta en el establo dado que existe una combinación adecuada de los diferentes ítems de la producción agraria en función de los requerimientos nutricionales del establo. La cantidad de maíz grano con respecto al maíz chala. La cantidad de maíz grano debe de ser por lo menos el 73% de la oferta alimenticia (maíz chala).

$a_{19,1}$ = Costo mensual es 3850×5 meses da 19250 soles/Ha entre el ciclo de 10 meses 1925\$/mes Entre el rendimiento que es 8 Tn de maíz grano por Ha ==> da \$ 240.62 mensual. 240.62×3 meses = 721.8 por trimestre.

$a_{19,2}$ = costo mensual es 3322×4 meses da 13288 soles/Ha entre 8 meses del ciclo de maíz chala da 1661\$/Ha entre el rendimiento 50Tn / Ha ==> da 33.22 mensualmente 33.22×3 meses = 99.66 por trimestre.

$a_{19,3}$ = el valor lista del maíz grano es 900 por tonelada

$a_{19,4}$ = el valor lista del maíz chala es 110 por tonelada

$a_{19,5}$ = el valor lista de la soya es 1250 por tonelada

$a_{19,6} = 15$ días de alimentación $p^* 4$ Kg de leche por día da 60 Kg por 1 sol da 60 soles mas la m/o de un jornal de 25 para 50 = 0.5 por día = 7.5 entonces en total 67.5

$a_{19,7} = 5.5$ soles de alimentos + 0.5 de jornales = $\$ 6 * 90$ días = \$540

$a_{19,8} = 6.5$ soles de alimentos + 0.5 de jornales = $\$ 7 * 90$ días = \$630

$a_{19,9} = 7.83$ soles de alimentos + 0.5 de jornales = $\$ 8.33 * 90$ días = \$750

$a_{19,10} = 7.83$ soles de alimentos + 0.5 de jornales = $\$ 8.33 * 90$ días = \$750

$a_{19,11} = 15$ días de alimentación $p^* 4$ Kg de leche por día da 60 Kg por 1 sol da 60 soles mas la m/o de un jornal de 25 para 50 = 0.5 por día = 7.5 entonces en total 67.5

$a_{19,12} =$ para producir leche como capital liquido necesitamos para insumos y medicinas y urgencias lo cual significa aprox 0.7\$/alimentación 0.03 rem y 0.03 por medicinas que

Hace un total de 0.75 soles / Kg leche

Por lo tanto, las restricciones quedan:

1) Suelo en Hectárea (ha).- La disponibilidad del suelo es de 120 hectáreas utilizadas para fines agrícolas y pecuarias, no se considera la zona para la producción de leche por ser un área fija e irrelevante.

$$0.125x_1 + 0.02x_2 + 0.0002x_6 + 0.0014x_7 + 0.0025x_8 + 0.004x_9 + 0.004x_{10} + 0.0002x_{11} \leq 120$$

- 2) Agua en m³. De acuerdo a lo estimado por la comisión de regadores se dispone de 44,000 m³ de agua en un trimestre. Utilizados en la producción agrícola y en labores pecuarios.

$$437.5x_1 + 75x_2 + 0.68x_6 + 1.78x_7 + 2.72x_8 + 8.1x_9 + 3.4x_{10} + 0.00184x_{12} \leq 44000$$

- 3) Jornales (8 Horas).- La mano de obra que se dispone para el trabajo en el periodo es de 500 jornales, usadas para labores agrícolas y pecuarias, así como para la producción de leche.

$$7x_1 + 0.8x_2 + 0.02x_6 + 0.01x_7 + 0.01x_8 + 0.01x_9 + 0.01x_{10} + 0.02x_{11} + 0.0025x_{12} \leq 500$$

- 4) Balance de materia seca. (Kg.).- La cantidad de materia seca en los animales deberá ser como máximo la oferta total en los alimentos tanto producidos como vendidos.

$$-850x_1 - 250x_2 - 850x_3 - 250x_4 - 850x_5 + 1.18x_6 + 6.2x_7 + 10.4x_8 + 15x_9 + 15x_{10} + 1.18x_{11} + 7x_{12} \leq 0$$

- 5) Balance de Energía Metabolizable. (Mcal / Kg MS).- La energía lograda por los animales será como mínimo lo que ingresa a través de los alimentos

$$-2.98x_1 - 1.21x_2 - 2.98x_3 - 1.21x_4 - 3.41x_5 + 4x_6 + 2.41x_7 + 2.32x_8 + 37.03x_9 + 19.5x_{10} + 4x_{11} + 17.53x_{12} \geq 0$$

- 6) Balance de Proteína Cruda. (gramos).- La proteína cruda resultante deberá ser como máximo lo que ingresa en los alimentos basados en la cantidad de materia seca.

$$-85000x_1 - 25000x_2 - 85000x_3 - 25000x_4 - 510000x_5 + 273x_6 + 890x_7 + 1490x_8 + 3800x_9 + 1800x_{10} + 273x_{11} + 2000x_{12} \leq 0$$

- 7) Demanda de Leche. (Kg).- La leche si bien no es un producto muy rentable tiene un mercado asegurado que a medida que éste crece, aumentan también las utilidades

$$1x_{12} \geq 20000$$

- 8) Proporción de las vacas de producción en un hato estabilizado.- se debe buscar equilibrar el hato.

$$-0.45x_6 - 0.45x_7 - 0.45x_8 + 0.55x_9 - 0.45x_{10} - 0.45x_{11} \geq 0$$

- 9) Proporción de las vacas de descarte en un hato estabilizado.- se debe buscar equilibrar el hato.

$$-0.10x_6 - 0.10x_7 - 0.10x_8 - 0.10x_9 + 0.9x_{10} - 0.10x_{11} \geq 0$$

- 10) Proporción de las vaquillonas en un hato estabilizado.- se debe buscar equilibrar el hato.

$$-0.16x_6 - 0.16x_7 + 0.84x_8 - 0.16x_9 - 0.16x_{10} - 0.16x_{11} \geq 0$$

11) Proporción de las vaquillas en un hato estabilizado.- se debe buscar equilibrar el hato.

$$- 0.08x_6 + 0.92x_7 - 0.08x_8 - 0.08x_9 - 0.08x_{10} - 0.08x_{11} \geq 0$$

12) Proporción de los Terneros en un hato estabilizado.- se debe buscar equilibrar el hato.

$$- 0.08x_6 - 0.08x_7 - 0.08x_8 - 0.08x_9 - 0.08x_{10} + 0.92x_{11} \geq 0$$

13) Proporción de las Terneras en un hato estabilizado.- se debe buscar equilibrar el hato.

$$0.87x_6 - 0.13x_7 - 0.13x_8 - 0.13x_9 - 0.13x_{10} - 0.13x_{11} \geq 0$$

14) Producción de leche.-La producción lechera basado en las vacas habilitadas teniendo otro grupo de vacas en secas (descanso) alcanza una producción de la denominada vaca promedio o equivalente. Es de 20.4525 Kg.

$$- 20.4525x_9 + 1x_{12} = 0$$

15) Proporción de soya para la alimentación balanceada de un hato estabilizado.- se debe buscar la ración alimenticia adecuada para el hato equilibrado.

$$-0.12x_1 - 0.12x_2 - 0.12x_3 - 0.12x_4 + 0.88x_5 \geq 0$$

16) Proporción de chala para la alimentación balaceada de un hato estabilizado.- se debe buscar la ración alimenticia adecuada para el hato equilibrado.

$$-0.73x_1 + 0.27x_2 - 0.73x_3 + 0.27x_4 - 0.73x_5 \leq 0$$

17) Proporción de maíz grano con soya para la alimentación balaceada de un hato estabilizado.- se debe buscar la ración alimenticia adecuada para el hato equilibrado.

$$0.12x_1 + 0x_2 + 0.12x_3 + 0x_4 - 0.15x_5 \leq 0$$

18) Proporción de maíz grano con chala para la alimentación balaceada de un hato estabilizado.- se debe buscar la ración alimenticia adecuada para el hato equilibrado

$$0.73x_1 - 0.15x_2 + 0.73x_3 - 0.15x_4 \geq 0$$

19) Capital en soles.- Se asigna un capital para el trimestre de 1'500,000 distribuidos de la siguiente manera:

$$721.8x_1 + 99.66x_2 + 900x_3 + 110x_4 + 1250x_5 + 77.5x_6 + 540x_7 + 630x_8 + 750x_9 + 750x_{10} + 67.5x_{11} + 0.8x_{12} \leq 1500000$$

LA FUNCION OBJETIVO:

El objetivo del modelo es el margen o utilidad bruta considerando los costos variables que representan aproximadamente el 90% del costo total esto implica la cosecha y compra de los alimentos: maíz chala, maíz grano y soya (solo compra).

Los ingresos son por la venta de ganado de descarte terneros y kilogramos de leche. La recría genera costos asumidos como fijos.

Integrando el Modelo sin riesgo:

$$\text{Max: } -420x_1 - 120x_2 - 462x_3 - 132x_4 - 1344x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 1950x_{10} + 85x_{11} + 1.05x_{12}$$

s.a.

$$0.125x_1 + 0.02x_2 + 0.0002x_6 + 0.0014x_7 + 0.0025x_8 + 0.004x_9 + 0.004x_{10} + 0.0002x_{11} \leq 120$$

$$437.5x_1 + 75x_2 + 0.68x_6 + 1.78x_7 + 2.72x_8 + 8.1x_9 + 3.4x_{10} + 0.00184x_{12} \leq 44000$$

$$7x_1 + 0.8x_2 + 0.02x_6 + 0.01x_7 + 0.01x_8 + 0.01x_9 + 0.01x_{10} + 0.02x_{11} + 0.0025x_{12} \leq 500$$

$$-850x_1 - 250x_2 - 850x_3 - 250x_4 - 850x_5 + 1.18x_6 + 6.2x_7 + 10.4x_8 + 15x_9 + 15x_{10} + 1.18x_{11} + 7x_{12} \leq 0$$

$$-2.98x_1 - 1.21x_2 - 2.98x_3 - 1.21x_4 - 3.41x_5 + 4x_6 + 2.41x_7 + 2.32x_8 + 37.03x_9 + 19.5x_{10} + 4x_{11} + 17.53x_{12} \geq 0$$

$$-85000x_1 - 25000x_2 - 85000x_3 - 25000x_4 - 510000x_5 + 273x_6 + 890x_7 + 1490x_8 + 3800x_9 + 1800x_{10} + 273x_{11} + 2000x_{12} \leq 0$$

$$x_{12} \geq 20000$$

$$-0.45x_6 - 0.45x_7 - 0.45x_8 + 0.55x_9 - 0.45x_{10} - 0.45x_{11} \geq 0$$

$$-0.10x_6 - 0.10x_7 - 0.10x_8 - 0.10x_9 + 0.9x_{10} - 0.10x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$-0.16x_6 - 0.16x_7 + 0.84x_8 - 0.16x_9 - 0.16x_{10} - 0.16x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$-0.08x_6 + 0.92x_7 - 0.08x_8 - 0.08x_9 - 0.08x_{10} - 0.08x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$-0.08x_6 - 0.08x_7 - 0.08x_8 - 0.08x_9 - 0.08x_{10} + 0.92x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$+0.87x_6 - 0.13x_7 - 0.13x_8 - 0.13x_9 - 0.13x_{10} - 0.13x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$-20.4525x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 1x_{12} = 0$$

$$-0.12x_1 - 0.12x_2 - 0.12x_3 - 0.12x_4 + 0.88x_5 \geq 0$$

$$-0.73x_1 + 0.27x_2 - 0.73x_3 + 0.27x_4 - 0.73x_5 \leq 0$$

$$0.12x_1 + 0x_2 + 0.12x_3 + 0x_4 - 0.15x_5 \leq 0$$

$$0.73x_1 - 0.15x_2 + 0.73x_3 - 0.15x_4 + 0x_5 \geq 0$$

$$721.8x_1 + 99.66x_2 + 900x_3 + 110x_4 + 1250x_5 + 77.5x_6 + 540x_7 + 630x_8 + 750x_9 +$$

$$750x_{10} + 67.5x_{11} + 0.8x_{12} \leq 1\,500\,000$$

Integrando el Modelo con riesgo:

$$\text{Max: } -420x_1 - 120x_2 - 462x_3 - 132x_4 - 1344x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 +$$

$$1950x_{10} + 85x_{11} + 1.05x_{12}$$

s.a.

$$0.125x_1 + 0.02x_2 + 0.0002x_6 + 0.0014x_7 + 0.0025x_8 + 0.004x_9 + 0.004x_{10} +$$

$$0.0002x_{11} \leq 120$$

$$437.5x_1 + 75x_2 + 0.68x_6 + 1.78x_7 + 2.72x_8 + 8.1x_9 + 3.4x_{10} + 0.00184x_{12} \leq 44000$$

$$7x_1 + 0.8x_2 + 0.02x_6 + 0.01x_7 + 0.01x_8 + 0.01x_9 + 0.01x_{10} + 0.02x_{11} + 0.0025x_{12} \leq 500$$

$$-850x_1 - 250x_2 - 850x_3 - 250x_4 - 850x_5 + 1.18x_6 + 6.2x_7 + 10.4x_8 + 15x_9 + 15x_{10} +$$

$$1.18x_{11} + 7x_{12} \leq 0$$

$$-2.98x_1 - 1.21x_2 - 2.98x_3 - 1.21x_4 - 3.41x_5 + 4x_6 + 2.41x_7 + 2.32x_8 + 37.03x_9 +$$

$$19.5x_{10} + 4x_{11} + 17.53x_{12} \geq 0$$

$$-85000x_1 - 25000x_2 - 85000x_3 - 25000x_4 - 510000x_5 + 273x_6 + 890x_7 + 1490x_8 +$$

$$3800x_9 + 1800x_{10} + 273x_{11} + 2000x_{12} \leq 0$$

$$x_{12} \geq 20000$$

$$-0.45x_6 - 0.45x_7 - 0.45x_8 + 0.55x_9 - 0.45x_{10} - 0.45x_{11} \geq 0$$

$$-0.10x_6 - 0.10x_7 - 0.10x_8 - 0.10x_9 + 0.9x_{10} - 0.10x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$-0.16x_6 - 0.16x_7 + 0.84x_8 - 0.16x_9 - 0.16x_{10} - 0.16x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$-0.08x_6 + 0.92x_7 - 0.08x_8 - 0.08x_9 - 0.08x_{10} - 0.08x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$-0.08x_6 - 0.08x_7 - 0.08x_8 - 0.08x_9 - 0.08x_{10} + 0.92x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$+0.87x_6 - 0.13x_7 - 0.13x_8 - 0.13x_9 - 0.13x_{10} - 0.13x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$-20.4525x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 1x_{12} = 0$$

$$-0.12x_1 - 0.12x_2 - 0.12x_3 - 0.12x_4 + 0.88x_5 \geq 0$$

$$-0.73x_1 + 0.27x_2 - 0.73x_3 + 0.27x_4 - 0.73x_5 \leq 0$$

$$0.12x_1 + 0x_2 + 0.12x_3 + 0x_4 - 0.15x_5 \leq 0$$

$$0.73x_1 - 0.15x_2 + 0.73x_3 - 0.15x_4 + 0x_5 \geq 0$$

$$721.8x_1 + 99.66x_2 + 900x_3 + 110x_4 + 1250x_5 + 77.5x_6 + 540x_7 + 630x_8 + 750x_9 +$$

$$750x_{10} + 67.5x_{11} + 0.8x_{12} \leq 1\,500\,000$$

$$-634.88x_3 - 948.34x_5 + 2.36x_{12} - T + D_1 \geq 0$$

$$-615.02x_3 - 1300.86x_5 + 2.25x_{12} - T + D_2 \geq 0$$

$$-775.51x_3 - 641.25x_5 + 2.51x_{12} - T + D_3 \geq 0$$

$$-427.62x_3 - 1182.65x_5 + 2.14x_{12} - T + D_4 \geq 0$$

$$\begin{aligned}
& -490.13x_3 - 1051.65x_5 + 2.48x_{12} - T + D_5 \geq 0 \\
& -559.96x_3 - 1410.05x_5 + 2.48x_{12} - T + D_6 \geq 0 \\
& -665.09x_3 - 1416.95x_5 + 1.82x_{12} - T + D_7 \geq 0 \\
& -569.36x_3 - 1342.19x_5 + 2.87x_{12} - T + D_8 \geq 0 \\
& -596.16x_3 - 1076.61x_5 + 2.31x_{12} - T + D_8 \geq 0 \\
& -589.17x_3 - 1418.67x_5 + 2.24x_{12} - T + D_{10} \geq 0 \\
& -488.84x_3 - 1068.80x_5 + 1.60x_{12} - T + D_{11} \geq 0 \\
& -631.42x_3 - 996.07x_5 + 2.26x_{12} - T + D_{12} \geq 0 \\
& -407.70x_3 - 1550.4x_5 + 2.69x_{12} - T + D_{13} \geq 0 \\
& -489.40x_3 - 1278.56x_5 + 2.03x_{12} - T + D_{14} \geq 0 \\
& -558.19x_3 - 1438.93x_5 + 2.99x_{12} - T + D_{15} \geq 0 \\
& -452.23x_3 - 1394.56x_5 + 2.68x_{12} - T + D_{16} \geq 0 \\
& -892.05x_3 - 1352.45x_5 + 2.54x_{12} - T + D_{17} \geq 0 \\
& -509.74x_3 - 1228.14x_5 + 2.75x_{12} - T + D_{18} \geq 0 \\
& -684.30x_3 - 1357.16x_5 + 2.69x_{12} - T + D_{19} \geq 0 \\
& -596.47x_3 - 1302.77x_5 + 2.96x_{12} - T + D_{20} \geq 0 \\
& -385.32x_3 - 1065.91x_5 + 2.41x_{12} - T + D_{21} \geq 0 \\
& -512.04x_3 - 728.68x_5 + 2.30x_{12} - T + D_{22} \geq 0 \\
& -273.6x_3 - 935.22x_5 + 2.66x_{12} - T + D_{23} \geq 0 \\
& -570.54x_3 - 1239.85x_5 + 1.88x_{12} - T + D_{24} \geq 0 \\
& -505.19x_3 - 1404.91x_5 + 2.25x_{12} - T + D_{25} \geq 0 \\
& -628.89x_3 - 1251.30x_5 + 2.75x_{12} - T + D_{26} \geq 0 \\
& -304.24x_3 - 1140.94x_5 + 1.94x_{12} - T + D_{27} \geq 0 \\
& -567.24x_3 - 935.79x_5 + 2.57x_{12} - T + D_{28} \geq 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -402.17x_3 - 1108.10x_5 + 1.95x_{12} - T + D_{29} \geq 0 \\
& -423.62x_3 - 1099.49x_5 + 2.67x_{12} - T + D_{30} \geq 0 \\
& -346.38x_3 - 1296.47x_5 + 1.92x_{12} - T + D_{31} \geq 0 \\
& -564.54x_3 - 1459.95x_5 + 2.40x_{12} - T + D_{32} \geq 0 \\
& -707.88x_3 - 1215.13x_5 + 3.20x_{12} - T + D_{33} \geq 0 \\
& -430.41x_3 - 1286.64x_5 + 3.74x_{12} - T + D_{34} \geq 0 \\
& -415.46x_3 - 1362.07x_5 + 1.99x_{12} - T + D_{35} \geq 0 \\
& -578.52x_3 - 1305.96x_5 + 1x_{12} - T + D_{36} \geq 0 \\
& 1/36 (D_1 + D_2 + \dots + D_{35} + D_{36}) - Q = 0 \\
& T - (1/L) Q \geq \text{Lim.}
\end{aligned}$$

Descripción del Modelo con Riesgo

Al modelo sin riesgo se le agrega tres tipos de restricciones.

1. Se generan 36 variables ($D_1, D_2, \dots, D_{35}, D_{36}$) llamadas desviaciones absolutas. Y 36 restricciones adicionales que me permitirán hallar los valores de las desviaciones absolutas mediante la siguiente forma:

$$-M_{i3}X_3 - M_{i5} \cdot 34X_5 + M_{i,12} X_{12} - T + 1D_i \geq 0$$

El parámetro T Es una cantidad mínima fija y las D_i son los valores que me permiten alcanzar este objetivo.

Donde:

M_{i3} : Costos unitarios de las toneladas de maíz grano comprado.

Generados estadísticamente "variables sintéticas".

$M_{i,5}$ representa los costos unitarios de las toneladas de soya comprada. Generada estadísticamente “variables sintéticas”.

$M_{i,12}$ representa los precios de leche (valores ajustados a los niveles de rendimientos de las vacas productoras). Generados estadísticamente “variables sintéticas”.

D_i : desviación absoluta del margen ó utilidad generada en cada una de las 36 restricciones.

2. Se calcula una nueva restricción que permite hallar la desviación absoluta promedio en la variable Q.

3. Se agrega una última restricción en la cual se usan 2 parámetros de entrada; L = nivel aversión al riesgo y G = margen de seguridad para las utilidades.

En esta restricción tenemos que:

$$T - (1/L)Q \geq G$$

En esta restricción T es un valor mínimo y un máximo en las 36 restricciones anteriores; de esta manera el sistema encuentra un valor para este parámetro.

Esta restricción asegura la mínima desviación absoluta total para un nivel de aversión al riesgo.

3.4 POBLACION Y MUESTRA

Muestra: En el presente estudio de la investigación realizada se toma una muestra representativa de 50 cabezas de ganado ubicados en el establo de la Universidad José Faustino Sánchez Carrión.

Población: La población de estudio de cabezas de ganado vacuno es de 2000 pertenecientes al establo San Cayetano de Pacasmayo.

3.5 VARIABLES E INDICADORES

Variable Dependiente:

Problemática de la producción lechera y Toma de decisiones.

Indicador: Grado de impacto en el desarrollo social y empresarial.

Indicador: Índice de rentabilidad.

Variable Interviniente: La industria lechera en el norte chico del país.

Definición de las Variables según las hipótesis específicas.

VARIABLE INDEPENDIENTE HIPOTESIS ESPECIFICA 1

- Revisión adecuada y exhaustiva de la información

VARIABLE DEPENDIENTE HIPOTESIS ESPECIFICA 1

- conocimiento de la situación de la industria lechera

VARIABLE INTERVINIENTE HIPOTESIS ESPECIFICA 1

- La industria lechera en el norte chico del país

VARIABLE INDEPENDIENTE HIPOTESIS ESPECÍFICA 2

- observar los procedimientos en los centros de producción

- mecanismos de logro de rentabilidad

VARIABLE DEPENDIENTE HIPOTESIS ESPECÍFICA 2

- métodos utilizados
- Parámetros

VARIABLE INTERVINIENTE HIPOTESIS ESPECÍFICA 2

- La industria lechera en el norte chico del país

VARIABLE INDEPENDIENTE HIPOTESIS ESPECÍFICA 3

- bibliografía especializada

VARIABLE DEPENDIENTE HIPOTESIS ESPECÍFICA 3

- ventajas de la optimización lineal en producción lechera
- desventajas de la optimización lineal en producción lechera
- selección de la herramienta adecuada

VARIABLE INTERVINIENTE HIPOTESIS ESPECÍFICA 3

- La industria lechera en el norte chico del país

VARIABLE INDEPENDIENTE HIPOTESIS ESPECÍFICA 4

- Optimización Lineal con Riesgo
- Algoritmo matemático

VARIABLE DEPENDIENTE HIPOTESIS ESPECÍFICA 4

- Estimación de la dinámica de la producción lechera

VARIABLE INTERVINIENTE HIPOTESIS ESPECÍFICA 4

- La industria lechera en el norte chico del país

VARIABLE INDEPENDIENTE HIPOTESIS ESPECÍFICA 5

- Comparación estadísticas con sistemas reales
- Otros resultados

VARIABLE DEPENDIENTE HIPOTESIS ESPECIFICA 5

- Validación del algoritmo

VARIABLE INTERVINIENTE HIPOTESIS ESPECÍFICA 5

- La industria lechera en el norte chico del país

VARIABLE INDEPENDIENTE HIPOTESIS ESPECÍFICA 6

- formular escenarios productivos de sistemas de producción Láctea

VARIABLE DEPENDIENTE SUBHIPOTESIS 6

- Toma de decisiones
- Incremento de los índices de desarrollo social y empresarial

VARIABLE INTERVINIENTE SUBHIPOTESIS 6

- La industria lechera en el norte chico del país

3.6 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Investigación Documental: Revisión de aplicaciones similares en tesis y trabajos monográficos.

Investigación de Campo: Dentro de la Investigación de campo se aplico entrevistas y encuestas a los administradores de establos del entorno de estudio zona norte chico.

Se levanto información por medio de la observación y medición de tiempos y movimientos de las diferentes actividades del proceso; así como la medición de longitud y peso.

3.6.1. Elección de Unidades Agropecuarias y Ejecución de Encuestas

Mediante visitas previas a los centros de producción ubicados en el norte chico del país específicamente en la ciudad de Huacho. Mediante las cuales se pudo conocer las condiciones básicas de producción agropecuaria, incluyendo la disponibilidad del terreno para manejo de cultivo, agua, etc. Luego del reconocimiento se eligieron unidades agropecuarias con terreno propio para incluir en el estudio.

CAPITULO IV

ANALISIS Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 ANALISIS Y TRATAMIENTO DE DATOS

4.1.1. Cálculo de la Matriz de Programación Lineal Determinística

Sin Riesgo

Variable ->	MAIZ G	MAIZ CH	MAIZ G	MAIZ CH	SOYA	TERNERA	VAQUILLA	/AQUILLONA	VACA PROD	VA DESC	TERNERO	LECHE	Direction	R. H. S.
Maximize	-420	-120	-462	-132	-1344	0	0	0	0	1950	85	1.05		
SUELO	0.125	0.02	0	0	0	0.0002	0.0014	0.0025	0.004	0.004	0.0002	0	<=	120
AGUA	437.5	75	0	0	0	0.68	1.78	2.72	8.1	3.4	0	0.00184	<=	44000
JORNALES	7	0.8	0	0	0	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.0025	<=	500
BAL MAT	-850	-250	-850	-250	-850	1.18	6.2	10.4	15	15	1.18	7	<=	0
ENER	-2.98	-1.21	-2.98	-1.21	-3.41	4	2.41	2.32	37.03	19.5	4	17.53	>=	0
PROT	-85000	-25000	-85000	-25000	-510000	273	890	1490	3800	1800	273	2000	<=	0
DEM LECHE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	>=	20000
PROPPROD	0	0	0	0	0	-0.45	-0.45	-0.45	0.55	-0.45	-0.45	0	>=	0
PROPPDESC	0	0	0	0	0	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	0.9	-0.10	0	>=	0
PROPVONA	0	0	0	0	0	-0.16	-0.16	0.84	-0.16	-0.16	-0.16	0	>=	0
PROPVLLA	0	0	0	0	0	-0.08	0.92	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	0	>=	0
PROPTRO	0	0	0	0	0	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	0.92	0	>=	0
PROPTRA	0	0	0	0	0	0.87	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	-0.13	0	>=	0
PRODLECHE	0	0	0	0	0	0	0	0	-20.4525	0	0	1	=	0
PROPSOYA	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	0.88	0	0	0	0	0	0	0	>=	0
PROPCHALA	-0.73	0.27	-0.73	0.27	-0.73	0	0	0	0	0	0	0	<=	0
PROPMMS	0.12	0	0.12	0	-0.15	0	0	0	0	0	0	0	<=	0
PROPMCH	0.73	-0.15	0.73	-0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	>=	0
CAPITALP	721.8	93.66	900	110	1250	67.5	540	630	750	750	67.5	0.7	<=	1500000

La matriz que permite ingresar valores a los parámetros y variables de acuerdo al usuario, para obtener una solución determinístico del problema que maximice la utilidad Bruta.

4.1.2. Identificación de las Variables Críticas Sujetas a Variación

		Precio Leche	Precio Maiz	Precio Soya	Produccion Leche
		l	m	s	v
2005	Enero	2.16	97	227	20
	Febrero	2.194	96	225	21.6
	Marzo	2.128	101	250	17.9
	Abril	2.269	122	272	18.9
	Mayo	2.314	118	265	21
	Junio	2.401	116	270	19.4
2006	Enero	2.343	125	254	19.1
	Febrero	2.343	125	254	20.2
	Marzo	2.336	129	258	19.1
	Abril	2.333	125	249	20.1
	Mayo	2.296	130	246	22.7
	Junio	2.309	131	251	23.6
2007	Enero	2.277	183	285	20.6
	Febrero	2.31	188	292	19.5
	Marzo	2.333	197	308	19.1
	Abril	2.373	191	303	19.2
	Mayo	2.488	174	298	21.8
	Junio	2.568	180	358	21.7
2008	Enero	3.796	210	458	18.9
	Febrero	4.327	240	499	18
	Marzo	4.732	249	544	16.6
	Abril	4.862	257	530	16.9
	Mayo	4.862	275	544	18.2
	Junio	4.866	313	544	18.4
		69.22	4072	7984	472.5
		24	24	24	24
	Promedio	2.8842	169.6667	332.6667	19.6875

Recolección de Data Histórica

Información recogida de las variables Críticas para el modelo tomado de 4 semestres basados en datos reales de la empresa SAN CAYETANO. Del norte del País.

4.1.3. Cálculo de las Desviaciones Correlacionadas

	Precio Leche		Precio Maiz		Precio Soya		Produccion Leche		l-ml	m-mm	s-ms	v-mv
	l	m	s	v	l-ml	m-mm	s-ms	v-mv				
2005	Enero	2.16	97	227	20	-0.7242	-72.6667	-105.6667	0.3125			
	Febrero	2.194	96	225	21.6	-0.6902	-73.6667	-107.6667	1.9125			
	Marzo	2.128	101	250	17.9	-0.7562	-68.6667	-82.6667	-1.7875			
	Abril	2.269	122	272	18.9	-0.6152	-47.6667	-60.6667	-0.7875			
	Mayo	2.314	118	265	21	-0.5702	-51.6667	-67.6667	1.3125			
2006	Junio	2.401	116	270	19.4	-0.4832	-53.6667	-62.6667	-0.2875			
	Enero	2.343	125	254	19.1	-0.5412	-44.6667	-78.6667	-0.5875			
	Febrero	2.343	125	254	20.2	-0.5412	-44.6667	-78.6667	0.5125			
	Marzo	2.336	129	258	19.1	-0.5482	-40.6667	-74.6667	-0.5875			
	Abril	2.333	125	249	20.1	-0.5512	-44.6667	-83.6667	0.4125			
2007	Mayo	2.296	130	246	22.7	-0.5882	-39.6667	-86.6667	3.0125			
	Junio	2.309	131	251	23.6	-0.5752	-38.6667	-81.6667	3.9125			
	Enero	2.277	183	285	20.6	-0.6072	13.3333	-47.6667	0.9125			
	Febrero	2.31	188	292	19.5	-0.5742	18.3333	-40.6667	-0.1875			
	Marzo	2.333	197	308	19.1	-0.5512	27.3333	-24.6667	-0.5875			
2008	Abril	2.373	191	303	19.2	-0.5112	21.3333	-29.6667	-0.4875			
	Mayo	2.488	174	298	21.8	-0.3962	4.3333	-34.6667	2.1125			
	Junio	2.568	180	358	21.7	-0.3162	10.3333	25.3333	2.0125			
	Enero	3.796	210	458	18.9	0.9118	40.3333	125.3333	-0.7875			
	Febrero	4.327	240	499	18	1.4428	70.3333	166.3333	-1.6875			
2008	Marzo	4.732	249	544	16.6	1.8478	79.3333	211.3333	-3.0875			
	Abril	4.862	257	530	16.9	1.9778	87.3333	197.3333	-2.7875			
	Mayo	4.862	275	544	18.2	1.9778	105.3333	211.3333	-1.4875			
	Junio	4.866	313	544	18.4	1.9818	143.3333	211.3333	-1.2875			

(l-m) * (m-mm)	(l-ml) * (s-ms)	(l-ml) * (v-mm)	(m-mm) * (s-ms)	(s-ms) * (v-mv)	(m-mm) * (v-mv)	(l-ml) * (l-ml)	m-mm * m-mm	s-ms * s-ms	v-mv * v-mv
52.6227778	76.5202778	-0.226302083	7678.444444	-33.02083333	-22.70833333	0.524417361	5280.444444	11165.44444	0.09765625
50.9427778	74.30794444	-1.31984375	7931.444444	-205.9125	-140.6875	0.476330028	5426.77778	11592.11111	3.63765625
51.93444444	62.5097778	1.351647917	5676.444444	147.7666667	122.7416667	0.571788028	4715.111111	6831.77778	3.19315625
29.32944444	37.32011111	0.48444375	2891.77778	47.775	37.5375	0.378430028	2272.111111	3660.444444	0.62015625
29.45861111	38.5812778	-0.74834375	9496.111111	-86.8125	-67.8125	0.325090028	2669.444444	4578.77778	1.7265625
25.03944444	30.27844444	0.138910417	3363.111111	18.01666667	15.42916667	0.233450028	2880.111111	3927.111111	0.08165625
24.17231111	42.5717778	0.317935417	3513.77778	46.21666667	26.24166667	0.292861361	1995.111111	6168.444444	0.34515625
24.17231111	42.5717778	-0.277347917	3513.77778	-40.91666667	-22.89166667	0.292861361	1995.111111	6168.444444	0.26265625
22.29211111	46.9297778	0.322047917	3036.444444	43.86666667	23.89166667	0.300486694	1653.77778	5575.111111	0.34515625
24.6187778	46.1142778	-0.22735625	3737.111111	-34.5125	-18.425	0.303784694	1995.111111	7000.111111	0.17015625
23.30611111	50.97444444	-1.771852083	3437.77778	-261.0833333	-119.4956333	0.345940028	1573.444444	7511.111111	9.07915625
22.2397778	46.97194444	-2.250395833	3157.77778	-19.52083333	-151.2833333	0.330816994	1495.111111	6669.444444	15.30765625
-8.095555556	28.94161111	-0.554039583	-635.5555556	-43.49583333	12.16666667	0.368651361	177.77778	2272.111111	0.81265625
-10.52658889	23.54944444	0.10765625	-745.5555556	7.625	-3.4375	0.329667361	336.1111111	1653.77778	0.03515625
-15.08522222	13.59544444	0.323810417	-674.2222222	14.49166667	-16.05833333	0.303784694	747.1111111	608.4444444	0.34515625
-10.90488889	15.16461111	0.24919375	-632.8888889	14.4625	-10.4	0.261291361	455.1111111	880.1111111	0.23765625
-1.716722222	13.7337778	-0.836902083	-150.2222222	-73.23333333	9.154166667	0.156948028	18.777778	1201.77778	-4.4265625
-3.267055556	-8.009555556	-0.636285417	261.77778	50.99333333	20.79583333	0.099961361	106.77778	641.77778	4.03015625
36.7772778	114.2831111	-0.71806875	5055.111111	-98.7	-81.7625	0.831440028	1626.77778	15708.44444	0.62015625
101.4792778	239.991278	-2.43478125	11698.7778	-280.6875	-118.6875	2.081768028	4946.77778	17666.7778	2.84765625
146.594778	390.506778	-5.705185417	16765.7778	-652.4916667	-244.9416667	3.414488028	6293.77778	44661.7778	9.53265625
172.730778	390.2924444	-5.513210417	17233.7778	-350.0866667	-243.4416667	3.911824694	7627.111111	38940.44444	7.77015625
208.331778	417.9321111	-2.942027083	22260.44444	-314.3533333	-156.6833333	3.911824694	11095.11111	44661.7778	2.21265625
284.062778	418.8274444	-2.551610417	30291.11111	-272.0916667	-184.5416667	3.927663361	20544.44444	44661.7778	1.65765625
1281.326333	2648.312333	-25.41795	152162.3333	-877.1	-1285.5	23.97556933	87927.33333	304469.3333	69.48625
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
55.7098	115.1440	-1.1051	6615.7536	-125.0913	-55.8913	1.0424	3822.5275	13237.7971	3.0211

Manejo estadístico en hoja de cálculo para desarrollar el análisis correlacionar de las variables críticas para formar la matriz de correlación.

4.1.4. Cálculo de la Matriz de Descomposición de Cholesky

$$r_{ab} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$$

$$s_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

$$s_{xx} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$S_1 = 1.02098$$

$$S_2 = 61.82938$$

$$S_3 = 115.05563$$

$$S_4 = 1.73813$$

$$S_{11} = 1.0424$$

$$S_{12} = 55.7098$$

$$S_{22} = 3822.9275$$

$$S_{13} = 115.1440$$

$$S_{33} = 13237.7971$$

$$S_{14} = -1.1051$$

$$S_{44} = 3.0211$$

$$S_{23} = 6615.7536$$

$$S_{24} = -55.8913$$

$$S_{34} = -125.0913$$

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0.88250 & 0.98020 & -0.62273 \\ 0.88250 & 1 & 0.92998 & -0.52007 \\ 0.98020 & 0.92998 & 1 & -0.62551 \\ -0.62273 & -0.52007 & -0.62551 & 1 \end{bmatrix}$$

Por Cholesky $M = L * L^T$

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 & 0 \\ l_{21} & l_{22} & 0 & 0 \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} & 0 \\ l_{41} & l_{42} & l_{43} & l_{44} \end{bmatrix}$$

$$l_{ki} = \frac{a_{ki} - \sum_{j=1}^{i-1} (l_{ij} * l_{kj})}{l_{ii}}$$

$$l_{kk} = \sqrt{a_{kk} - \sum_{j=1}^{k-1} (l_{kj})^2}$$

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.88250 & 0.4703 & 0 & 0 \\ 0.98020 & 0.13811 & 0.14189 & 0 \\ -0.62273 & 0.06270 & -0.16752 & 0.76172 \end{bmatrix}$$

4.1.5 Generación de Números Aleatorios Según Distribución

Normal (Z).

104	0.483609305	-0.761751231	1.541411647	104	0.49723459	-1.071370
103	0.473645493	-0.473645493	1.541411647	103	0.495537941	-0.805651
102	0.463681681	-0.172094171	1.541411647	102	0.493831289	-0.552624
101	0.453717869	0.130546615	1.541411647	101	0.492124637	-0.309597
100	0.443754057	0.429094060	1.541411647	100	0.490417985	-0.066570
99	0.433790245	0.727641505	1.541411647	99	0.488711333	0.175457
98	0.423826433	1.026188950	1.541411647	98	0.487004681	0.422430
97	0.413862621	1.324736395	1.541411647	97	0.485298029	0.669403
96	0.403898809	1.623283840	1.541411647	96	0.483591377	0.916376
95	0.393935000	1.921831285	1.541411647	95	0.481884725	1.163349
94	0.383971191	2.220378730	1.541411647	94	0.480178073	1.410322
93	0.374007382	2.518926175	1.541411647	93	0.478471421	1.657295
92	0.364043573	2.817473620	1.541411647	92	0.476764769	1.904268
91	0.354079764	3.116021065	1.541411647	91	0.475058117	2.151241
90	0.344115955	3.414568510	1.541411647	90	0.473351465	2.398214
89	0.334152146	3.713115955	1.541411647	89	0.471644813	2.645187
88	0.324188337	4.011663400	1.541411647	88	0.469938161	2.892160
87	0.314224528	4.310210845	1.541411647	87	0.468231509	3.139133
86	0.304260719	4.608758290	1.541411647	86	0.466524857	3.386106
85	0.294296910	4.907305735	1.541411647	85	0.464818205	3.633079
84	0.284333101	5.205853180	1.541411647	84	0.463111553	3.880052
83	0.274369292	5.504400625	1.541411647	83	0.461404901	4.127025
82	0.264405483	5.802948070	1.541411647	82	0.459698249	4.373998
81	0.254441674	6.101495515	1.541411647	81	0.457991597	4.620971
80	0.244477865	6.400042960	1.541411647	80	0.456284945	4.867944
79	0.234514056	6.698590405	1.541411647	79	0.454578293	5.114917
78	0.224550247	6.997137850	1.541411647	78	0.452871641	5.361890
77	0.214586438	7.295685295	1.541411647	77	0.451164989	5.608863
76	0.204622629	7.594232740	1.541411647	76	0.449458337	5.855836
75	0.194658820	7.892780185	1.541411647	75	0.447751685	6.102809
74	0.184695011	8.191327630	1.541411647	74	0.446045033	6.349782
73	0.174731202	8.489875075	1.541411647	73	0.444338381	6.596755
72	0.164767393	8.788422520	1.541411647	72	0.442631729	6.843728
71	0.154803584	9.086969965	1.541411647	71	0.440925077	7.090701
70	0.144839775	9.385517410	1.541411647	70	0.439218425	7.337674
69	0.134875966	9.684064855	1.541411647	69	0.437511773	7.584647
68	0.124912157	9.982612300	1.541411647	68	0.435805121	7.831620
67	0.114948348	10.281159745	1.541411647	67	0.434098469	8.078593
66	0.104984539	10.579707190	1.541411647	66	0.432391817	8.325566
65	0.095020730	10.878254635	1.541411647	65	0.430685165	8.572539
64	0.085056921	11.176802080	1.541411647	64	0.428978513	8.819512
63	0.075093112	11.475349525	1.541411647	63	0.427271861	9.066485
62	0.065129303	11.773896970	1.541411647	62	0.425565209	9.313458
61	0.055165494	12.072444415	1.541411647	61	0.423858557	9.560431
60	0.045201685	12.370991860	1.541411647	60	0.422151905	9.807404
59	0.035237876	12.669539305	1.541411647	59	0.420445253	10.054377
58	0.025274067	12.968086750	1.541411647	58	0.418738601	10.301350
57	0.015310258	13.266634195	1.541411647	57	0.417031949	10.548323
56	0.005346449	13.565181640	1.541411647	56	0.415325297	10.795296
55	0.000000000	13.863729085	1.541411647	55	0.413618645	11.042269
54	0.000000000	14.162276530	1.541411647	54	0.411911993	11.289242
53	0.000000000	14.460823975	1.541411647	53	0.410205341	11.536215
52	0.000000000	14.759371420	1.541411647	52	0.408498689	11.783188
51	0.000000000	15.057918865	1.541411647	51	0.406792037	12.030161
50	0.000000000	15.356466310	1.541411647	50	0.405085385	12.277134
49	0.000000000	15.655013755	1.541411647	49	0.403378733	12.524107
48	0.000000000	15.953561200	1.541411647	48	0.401672081	12.771080
47	0.000000000	16.252108645	1.541411647	47	0.399965429	13.018053
46	0.000000000	16.550656090	1.541411647	46	0.398258777	13.265026
45	0.000000000	16.849203535	1.541411647	45	0.396552125	13.511999
44	0.000000000	17.147750980	1.541411647	44	0.394845473	13.758972
43	0.000000000	17.446298425	1.541411647	43	0.393138821	14.005945
42	0.000000000	17.744845870	1.541411647	42	0.391432169	14.252918
41	0.000000000	18.043393315	1.541411647	41	0.389725517	14.499891
40	0.000000000	18.341940760	1.541411647	40	0.388018865	14.746864
39	0.000000000	18.640488205	1.541411647	39	0.386312213	14.993837
38	0.000000000	18.939035650	1.541411647	38	0.384605561	15.240810
37	0.000000000	19.237583095	1.541411647	37	0.382898909	15.487783
36	0.000000000	19.536130540	1.541411647	36	0.381192257	15.734756
35	0.000000000	19.834677985	1.541411647	35	0.379485605	15.981729
34	0.000000000	20.133225430	1.541411647	34	0.377778953	16.228702
33	0.000000000	20.431772875	1.541411647	33	0.376072301	16.475675
32	0.000000000	20.730320320	1.541411647	32	0.374365649	16.722648
31	0.000000000	21.028867765	1.541411647	31	0.372658997	16.969621
30	0.000000000	21.327415210	1.541411647	30	0.370952345	17.216594
29	0.000000000	21.625962655	1.541411647	29	0.369245693	17.463567
28	0.000000000	21.924510100	1.541411647	28	0.367539041	17.710540
27	0.000000000	22.223057545	1.541411647	27	0.365832389	17.957513
26	0.000000000	22.521604990	1.541411647	26	0.364125737	18.204486
25	0.000000000	22.820152435	1.541411647	25	0.362419085	18.451459
24	0.000000000	23.118699880	1.541411647	24	0.360712433	18.698432
23	0.000000000	23.417247325	1.541411647	23	0.359005781	18.945405
22	0.000000000	23.715794770	1.541411647	22	0.357299129	19.192378
21	0.000000000	24.014342215	1.541411647	21	0.355592477	19.439351
20	0.000000000	24.312889660	1.541411647	20	0.353885825	19.686324
19	0.000000000	24.611437105	1.541411647	19	0.352179173	19.933297
18	0.000000000	24.910000000	1.541411647	18	0.350472521	20.180270
17	0.000000000	25.208562945	1.541411647	17	0.348765869	20.427243
16	0.000000000	25.507125890	1.541411647	16	0.347059217	20.674216
15	0.000000000	25.805688835	1.541411647	15	0.345352565	20.921189
14	0.000000000	26.104251780	1.541411647	14	0.343645913	21.168162
13	0.000000000	26.402814725	1.541411647	13	0.341939261	21.415135
12	0.000000000	26.701377670	1.541411647	12	0.340232609	21.662108
11	0.000000000	27.000000000	1.541411647	11	0.338525957	21.909081
10	0.000000000	27.298562945	1.541411647	10	0.336819305	22.156054
9	0.000000000	27.597125890	1.541411647	9	0.335112653	22.403027
8	0.000000000	27.895688835	1.541411647	8	0.333406001	22.650000
7	0.000000000	28.194251780	1.541411647	7	0.331699349	22.896973
6	0.000000000	28.492814725	1.541411647	6	0.329992697	23.143946
5	0.000000000	28.791377670	1.541411647	5	0.328286045	23.390919
4	0.000000000	29.090000000	1.541411647	4	0.326579393	23.637892
3	0.000000000	29.388562945	1.541411647	3	0.324872741	23.884865
2	0.000000000	29.687125890	1.541411647	2	0.323166089	24.131838
1	0.000000000	29.985688835	1.541411647	1	0.321459437	24.378811

Generación de variables aleatorias normalizadas usando la fórmula

$$y = \sqrt{-2 \ln u_2} \text{sen}(2\pi u_1)$$

4.1.6 Generación de Variables Aleatorias Correlacionados

Para ello tomo en cuenta la matriz de descomposición de Cholesky; con ello multiplico con los números (z) generados agregando las medias cuyo valor es nulo.

1	0	0	0	0.6567925	0.6567925	0.6567925	0.87536796	0.72620795	-1.10483163
0.8825	0.4703	0	0	0.62885089	0.87536796	-0.07064383	0.50147779	0.25757927	0.51803093
0.9802	0.13811	0.14189	0	-0.03122604	0.72620795	-0.77530148	-0.97663234	-0.98654782	0.33073913
-0.62273	0.0627	-0.16752	0.76172	-0.97212515	-1.10483163	0.33506129	0.09753163	0.15486334	-1.63111956
				-0.07064383	-0.07064383	0.08842006	0.44824545	0.00182427	0.11449196
				1.19885386	0.50147779	1.10197804	0.37485326	0.92008777	-1.08116595
				1.13644828	0.25757927	-0.51437205	-0.530834	-0.49304302	1.71845155
				0.77357635	0.51803093	1.68322924	-1.37809324	-1.66950305	0.81911304
				-0.77530148	-0.77530148	-0.4657186	-0.15298327	-0.38041772	1.37954161
				-0.62179202	-0.97663234	-1.4529835	-1.27837379	-1.49131612	1.39520208
				-0.99176558	-0.98654782	-0.02367828	-0.27045682	-0.20175352	0.31098284
				-0.36656327	0.33073913	0.92872841	0.86055969	1.17073877	-0.30094968
				0.33506129	0.33506129	-0.99176558	1.18002879	1.82530783	1.47280618
				-0.42134798	0.09753163	-0.36656327	2.54203318	2.3045701	2.17638637
				-0.81310426	0.15486334	-0.18409844	0.03296581	-0.19892691	0.60124555
				-2.01157846	-1.63111956	0.33506129	0.33506129	1.42770937	0.56696054
				0.08842006	0.08842006	-0.42134798	0.09753163	-0.99975612	-0.94809565
				0.78718849	0.44824545	-0.81310426	0.15486334	-0.27435303	-0.28378927
				-1.3641812	0.00182427	-2.01157846	-1.63111956	-0.83046311	-1.10913535
				-0.14221836	0.11449196	-1.0308555	-1.06381214	-1.17869178	-0.45630496
						0.08842006	0.08842006	-1.33075319	-1.70804818
						0.78718849	0.44824545	-0.03206182	-0.29654541
						-1.3641812	0.00182427	1.35719952	0.7586463
						-0.14221836	0.11449196	-1.77225236	-1.25769936
								-0.14905262	-0.48261465
									-0.5425957
									0.20275292

La distribución normal multivariada $N(0, M)$ donde M es la matriz de varianzas y covarianzas. Según Fishman $X = L*Z + \mu$ (donde $\mu = 0$, Z =números del tablero anterior).

4.1.6.1 CUADRO DE DISTRIBUCION NORMAL MULTIVARIADA

DISTRIBUCION NORMAL MULTIVARIADA			
Precio Leche	Precio Maiz	Precio Soya	Producción Leche
0.001823563	1.317005986	-1.210646978	-0.201715845
-0.254546149	0.619783829	0.162365957	-0.472988739
0.25079887	1.425096248	-2.055713031	0.283464295
-0.572481994	-1.151745024	-0.561420846	-0.523122899
0.435233295	-0.461298674	-1.197065619	-0.547392116
0.230673339	0.192232744	0.95745177	0.068859674
-1.898532841	0.941515304	1.011776391	-0.003189048
1.298925062	0.270679892	0.449030075	-0.714600712
-0.057059049	0.482002338	-1.089433905	-0.480362787
-0.434515236	0.428651163	1.025371801	-0.004269879
-2.291610622	-0.474548062	-1.123821726	-0.556721906
-0.558111376	0.732227742	-1.413880055	0.565948805
-0.558925428	-1.39276216	2.158026078	2.356169954
-1.324846881	-0.468793378	0.014906307	0.585234806
1.325346536	0.177137862	1.18809994	0.058106378
0.689654386	-0.868027718	0.83730113	0.225182078
0.688625318	1.598254943	0.522918783	-0.836100463
0.916310308	-0.265261791	-0.29978518	-0.072108131
0.342196374	1.048002795	0.557144572	1.292507738
1.282902064	0.484383351	0.175221832	-0.009344747
-0.03053266	-1.67551926	-1.136352369	0.332133193
-0.220149858	-0.242879828	-2.016746482	-0.067864674
0.337291472	-2.626412842	-1.615141468	1.115764488
-1.427798929	0.280366324	-0.228945081	-0.705317227
-1.569749982	-0.309928522	0.91733106	2.257876251
0.942115529	0.715286313	-0.158417285	-0.124111741
-1.242229315	-2.548897467	-0.782803621	-0.536568978
0.303998073	0.253144947	-1.613452282	0.609128059
-1.307340376	-1.461393702	-0.944606198	-0.361030117
0.780888447	-1.199364818	-0.985220296	-0.18755699
-0.44428651	-2.188698393	0.132890996	-1.670018305
-0.08814182	0.230676998	1.361316522	0.41422743
1.595711111	1.165796586	-0.376752546	0.121095496
1.934832663	-1.11876042	0.067716416	-0.109212807
-1.440205665	-1.297660443	0.593140791	0.483513281
0.753008961	0.344988137	0.196804798	1.196923792

Lista de variables multivariadas para cada una de las variables críticas (resultados del producto matricial del cuadro anterior).

4.1.6.2 TRANSFORMACION DE LA DISTRIBUCION NORMAL MULTIVARIADA EN DISTRIBUCION UNIFORME MULTIVARIADA.

DISTRIBUCION UNIFORME MULTIVARIADA			
Precio Leche	Precio Maiz	Precio Soya	Produccion Leche
0.542639291	0.80041002	0.114095839	0.364687979
0.48198079	0.76839647	0.526392102	0.297310878
0.601548233	0.95901344	0	0.485194053
0.4067554	0.34907666	0.354623802	0.284858862
0.645186445	0.51250489	0.203773274	0.278831022
0.596786421	0.66719539	0.715081006	0.431891871
0.09300439	0.84455012	0.727973266	0.41399685
0.849540723	0.68576378	0.59442292	0.237300775
0.528707337	0.73578368	0.229316315	0.295479357
0.439399102	0.72315549	0.731199714	0.4137284
0	0.50936877	0.221155435	0.276513746
0.410155568	0.79501188	0.152319106	0.555355827
0.409962959	0.29202805	1	1
0.228741681	0.5107309	0.491397138	0.560145966
0.855792191	0.66362244	0.76981818	0.429221033
0.705383891	0.41623237	0.686566886	0.470718273
0.705140407	1	0.611958108	0.20712341
0.759011943	0.55890671	0.416714895	0.39687915
0.623173392	0.86975565	0.620080535	0.735814088
0.845749592	0.73634726	0.529443045	0.412467935
0.534983628	0.22509961	0.218181676	0.497282136
0.490119144	0.5642045	0.009247499	0.397933114
0.622012864	0	0.104555966	0.691915681
0.204382653	0.68805655	0.433526591	0.23960655
0.170796244	0.54835779	0.705559603	0.975586412
0.765117602	0.79100186	0.450264171	0.383962812
0.248289457	0.01837151	0.302085482	0.281519207
0.614135461	0.68161327	0.104956842	0.566080426
0.232883817	0.275783	0.26368667	0.325118475
0.726970377	0.33780508	0.254048176	0.368204669
0.437087165	0.10363042	0.519397136	0
0.52135298	0.67629512	0.810925751	0.5176722
0.919761954	0.89763737	0.398449083	0.444865884
1	0.35688409	0.503929976	0.387663318
0.201447151	0.31453857	0.628623119	0.534880996
0.720373936	0.7033525	0.534565091	0.712073533

Esta matriz me permite hallar números aleatorios entre cero y uno (la función inversa que mantenga la correlación original)

**4.1.6.3 TRANSFORMACION DE LA DISTRIBUCION UNIFORME
MULTIVARIADA EN DISTRIBUCION TRIANGULAR
MULTIVARIADA.**

	MENOR	MODA	MAYOR	PROB. MODA
PARAMETROS	a	b	c	M
Precio Leche	2.128	2.343	4.866	0.0785
Precio Maiz	96	125	313	0.1336
Precio Soya	225	544	544	1
Produccion Leche	16.6	19.1	23.6	0.3571

DISTRIBUCION TRIANGULAR MULTIVARIADA			
Precio Leche	Precio Maiz	Precio Soya	Produccion Leche
3.088519793	222.764349	332.752061	19.12648587
2.974317354	215.796618	456.443701	18.88099548
3.206935672	272.108831	225	19.57304242
2.841619039	150.04274	414.965451	18.83271809
3.300419336	171.97571	369.000598	18.80896874
3.197051552	196.4792	494.754255	19.36970378
2.362901502	233.365	497.175105	19.30359462
3.846505628	199.776413	470.94526	18.63783305
3.061650404	209.178186	377.759476	18.87395883
2.898103553	206.726067	497.777591	19.30261063
2.128	171.522823	375.01666	18.79977057
2.847428723	221.552226	349.499577	19.85750198
2.847099175	143.051702	544	23.6
2.557790214	171.71935	448.618121	19.87771548
3.867909925	195.855393	504.888313	19.35977153
3.439395492	158.677662	489.321288	19.5168181
3.43880611	313	474.546527	18.5038539
3.57575226	178.855146	430.925531	19.24129529
3.25258486	240.106594	476.197164	20.71523723
3.833741406	209.288973	457.11345	19.29799349
3.0737051	135.20001	374.004649	19.62060146
2.989235844	179.663159	255.67629	19.24510541
3.250102322	96	328.149017	20.48477031
2.521622909	200.190227	435.038328	18.6477096
2.472651303	177.26056	492.952329	22.72305756
3.59220194	220.662097	439.054508	19.19486987
2.587229084	106.752299	400.329749	18.81959143
3.23335117	199.031123	328.346568	19.90291107
2.563996819	141.112954	388.807873	18.98528265
3.492653163	148.637888	385.786182	19.13888434
2.894049891	121.537154	454.900787	16.6
3.04762678	198.083229	512.264017	19.70213832
4.121498598	248.378131	426.361807	19.41828688
4.866	151.022975	451.451801	19.20812051
2.517301994	145.775347	477.921563	19.77230505
3.47616203	202.990767	458.233527	20.58840844

Esta matriz me permite hallar variables aleatorias distribuidas triangularmente de acuerdo a los parámetros calculados (la función inversa que mantenga la correlación original).

4.1.7 Cálculo de la Matriz de Programación Lineal con Riesgo.

$$\text{Max: } -420x_1 - 120x_2 - 462x_3 - 132x_4 - 1344x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 1950x_{10} + 85x_{11} + 1.05x_{12}$$

s.a.

$$0.125x_1 + 0.02x_2 + 0.0002x_6 + 0.0014x_7 + 0.0025x_8 + 0.004x_9 + 0.004x_{10} + 0.0002x_{11} \leq 120$$

$$437.5x_1 + 75x_2 + 0.68x_6 + 1.78x_7 + 2.72x_8 + 8.1x_9 + 3.4x_{10} + 0.00184x_{12} \leq 44000$$

$$7x_1 + 0.8x_2 + 0.02x_6 + 0.01x_7 + 0.01x_8 + 0.01x_9 + 0.01x_{10} + 0.02x_{11} + 0.0025x_{12} \leq 500$$

$$-850x_1 - 250x_2 - 850x_3 - 250x_4 - 850x_5 + 1.18x_6 + 6.2x_7 + 10.4x_8 + 15x_9 + 15x_{10} + 1.18x_{11} + 7x_{12} \leq 0$$

$$-2.98x_1 - 1.21x_2 - 2.98x_3 - 1.21x_4 - 3.41x_5 + 4x_6 + 2.41x_7 + 2.32x_8 + 37.03x_9 + 19.5x_{10} + 4x_{11} + 17.53x_{12} \geq 0$$

$$-85000x_1 - 25000x_2 - 85000x_3 - 25000x_4 - 510000x_5 + 273x_6 + 890x_7 + 1490x_8 + 3800x_9 + 1800x_{10} + 273x_{11} + 2000x_{12} \leq 0$$

$$x_{12} \geq 20000$$

$$-0.45x_6 - 0.45x_7 - 0.45x_8 + 0.55x_9 - 0.45x_{10} - 0.45x_{11} \geq 0$$

$$-0.10x_6 - 0.10x_7 - 0.10x_8 - 0.10x_9 + 0.9x_{10} - 0.10x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$-0.16x_6 - 0.16x_7 + 0.84x_8 - 0.16x_9 - 0.16x_{10} - 0.16x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$-0.08x_6 + 0.92x_7 - 0.08x_8 - 0.08x_9 - 0.08x_{10} - 0.08x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$-0.08x_6 - 0.08x_7 - 0.08x_8 - 0.08x_9 - 0.08x_{10} + 0.92x_{11} + 0x_{12} \geq 0$$

$$\begin{aligned}
&+0.87x_6 - 0.13x_7 - 0.13x_8 - 0.13x_9 - 0.13x_{10} - 0.13x_{11} + 0x_{12} \geq 0 \\
&-20.4525x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 1x_{12} = 0 \\
&-0.12x_1 - 0.12x_2 - 0.12x_3 - 0.12x_4 + 0.88x_5 \geq 0 \\
&-0.73x_1 + 0.27x_2 - 0.73x_3 + 0.27x_4 - 0.73x_5 \leq 0 \\
&0.12x_1 + 0x_2 + 0.12x_3 + 0x_4 - 0.15x_5 \leq 0 \\
&0.73x_1 - 0.15x_2 + 0.73x_3 - 0.15x_4 + 0x_5 \geq 0 \\
&721.8x_1 + 99.66x_2 + 900x_3 + 110x_4 + 1250x_5 + 77.5x_6 + 540x_7 + 630x_8 + 750x_9 + \\
&750x_{10} + 67.5x_{11} + 0.8x_{12} \leq 1\,500\,000 \\
&-634.88x_3 - 948.34x_5 + 2.36x_{12} - T + D_1 \geq 0 \\
&-615.02x_3 - 1300.86x_5 + 2.25x_{12} - T + D_2 \geq 0 \\
&-775.51x_3 - 641.25x_5 + 2.51x_{12} - T + D_3 \geq 0 \\
&-427.62x_3 - 1182.65x_5 + 2.14x_{12} - T + D_4 \geq 0 \\
&-490.13x_3 - 1051.65x_5 + 2.48x_{12} - T + D_5 \geq 0 \\
&-559.96x_3 - 1410.05x_5 + 2.48x_{12} - T + D_6 \geq 0 \\
&-665.09x_3 - 1416.95x_5 + 1.82x_{12} - T + D_7 \geq 0 \\
&-569.36x_3 - 1342.19x_5 + 2.87x_{12} - T + D_8 \geq 0 \\
&-596.16x_3 - 1076.61x_5 + 2.31x_{12} - T + D_8 \geq 0 \\
&-589.17x_3 - 1418.67x_5 + 2.24x_{12} - T + D_{10} \geq 0 \\
&-488.84x_3 - 1068.80x_5 + 1.60x_{12} - T + D_{11} \geq 0 \\
&-631.42x_3 - 996.07x_5 + 2.26x_{12} - T + D_{12} \geq 0 \\
&-407.70x_3 - 1550.4x_5 + 2.69x_{12} - T + D_{13} \geq 0 \\
&-489.40x_3 - 1278.56x_5 + 2.03x_{12} - T + D_{14} \geq 0 \\
&-558.19x_3 - 1438.93x_5 + 2.99x_{12} - T + D_{15} \geq 0 \\
&-452.23x_3 - 1394.56x_5 + 2.68x_{12} - T + D_{16} \geq 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -892.05x_3 - 1352.45x_5 + 2.54x_{12} - T + D_{17} \geq 0 \\
& -509.74x_3 - 1228.14x_5 + 2.75x_{12} - T + D_{18} \geq 0 \\
& -684.30x_3 - 1357.16x_5 + 2.69x_{12} - T + D_{19} \geq 0 \\
& -596.47x_3 - 1302.77x_5 + 2.96x_{12} - T + D_{20} \geq 0 \\
& -385.32x_3 - 1065.91x_5 + 2.41x_{12} - T + D_{21} \geq 0 \\
& -512.04x_3 - 728.68x_5 + 2.30x_{12} - T + D_{22} \geq 0 \\
& -273.6x_3 - 935.22x_5 + 2.66x_{12} - T + D_{23} \geq 0 \\
& -570.54x_3 - 1239.85x_5 + 1.88x_{12} - T + D_{24} \geq 0 \\
& -505.19x_3 - 1404.91x_5 + 2.25x_{12} - T + D_{25} \geq 0 \\
& -628.89x_3 - 1251.30x_5 + 2.75x_{12} - T + D_{26} \geq 0 \\
& -304.24x_3 - 1140.94x_5 + 1.94x_{12} - T + D_{27} \geq 0 \\
& -567.24x_3 - 935.79x_5 + 2.57x_{12} - T + D_{28} \geq 0 \\
& -402.17x_3 - 1108.10x_5 + 1.95x_{12} - T + D_{29} \geq 0 \\
& -423.62x_3 - 1099.49x_5 + 2.67x_{12} - T + D_{30} \geq 0 \\
& -346.38x_3 - 1296.47x_5 + 1.92x_{12} - T + D_{31} \geq 0 \\
& -564.54x_3 - 1459.95x_5 + 2.40x_{12} - T + D_{32} \geq 0 \\
& -707.88x_3 - 1215.13x_5 + 3.20x_{12} - T + D_{33} \geq 0 \\
& -430.41x_3 - 1286.64x_5 + 3.74x_{12} - T + D_{34} \geq 0 \\
& -415.46x_3 - 1362.07x_5 + 1.99x_{12} - T + D_{35} \geq 0 \\
& -578.52x_3 - 1305.96x_5 + 1x_{12} - T + D_{36} \geq 0 \\
& 1/36 (D_1 + D_2 + \dots + D_{35} + D_{36}) - Q = 0 \\
& T - (1/L) Q \geq \text{Lim.}
\end{aligned}$$

El problema de PL sin riesgo se amplía colocando las variables sintéticas halladas en el tablero anterior luego se determina una mínima utilidad bruta (g) para luego determinar el grado de aversión al riesgo L (se coloca $-1/L$).

4.2 RESULTADOS

4.2.1. Presentación de los Resultados sin Riesgo

La solución del problema sin riesgo me permite hallar los valores de las

1	MAIZ G SEMB	29.3211	-420.0000	-12,314.8600	0	basic	-501.8928	-376.3320
2	MAIZ CH SEM	266.5758	-120.0000	-31,989.1000	0	basic	-124.9873	37.9229
3	MAIZ G COMP	25.4548	-462.0000	-11,760.1000	0	basic	-505.8075	-379.5727
4	MAIZ CH COM	0	-132.0000	0	-4.9784	at bound	-M	-127.0216
5	SOYA	71.8496	-1,344.0000	-96,565.8500	0	basic	-2,985.3910	-265.3240
6	TERNERA	301.7430	0	0	0	basic	-1,110.8750	1,572.0600
7	VAQUILLA	185.6880	0	0	0	basic	-1,805.1730	1,848.3500
8	VAQUILLONA	371.3761	0	0	0	basic	-902.5862	1,864.3350
9	VACA PROD	1,044.4950	0	0	0	basic	-320.9196	719.1718
10	VA DESC ENG	232.1101	1,950.0000	452,614.7000	0	basic	505.8624	5,186.2730
11	TERNERO	185.6880	85.0000	15,783.4800	0	basic	-1,720.1730	1,655.6840
12	LECHE	21,362.5400	1.0500	22,430.6600	0	basic	-14.6410	36.2130
	Objective	Function	(Max.) =	338,198.9000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	SUELO	15.3890	<=	120.0000	104.6110	0	15.3890	M
2	AGUA	43,655.9100	<=	44,000.0000	344.0874	0	43,655.9100	M
3	JORNALES	500.0000	<=	500.0000	0	11.6409	293.7292	505.4871
4	BAL MAT SECA	0.0098	<=	0	0	0.4305	-5,214.2360	29,351.4500
5	ENER METAB	420,217.1000	>=	0	420,217.1000	0	-M	420,217.1000
6	PROT CRUDA	2.2188	<=	0	0	0.0025	-15,885,650.0000	2,645,120.0000
7	DEM LECHE	21,362.5400	>=	20,000.0000	1,362.5370	0	-M	21,362.5400
8	PROPPROD	0.0000	>=	0	0	2,099.5080	-74.9781	0.0000
9	PROPDESC	0.0000	>=	0	0.0000	0	-M	0.0000
10	PROPVONA	0.0000	>=	0	0	1,920.6670	-360.4838	0.0000
11	PROPVLLA	0.0000	>=	0	0	1,897.4400	-180.8840	0.0000
12	PROPTRO	0.0000	>=	0	0	1,704.1770	-139.3500	0.0000
13	PROPTRA	0.0000	>=	0	0	1,789.1770	-139.3500	0.0000
14	PRODLECHE	-0.0020	=	0	0	-7.0694	-1,529.9110	8,374.0740
15	PROPSOYA	24.6654	>=	0	24.6654	0	-M	24.6654
16	PROPCHALA	-20.4611	<=	0	20.4611	0	-20.4611	M
17	PROPMS	-4.2043	<=	0	4.2043	0	-4.2043	M
18	PROPMCH	0.0000	>=	0	0	118.2909	-4.7922	42.9554
19	CAPITALP	1,500,000.0000	<=	1,500,000.0000	0	0.2216	1,403,516.0000	1,541,957.0000

variables de decisión a demás del análisis económico y de sensibilidad para hacer mi solución aplicable a la realidad.

4.2.2. Presentación de los Resultados Asumiendo un Límite de Riesgo

Esta nueva solución, cuya aversión al riesgo, tiene impacto en el beneficio bruto. Adiciona un conjunto de nuevas variables sujetas a todos los análisis del cuadro anterior.

22:38:08		Tuesday	October	19	2010	Allowable	Allowable	
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit (\$)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Min. RHS	Max. RHS	
1	MAIZ G SEMB	29.3211	-20.0000	-12,314.8600	0	basic	501.8929	3,622.0150
2	MAIZ CH SEM	266.6768	-20.0000	-31,989.1000	0	basic	-614.6771	37.9229
3	MAIZ G COMP	26.4646	-462.0000	-11,760.1000	0	basic	-1,997.0200	-379.6727
4	MAIZ CH COM	0	-132.0000	0	-4.9795	at bound	-M	M
5	SOYA	71.8496	-1,344.0000	-96,965.8500	0	basic	-2,995.3910	-265.3239
6	TERNERA	301.7430	0	0	0	basic	-1,110.8750	M
7	VAQUILLA	186.6980	0	0	0	basic	-1,805.1720	M
8	VAQUILLONA	371.3761	0	0	0	basic	-802.5859	M
9	VACA PROD	1,044.4956	0	0	0	basic	-320.9194	M
10	VA DESC ENG	232.1101	1,950.0000	452,614.6000	0	basic	506.8625	M
11	TERNERO	186.6980	65.0000	15,793.4800	0	basic	-1,720.1720	M
12	LECHE	21,362.6400	1,050.00	22,430.6600	0	basic	-14.6410	M
13	T	2,759.7740	0	0	0	basic	0	0
14	D1	21,046.1000	0	0	0	basic	0	0
15	D2	46,434.4600	0	0	0	basic	0	0
16	D3	0	0	0	0	at bound	-M	0
17	D4	0	0	0	0	at bound	-M	0
18	D5	20,300.1700	0	0	0	basic	0	0
19	D6	49,965.0800	0	0	0	basic	0	0
20	D7	71,132.0900	0	0	0	basic	0	0
21	D8	31,442.7300	0	0	0	basic	0	0
22	D9	29,919.5100	0	0	0	basic	0	0
23	D10	57,736.4600	0	0	0	basic	0	0
24	D11	46,493.7200	0	0	0	basic	0	0
25	D12	29,516.4100	0	0	0	basic	0	0
26	D13	63,650.0600	0	0	0	basic	0	0
27	D14	62,393.2600	0	0	0	basic	0	0
28	D15	37,681.6900	0	0	0	basic	0	0
29	D16	40,982.6300	0	0	0	basic	0	0
30	D17	49,183.2600	0	0	0	basic	0	0
31	D18	27,712.1900	0	0	0	basic	0	0
32	D19	48,261.6200	0	0	0	basic	0	0
33	D20	29,727.7500	0	0	0	basic	0	0
34	D21	23,570.2200	0	0	0	basic	0	0
35	D22	4,275.0020	0	0	0	basic	0	0
36	D23	7,491.1250	0	0	0	basic	0	0
37	D24	52,532.5700	0	0	0	basic	0	0
38	D25	63,796.0100	0	0	0	basic	0	0
39	D26	31,982.6300	0	0	0	basic	0	0
40	D27	37,151.2300	0	0	0	basic	0	0
41	D28	15,433.8700	0	0	0	basic	0	0
42	D29	37,925.3600	0	0	0	basic	0	0
43	D30	17,985.5700	0	0	0	basic	0	0
44	D31	42,989.9000	0	0	0	basic	0	0
45	D32	56,871.0800	0	0	0	basic	0	0
46	D33	20,071.6300	0	0	0	basic	0	0
47	D34	2,124.7640	0	0	0	basic	0	0
48	D35	57,366.5100	0	0	0	basic	0	0
49	D36	36,977.6400	0	0	0	basic	0	0
50	TQR	35,116.6000	0	0	0	basic	0	0
Objective		Function	(Max.) =	338,198.8000	(Note: Alternates	Solution	Existall)	
Constraint		Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	SUELO	15.3890	<=	120.0000	104.6110	0	15.3890	M
2	AGUA	43,655.9100	<=	44,000.0000	344.0872	0	43,655.9100	M
3	JORNALES	500.0000	<=	500.0000	0	11.6409	494.4769	505.4871
4	BAL MAT SECA	-0.0059	<=	0	0	0.4305	-1,158.5560	29,351.4500
5	ENER METAB	420,217.1000	>=	0	420,217.1000	0	-M	420,217.1000
6	PROT CRUDA	2.2189	<=	0	0	0.0025	-1,764,556.0000	1,031,093.0000
7	DEM LECHE	21,362.5400	>=	20,000.0000	1,362.5380	0	-M	21,362.5400
8	PROPPROD	0.0001	>=	0	0	0	-M	0
9	PROPPDESC	0.0000	>=	0	0	-2,099.5090	-21.1620	0
10	PROPVONA	0.0000	>=	0	0	-178.8415	-22.5364	0
11	PROPVLLA	0.0000	>=	0	0	-202.0687	-23.2192	0
12	PROPTRO	0.0000	>=	0	0	-395.3308	-54.7503	0
13	PROPTRA	0.0000	>=	0	0	-310.3308	-54.7503	0
14	PRODLECHE	-0.0020	=	0	0	-7.0694	-1,529.9120	443.5140
15	PROPSOYA	24.6654	>=	0	24.6654	0	-M	24.6654
16	PROPCHALA	-20.4611	<=	0	20.4611	0	-20.4611	M
17	PROPPMS	-4.2043	<=	0	4.2043	0	-4.2043	M
18	PROPMCH	0.0000	>=	0	0	118.2909	-4.7922	42.9554
19	CAPITALP	1,500,000.0000	<=	1,500,000.0000	0	0.2216	1,403,516.0000	1,541,957.0000
20	M1	-0.0078	>=	0	0	0	-122,592.9000	6,194,171.000.0000
21	M2	0	>=	0	0	0	-149,953.4000	6,194,171.000.0000
22	M3	0	>=	0	0	0	-101,564.8000	6,194,171.000.0000
23	M4	5,866,682.0000	>=	0	5,866,682.0000	0	-M	5,866,682.0000
24	M5	0	>=	0	0	0	-121,816.7000	6,194,171.000.0000
25	M6	0	>=	0	0	0	-151,482.6000	6,194,171.000.0000
26	M7	0	>=	0	0	0	-172,629.5000	6,194,171.000.0000
27	M8	0	>=	0	0	0	-132,977.7000	6,194,171.000.0000
28	M9	0	>=	0	0	0	-131,456.6000	6,194,171.000.0000
29	M10	0	>=	0	0	0	-159,246.6000	6,194,171.000.0000
30	M11	-0.0156	>=	0	0	0	-148,014.5000	6,194,171.000.0000
31	M12	0	>=	0	0	0	-131,053.3000	6,194,171.000.0000
32	M13	0	>=	0	0	0	-165,154.6000	6,194,171.000.0000
33	M14	0	>=	0	0	0	-153,908.5000	6,194,171.000.0000
34	M15	0	>=	0	0	0	-139,211.0000	6,194,171.000.0000
35	M16	0	>=	0	0	0	-142,508.6000	6,194,171.000.0000
36	M17	0	>=	0	0	0	-150,671.5000	6,194,171.000.0000
37	M18	0	>=	0	0	0	-129,250.7000	6,194,171.000.0000
38	M19	0	>=	0	0	0	-149,780.7000	6,194,171.000.0000
39	M20	0	>=	0	0	0	-131,264.4000	6,194,171.000.0000
40	M21	0	>=	0	0	0	-125,112.7000	6,194,171.000.0000
41	M22	0	>=	0	0	0	-105,835.7000	6,194,171.000.0000
42	M23	-0.0156	>=	0	0	0	-109,048.6000	6,194,171.000.0000
43	M24	0	>=	0	0	0	-154,047.6000	6,194,171.000.0000
44	M25	0	>=	0	0	0	-165,300.4000	6,194,171.000.0000
45	M26	0	>=	0	0	0	-133,517.1000	6,194,171.000.0000
46	M27	0	>=	0	0	0	-136,680.8000	6,194,171.000.0000
47	M28	-0.0078	>=	0	0	0	-116,984.0000	6,194,171.000.0000
48	M29	0	>=	0	0	0	-139,454.2000	6,194,171.000.0000
49	M30	0	>=	0	0	0	-119,533.3000	6,194,171.000.0000
50	M31	0	>=	0	0	0	-144,514.0000	6,194,171.000.0000
51	M32	0	>=	0	0	0	-158,382.0000	6,194,171.000.0000
52	M33	-0.0039	>=	0	0	0	-20,071.6300	655,503.1000
53	M34	-0.0029	>=	0	0	0	-2,124.7640	655,503.1000
54	M35	0	>=	0	0	0	-57,366.5100	655,503.1000
55	M36	0	>=	0	0	0	-36,977.6400	655,503.1000
56	MDM PAR INF	0	=	0	0	0	-18,209.8800	35,116.6000
57	LIM SUP	1,600.9260	>=	1,000.0000	600.9260	0	-M	1,600.9260

4.3 DISCUSION DE RESULTADOS

La primera observación a realizar cuando se está planificando una empresa agropecuaria, con programación lineal, corresponde a las características del modelo que logra el máximo (óptimo) margen bruto total de la empresa; a continuación se presentan los resultados alcanzados.

Las 120 hectáreas no son destinadas en su totalidad a la actividad agropecuaria, logrando un margen bruto total (MBT) de \$ 338,198.90 por trimestre. Producto de sembrar 29.32 toneladas de maíz grano además de 266.57 toneladas de maíz chala y la compra de 25.45 tn. De maíz grano a si como 71.85 tn. De soya.

Con respecto a la parte pecuaria los resultados arrojan 302 terneras, 186 vaquillas, 371 vaquillonas 1044 vacas de producción (844 en actividad y 200 en secas) y 232 vacas de descarte 186 terneros logrando una producción de leche de 21,362.54 Kg. De leche.

Los resultados logrados se comparan con casos reales de distintos niveles de productividad ubicados en la zona norte del país. El establo que administra la Universidad nacional Faustino Sánchez Carrión y algunos establos como San Cayetano. Ubicado en la ciudad de Pacasmayo.

El incremento gradual de los precios internacionales de los dos insumos más importantes en la nutrición de las vacas lecheras como la soya y el

maíz desde el año 2006 como se muestra en la información de FEDEAGRO, obligó a adoptar medidas de austeridad entre otras como reducir los costos por alimentación gradualmente mientras se gestionaba en la Industria un precio que permitiera compensar estas alzas en los insumos alimenticios

Precios Internacionales de Productos Agrícolas en Dólares por tonelada													Fuente: Unidad Técnica de Fedeagro	
Soya														
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom	
2006	254	254	258	249	246	251	253	262	245	245	262	285	255	
2007	285	292	308	303	298	358	326	338	342	384	399	454	341	
2008	458	499	544	530	544	544	597	606	518	485	387	379	508	
2009	373	417	390	381	419	473	499	463					427	
Maíz														
2005	97	96	101	122	118	116	120	127	121	119	125	119	115	
2006	125	125	129	125	130	131	132	135	138	140	164	187	138	
2007	183	188	197	191	174	180	187	169	177	186	194	213	187	
2008	210	240	249	257	275	313	266	292	260	255	208	188	251	
2009	182	198	185	187	194	205	206	183					193	
Leche														
2005	2,160	2,194	2,128	2,269	2,314	2,401	2,386	2,427	2,433	2,413	2,453	2,401	2,332	
2006	2,343	2,343	2,336	2,333	2,296	2,309	2,324	2,302	2,307	2,355	2,346	2,295	2,324	
2007	2,277	2,310	2,333	2,373	2,488	2,568	2,634	2,806	3,008	3,184	3,489	3,753	2,769	
2008	3,796	4,327	4,732	4,862	4,862	4,866	4,859	4,813	4,725	4,620	4,608	4,322	4,594	

La toma de decisiones debe considerar el riesgo característico de las actividades agropecuarias, es decir, la variabilidad en los rendimientos producto del comportamiento del clima y las oscilaciones de los mercados en los precios de los commodities (leche, soja y maíz).

Los resultados se presentan en primer lugar manteniendo constante el nivel mínimo de margen bruto total (g) y con distintos niveles de probabilidad o de aversión al riesgo, en segundo término se muestran los resultados variando ambos parámetros.

Parametrización de los niveles de aversión al riesgo Se fija un nivel mínimo de margen bruto total (MBT) de \$ 100,000 por trimestre para evaluar los planes alternativos según el riesgo que esté dispuesto a asumir, este último expresado a través de la probabilidad de que el margen bruto total alcanzado sea menor al valor prefijado. Los valores seleccionados para tal fin parten de una probabilidad del 30 % de los evaluados con resultados inferiores al mínimo establecido hasta el 20%, escalonado cada 5%. Las alternativas logradas a partir de la parametrización muestran:

Probabilidad	Nivel mínimo MBT	MBT por trimestre
30%	100,000	338,198.9
25%	100,000	332,001.80
20%	100,000	320,804.3

Cuando la probabilidad es del 30% (3 de cada 10 trimestres no se alcanzaría el nivel mínimos deseado) el resultado es coincidente al modelo sin riesgo; el margen bruto total es máximo (338,198.9 por trimestre). Al aumentar el grado de aversión al riesgo, a partir de una probabilidad del 25 % hasta el 20 %, disminuyendo el margen bruto total.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- 1.- Al incorporar el riesgo que comprende la desviación de los parámetros críticos más relevantes en el modelo concluimos que el margen de utilidad es mayor cuando la aversión al riesgo es menor.
- 2.- Cuando se maneja valores cercanos por encima al umbral del 30% de riesgo el margen de utilidad es indiferente a un modelo aplicado sin riesgo.
- 3.- Cuando se maneja valores cercanos por debajo del umbral del 30% de riesgo el margen de utilidad disminuye, ello es relativo mas no absoluto, algunas veces se repite o podría variar la tendencia levemente.
- 4.- La implementación del modelo permite mejorar la producción lechera en el norte chico del país y por ende en todo el norte.
- 5.- El modelo matemático nos permite optimizar la problemática de la producción lechera, para ello fue necesario optimizar los sistemas

estocásticos previamente definidos. Este modelo en la medida de su aplicación mejora el proceso de la toma de decisiones.

6.-El modelo permite estimar la dinámica de la producción láctea de vacas lecheras gracias al algoritmo de cálculo generado con la finalidad de optimizar en forma adecuada los sistemas estocásticos.

7.- El modelo elaborado en función de su implementación permite elevar los índices de desarrollo social y empresarial de los ganaderos en la zona norte del país, tanto a corto como largo plazo.

5.2 RECOMENDACIONES

1.- Es necesario conocer la realidad en forma directa ya que ello permite definir el problema en base a la información recogida a los elementos generadores del problema.

2.- Dentro del modelo es necesario conocer el alcance de las herramientas y tecnologías como por ejemplo el software WinQSB, la técnica del MOTAD orientado a modelos con restricciones probabilísticas "Safety First", el cual permite manejar y evaluar las desviaciones.

3.- Para poder sintetizar las variables donde exista correlación es importante aplicar la técnica estadística.

4.- Es necesario utilizar series sintéticas ya que representa con mayor exactitud la situación actual y expectativas futuras en las variables seleccionadas (precios y rendimientos). Su aplicación en los rendimientos incorpora adecuadamente la variabilidad originada en el

cambio tecnológico y el clima, como también el ajuste de los rangos de precios posibles en el mediano y largo plazo incluyendo además las expectativas de mercado.

5.- Se considera de interés para futuros estudios incorporar a la matriz las variables que permitan evaluar la competitividad relativa a través de todos los factores (Tierra, Trabajo, Capital), nuevas tecnologías de producción agregando actividades y restricciones al modelo (por ejemplo BPM, disminución del stress térmico, producciones integradas, manejo de efluentes, fertilización en cultivos agrícolas y praderas, manejo de efluentes del tambo) y la conservación del suelo.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Simulación de Sistemas:** Herramienta que permite recrear o reproducir procesos a través de modelos matemáticos y/o lógicos apoyados en un ordenador.
- **MOTAD:** Mínima desviación absoluta total, Criterio de optimización que tiene muchas variantes en su implementación.
- **Programación Lineal con Riesgo:** Modelo lineal con doble criterio óptimo; maximizar los beneficios para un grado de aversión al riesgo.
- **Vaca Equivalente:** vaca promedio en base del cual se estiman los valores para los diferentes tipos de ganado que existe.
- **Balance de Energía:** Establece el balance de energía metabólica entre la oferta de alimento (forrajes frescos y conservados, y concentrados) y la demanda del hato de vacas totales.
- **Variables Sintéticas:** generar variables manteniendo su distribución de probabilidad y su interdependencia.

- **Descomposición de Cholesky:** donde L es una matriz triangular inferior con entradas diagonales estrictamente positivas, y L^t representa la conjugada traspuesta de L .
- **Win QSB:** Software potente que permite ingresar los valores a través de una matriz y pedir de manera amigable las medidas de desempeño.
- **Aversión al riesgo:** nivel de rechazo a la variabilidad de los parámetros que incidirán en la función objetivo.
- **Distribución de probabilidad Triangular:** le corresponde tres parámetros. El menor valor el mayor valor y el más probable. Distribución teórica de variable continua.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- AGUILAR, C. 1997. **Simulación de sistemas. Aplicaciones en producción animal.** Colección en Agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. 241 p.

- 2.- AGUILAR, C.; BARRERA, V. 1997. *Evaluación de la sostenibilidad de una alternativa de manejo en el sistema de producción de pequeños productores de Carchi, Ecuador.* Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 5(1): 1-20.

- 3.- ALLENDE, R., MORALES, S., Y AGUILAR, C., 2003. **Análisis de sistema de producción de carne de bovinos en confinamiento.** En: Aguilar, C., Allende, R., y Morales, S. *Gestión de sistemas pecuarios. Modelos para evaluar alternativas tecnológicas y creación de valor en la empresa pecuaria.* Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura, Santiago de Chile. p: 143-177.

- 4.- ALLENDE, R., AGUILAR, C., Y VENEGAS, R., 2001. **Desarrollo de Factores de Ajuste del Consumo Potencial para Vacas en lactancia.** XXVI Reunión de la Sociedad Chilena de Producción Animal, Santiago, Chile.
- 5.- ARIAS, P.1994. **“Planificación Agraria en contexto de riesgo, mediante los modelos MOTAD y de Markowitz. Una aplicación a la comarca de la campiña (Guadalajara)”.** *Investigación Agraria: Economía* 9(3): 393 - 409.
- 6.- BENEKE, R. Y R. WINTERBOER. 1984. **Programación Lineal: aplicación en la agricultura.** Traducción por Jorge Pares Olivet. Barcelona: Aedos.
- 7.- CABALLERO, R., E. CERDÁ, M^a.M. MUÑOZ, Y L. REY. 1997. **Programación Estocástica Multiobjetivo.** Presentado a las VI Jornadas ASEPUMA, Málaga.
- 8.- KATAOKA, S. 1963. **“A Stochastic Programming Model”.** *Econométrica* 31 (1/2), pp. 181-196.
- 9.- RAMÍREZ, ZULIANI L., Y L. FRANCO. 1996. **“Competencia entre el**

Tambo y la Agricultura en la Región Centro-Sur de la Provincia de Santa Fe: Aplicación de un Modelo de Programación Lineal con Restricciones Probabilísticas. Presentado en la XXVII Reunión Anual de Economía Agraria. Rafaela, 9,10 y 11 de octubre.

10.- IORIO, C Y M. MOSCIARO. 2003. ***Consideración del Riesgo en el Análisis de Estrategias Productivas de Explotaciones Familiares del Sur de Buenos Aires***. Presentado en las II Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales, Facultad de Ciencias Económicas (PIEA), Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.

11.- LACELLI, G., Y E. POLCAN. 1994. ***Gestión Agropecuaria: Análisis Comparativo de Métodos de Planificación por Programación Lineal con Riesgo***. Trabajo realizado en la Maestría de Economía Agraria. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires de Tambos, Cuenca Central Sanfasina, 2002/2003".

12.- MORALES, J.S., C. AGUILAR. 2002. ***La Investigación de sistemas agropecuarios en Latinoamérica. Modelo descriptivo***. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 10 (3) 184 -192.

13.- MACHADO, C., E. PONSSA, J. DUHALDE, Y L. DI NEZIO. 2005. ***Un Modelo Simple para la Decisión de Actividades Agrícolas - Ganaderas Bajo Condiciones de Riesgo a Partir de Datos Locales***. Revista

Argentina de Economía Agraria (2). pp. 89-95.

14.- OSTROWSKI, B. 1996. ***Evaluación de la unidad económica de una explotación mixta de aptitud agrícola-tambera en el oeste de la provincia de Buenos Aires por el método de programación lineal.***

Revista Argentina de Economía Agraria. S.p.

15.- PARTON K., y R. CUMMING. 1990. ***"An Application of Target-Motad Programming o the Análisis of Downside Business and Financial Risk on Farms"***. *Review of Marketing and Agricultural Economics* 58(1): 76 - 88.

16.- ROBINSON, L. J. y BARRY P.J . ***The Competitive Firm`s Response to Risk.*** *New York: Macmillan Publishing Co. Edicion 1987 345 p*

17.- ROY, A.D. 1952. ***"Safety-First and holding of Assets."*** *Econométrica* 20: 431 449.

18.- SCHNEIDER, G., y E. COMERÓN. 2002. ***"El Tambo versus la Agricultura (El país de los extremos - 2ª parte)"***. EEA INTA Rafaela.

Publicado en internet, disponible en <http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/miscelaneas>.

19.- SENGUPTA, J.K. 1969. ***"Safety-First Rules Under Chance-Constrained Linear Programming."*** *Operations Research* 17(1): 112 - 132.

- 20.- SILVA, M. y MANSILLA, A.1993. **Análisis de sistemas en Producción Animal**. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.1 Edición.
- 21.- TAUER, L. 1983. **"Target Motad"**. *American Journal of Economics Association* 65(3): 606 - 610.
- 22.-TESFAYE, G., y R. SHUMWAY. 1979. **"Farm Planning and Calf Marketing Strategies for Risk Management: An Application of Linear Programming and Statistical Decision Theory"**. *American Journal of Agricultural Economics* 61(2): 364 - 370.
- 23.- TESLER, L.G. 1955. **"Safety First and hedging"**. *Review of Economic Studies* 23: 1 - 16.
- 24.- VARGAS, G. 1999. **Gestión y Economía de la Producción Lechera**. *Publicaciones en Gestión Agropecuaria*. Fundación Chile.
Página Web http://www.agrogestion.cl/pub_prodlechera.htm
- 25.- VALDERRAMA, D., y C. ENGLE. 2002. **"A Risk Programming Model for Shrimp Farming in Honduras"**. *Journal of the World Aquaculture Society* 33(4): 398 - 409.