



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO DE LOS RECURSOS DE SIMULACIÓN EN LAS PEQUEÑAS FINCAS PRODUCTORAS DE LECHE EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

JESÚS ROMÁN BRITO CARVAJAL

**Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo,
presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH,
como requisito parcial para la obtención del grado de Magíster en:**

GESTIÓN INDUSTRIAL Y SISTEMAS PRODUCTIVOS

RIOBAMBA - ECUADOR

Mayo, 2017



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado “**MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO DE LOS RECURSOS DE SIMULACIÓN EN LAS PEQUEÑAS FINCAS PRODUCTORAS DE LECHE EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**”, de responsabilidad del Sr. Jesús Román Brito Carvajal ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Dr. Freddy Proaño, PhD. -----

PRESIDENTE

Dr. Julio Nolberto Pérez guerrero; PhD. -----

DIRECTOR

Ing. Carlos Santillán Mariño; M.Sc. -----

MIEMBRO

Dr. Juan Pérez Pupo; PhD. -----

MIEMBRO

Riobamba, mayo de 2017

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Jesús Brito, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en la presente Tesis, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Jesús Román Brito Carvajal

No. Cédula: CI: 060162473-7

©2017, Jesús Román Brito Carvajal

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

Yo, Jesús Román Brito Carvajal, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

Jesús Román Brito Carvajal
No. Cédula: CI: 060162473-7

DEDICATORIA

Para las personas que más amo en mi vida, que me apoyaron en todo el tiempo que duró este reto, por su infinito amor, cariño y comprensión que me brindaron cuando más necesite. Con todo cariño este trabajo les dedico a ustedes.

Esposa Blanca

Hijas Danya y Johana

Jesús Román

AGRADECIMIENTO

A la Escuela superior Politécnica de Chimborazo, por haberme brindado la oportunidad de estudiar: pregrado y dos maestrías.

Al Dr. Julio Pérez, tutor de este trabajo e investigación, por guiarme y trabajar junto a mí en la elaboración de este trabajo, ofreciéndome siempre su apoyo incondicional, sus conocimientos y experiencias. Le admiro como persona y profesional.

Al Ing. Msc. Carlos Santillán y Dr. Juan Pérez Pupo, asesores académicos de mi trabajo, por orientarme y guiarme en la elaboración de este trabajo, con sus acertadas y oportunas recomendaciones.

A los docentes que con sus enseñanzas llenaron los vacíos del conocimiento y todos mis compañeros de maestría por compartir sus conocimientos y experiencias sin egoísmo durante todo el tiempo que duró el ciclo de estudio.

Gracias a todas las personas que arrimaron el hombro directa o indirectamente en la realización de este trabajo.

Jesús Román

CONTENIDO

	Paginas
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del problema (antecedentes).....	1
1.2 Formulación del Problema	4
1.3 Sistematización del Problema.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
1.5 Justificación de la Investigación	5
1.5.1 <i>Justificación teórica</i>	5
1.5.2 <i>Justificación práctica</i>	6
1.5.3 <i>Justificación metodológica</i>	6
1.6 Hipótesis.....	7
CAPÍTULO II	
1. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Programación lineal.....	8
2.1.1 <i>Métodos de programación lineal</i>	10
2.1.2 <i>Ventajas y desventajas de la programación lineal</i>	12
2.1.3 <i>Formulación de un problema de programación lineal</i>	14
2.2 La simulación	16
2.2.1 <i>El método Monte Carlo</i>	16
2.2.2 <i>Modelos económicos</i>	17
2.3 Métodos de investigación en fincas productoras de leche.....	18

2.3.1	<i>Programación lineal en la industria lechera</i>	18
2.3.2	<i>Otros métodos aplicados</i>	19
2.3.3	<i>El estudio de caso</i>	20
2.3.3.1	<i>La selección de casos y la manera de establecer generalizaciones</i>	20
2.3.4	<i>Relaciones entre los estudios de caso y los estudios estadísticos</i>	21
2.3.5	<i>Fincas</i>	21
2.3.6	<i>La innovación tecnológica</i>	22
2.3.7	<i>Las fincas lecheras de la provincia de Chimborazo Ecuador</i>	23
2.3.8	<i>Finca Las Silvanitas</i>	24

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑAS FINCAS EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO	26
3.1	Fundamentación de la solución:	26
3.2	Selección de las fincas	27
3.3	<i>Modelo matemático de la alimentación y producción</i>	28
3.3.1	<i>Requerimientos y elementos necesarios según el rango de producción</i>	28
3.3.2	<i>Variables de decisión del modelo</i>	30
3.3.3	<i>Restricciones con los diferentes requerimientos del modelo</i>	30
3.3.4	<i>Planteamiento matemático</i>	30
3.3.5	<i>Condición de no negatividad</i>	32
3.3.6	<i>Modelo de dietas</i>	32
3.4	Modelo de Simulación	35
3.4.1	<i>Parámetros del Modelo</i>	36
3.4.2	<i>Estructura del modelo de simulación, Modificación y experimentación. Anexo 1</i>	36

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	38
4.1	Resultados de la aplicación de la programación lineal en la finca	38
4.1.1	<i>Selección de las fincas</i>	38
4.1.2	<i>Resultados de las encuestas</i>	40
4.1.3	<i>Encuesta realizada a los productores de leche de las fincas del sector. Los resultados de la encuesta a los productores de leche se muestran en el Anexo 2</i>	40
4.1.4	<i>Selección de la Finca</i>	40
4.1.5	<i>Diagnóstico de la finca</i>	41
4.2	Construcción del modelo de Programación Lineal y Simulación.	46

4.2.1	<i>Método de simulación</i>	65
4.3	Aplicación de la prueba de hipótesis	65
4.4	Comprobación de la hipótesis.....	66
4.4.1	<i>Regla de decisión</i>	68
4.5	Conclusiones y recomendaciones	70
4.5.1	<i>Conclusiones</i>	70
4.5.2	<i>Recomendaciones</i>	71

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	1-2 Producción anual.....	24
Tabla	2-3 Producción de leche diaria	29
Tabla	3-3 Elementos necesarios para el suplemento	29
Tabla	4-4 Modelo de encuesta en las fincas	39
Tabla	5-4 Encuesta pequeños Productores	43
Tabla	6-4 Composición nutricional de los pastos y del complemento	47
Tabla	7-4 Necesidades nutritivas de las vacas lecheras	48
Tabla	8-4 Restricciones.....	49
Tabla	9-4 Modelo y Simulación 1. Para producción de 10 litros con RAY-GRASS	49
Tabla	10-4 Modelo y Simulación 2. Para producción de 10 litros con RAY-GRASS Y PASTO AZUL	50
Tabla	11-4 Modelo y Simulación 3. Para producción de 10 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL y TREBOL.....	50
Tabla	12-4 Modelo y Simulación 3. Para producción de 10 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL, TRÉBOL y COMPLEMENTOS	51
Tabla	13-4 Análisis comparativo para producciones de 10 litros	52
Tabla	14-4 Restricciones para 15 litros	53
Tabla	15-4 Modelo y Simulación 1. Para producción de 15 litros con RAY-GRASS	53
Tabla	16-4 Modelo y Simulación 2. Para producción de 15 litros con RAY-GRASS y PASTO AZUL	54
Tabla	17-4 Modelo y Simulación 3. Para producción de 15 litros con PASTO AZUL y TREBOL.....	54
Tabla	18-4 Modelo y Simulación 4. Para producción de 15 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL, TREBOL.....	55
Tabla	19-4 Modelo y Simulación 5. Para producción de 15 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL, TREBOL y COMPLEMENTOS	55
Tabla	20-4 Análisis comparativo para producciones de 15 litros	56
Tabla	21-4 Restricciones para 20 litros	57
Tabla	22-4 Modelo y Simulación 1 para producción de 20 litros con RAY-GRASS	57
Tabla	23-4 Modelo y Simulación 2 para producción de 20 litros con RAY-GRASS y PASTO AZUL	58
Tabla	24-4 Modelo y Simulación 3 para producción de 20 litros con PASTO AZUL y TREBOL.....	58

Tabla 25-4 Modelo y Simulación 4 para producción de 20 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL y TREBOL	59
Tabla 26-4 Modelo y Simulación 5 para producción de 20 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL, TREBOL y COMPLEMENTOS	59
Tabla 27-4 Análisis comparativo para producciones de 20 litros	60
Tabla 28-4 Restricciones para 25 litros	61
Tabla 29-4 Modelo y simulación 1 para producción de 20 litros con RAY-GRASS	61
Tabla 30-4 Modelo y simulación 2 para producción de 20 litros con RAY-GRASS y PASTO AZUL	62
Tabla 31-4 Modelo y simulación 3 para producción de 20 litros con PASTO AZUL y TRÉBOL.....	62
Tabla 32-4 Modelo y simulación 4 para producción de 20 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL y TREBOL	63
Tabla 33-4 Modelo y simulación 5 para producción de 20 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL, TREBOL y COMPLEMENTOS	63
Tabla 34-4 Análisis comparativo para producciones de 25 litros	64
Tabla 1-4 Resultado general.....	82
Tabla 2-4 Calculo del Chi-cuadrado.....	83
Tabla 3-4 Probabilidad de un valor supuesto.....	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1-2 Finca las Silvanitas	25
Figura 2-4 Análisis comparativo	52
Figura 3-4 Análisis comparativo	56
Figura 4-4 Análisis comparativo	60
Figura 5-4 Análisis comparativo	64
Figura 6-4 Zona de rechazo y aceptación	69

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo aplicar un modelo de programación lineal para la optimización de los recursos y la simulación en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo. El trabajo se realizó analizando los requerimientos nutricionales y de alimentación del ganado lechero. Para establecer los indicadores que influyen en la producción de leche, se aplicaron encuestas, los resultados que se obtuvieron son: tipo de pasto, nutrientes, balanceado y alimentos adicionales. Para el desarrollo del modelo de programación lineal y su simulación, se utilizaron varias combinaciones con los distintos tipos de pasto agregándole el complemento alimenticio, obteniendo una producción máxima con la combinación de los tres tipos de pasto (Ray Grass, Pasto Azul y Trébol) más el complemento nutricional, demostrando de esta forma que se han encontrado las variables de decisión, y a la vez el modelo nos permitió analizar las variables de holgura como indicadores de faltante o sobrante del requerimiento nutricional. Para la validación del trabajo de investigación se seleccionó a la finca “Las Silvanitas” ubicada en parroquia Cebadas, cantón Guamote. La hipótesis del trabajo de investigación fue comprobada estadísticamente haciendo uso del Chi Cuadrado. Como resultado en el cálculo fue de 13,29 en la prueba de Chi cuadrado y el Chi cuadrado obtenido en tablas es de 7,81 por esta razón se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis de investigación. Se recomienda la aplicación de un modelo de programación lineal que permitirá identificar las variables para optimizar la producción de leche en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo.

Palabras Clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA INDUSTRIAL>, <PROGRAMACIÓN LINEAL>, <MODELO>, <SIMULACIÓN>, <VARIABLES DE DECISIÓN>, <VARIABLES DE HOLGURA>, <CHI CUADRADO>.

SUMMARY

This research aimed at applying a linear programming (LP) model for the resource optimization and the simulation at a small dairy farm in the province of Chimborazo. Dairy cattle nutritional requirements and feed were analyzed. To establish indicators affecting milk production, surveys were applied; the results were as follows: type of grass, nutrients and balanced feed and ancillary feed. Different types of grass were combined with ancillary feed to develop the linear programming model and its simulation. A maximum production was gotten by combining three types of grass (ray grass, bluegrass and clover) with the nutritional complement finding decision variables. Also, the slack variables as missing and remaining of nutritional requirement indicators were analyzed. Las Silvanitas farm located in Cebadas parish in Guamote Canton was chosen to validate this investigation. The hypothesis was proven using Chi square. The result of the calculation was 13.29 using Chi square and the one obtained in tables was 7.81. Therefore, the null hypothesis was rejected. We recommend applying this linear programming model, since the variables will be identified to optimize the milk production in small dairy farms in the province.

Keywords:<TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE>, <INDUSTRIAL ENGINEERING> , <LP>, <MODEL> , <SIMULATION>, <DECISION VARIABLE> , <SLACK VARIABLE>, <CHI SQUARE> .

INTRODUCCIÓN

La investigación desarrollada denominada: “MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO DE LOS RECURSOS Y LA SIMULACIÓN EN LAS PEQUEÑAS FINCAS PRODUCTORAS DE LECHE EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, tiene como objetivo, aplicar un modelo de programación lineal para la optimización de los recursos y la simulación en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo. El tipo de investigación fue de campo, sustentada en las variables.

En el Capítulo I se desarrollan todos los componentes del problema, como son la formulación, planteamiento, hipótesis, en los cuales se constató la existencia de una real necesidad de generar una propuesta de programación lineal para mejorar la producción de leche en las fincas de la provincia de Chimborazo

El Capítulo II contiene el marco de referencia, en el cual se desarrollan importantes subcapítulos. Estos son: programación lineal en los que se ha investigado varias fuentes nacionales e internacionales, de prestigiosos académicos e instituciones con el fin de describir y analizar, grandes rasgos las definiciones, características, tipos y procesos de diseño, así como los modelos de simulación. Lo importante de este subcapítulo es que ha permitido orientar en los procesos de diseño y articulación de un modelo propio para el objeto de estudio.

En el Capítulo III que se refiere al diseño de investigación, se aclara precisamente el tipo de investigación seleccionado, que en este caso es de tipo descriptivo; así como todos los métodos, técnicas e instrumentos utilizados en la recolección, procesamiento e interpretación de la información. En el Capítulo IV, se describen los resultados de la investigación y el análisis descriptivo y lógico para lograr interpretar adecuadamente los resultados que midieron las variables mediante la encuesta.

Finalmente, esta investigación incluye un grupo de documentos anexos como listas de tablas y gráficos.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema (antecedentes)

Referirse a la producción de leche y carne en el mundo implica el estudio de los sistemas de la producción de doble propósito, ya que los sistemas especializados para la producción de leche apenas alcanzan el 10% del total de sistemas de producción existentes y se concentran en los países de clima frío con muy poca extensión disponible.

De esta manera, un poco más del 90% de las ganaderías que producen leche son de doble propósito, y aun cuando el aporte de estos sistemas a la producción de carne es menor comparada con lo que aportan a la producción de leche, sigue siendo también un sistema muy frecuente (Urdaneta, 2012).

El consumo y el comercio mundial de alimentos en general y de lácteos en particular está influenciado por un conjunto de factores referidos al contexto macroeconómico esperado y a la evolución de la población mundial y su localización, así como de las políticas de apoyo a la producción y comercialización en los distintos países y de las negociaciones internacionales. Todos ellos afectan la demanda, la oferta y el comercio mundial. (México, 2014)

La tendencia mundial, en cuanto a la mejora de los sistemas de producción de leche apunta hacia la tecnificación de los sistemas productivos utilizando herramientas que orienten si es viable económicamente la utilización del proceso utilizado, en este estudio se empleará la programación lineal para establecer un modelo matemático acorde a las características de la empresa, se realizarán simulaciones para conocer datos de las variables en la producción lechera.

La producción de leche en Ecuador mueve alrededor de 700 millones de dólares al año dentro de la cadena primaria. Mientras que, en toda la cadena, que incluye transporte, industrialización, comercialización, entre otros aspectos, se manejan más de 1.000 millones de dólares anuales. (El Agro, 2014).

La realidad del sector lechero de hace diez años no es la misma que la actual. “Antes se importaba leche al país y perjudicaba a la producción nacional, había productos lácteos dudosos y la comercialización de leche del productor a las industrias era deficiente”. (El Agro, 2014) En el año 2012 este sector exportó 20 millones de dólares en leche y este año prevé superar la cantidad. Las exportaciones se realizan a Venezuela y Colombia. Sin embargo, se planea abrir nuevos mercados. “El sector ganadero se está preparando para exportar a cualquier parte del mundo, porque la calidad que tenemos es muy buena”.

En este sentido, los convenios que Ecuador realice con otros países se analizarán las oportunidades de mercado y productos. Hasta el momento solo envían leche en polvo y de cartón (tetra pack), pero no han descartado la posibilidad de exportar derivados, como el queso, etc. (El Agro, 2014)

En la Sierra ecuatoriana se produce un 73% de leche, en la Costa un 19% y en la Amazonía 8%. A nivel nacional la producción lechera beneficia a unos 300.000 productores. No menos de un millón y medio de personas viven directa e indirectamente de esta actividad.

La producción lechera es uno de los sectores más importantes en cuanto a la generación de empleo en el sector agrícola y en la economía del Ecuador, especialmente en la región andina. Más que 600.000 personas dependen directamente de la producción de leche, entre ellas muchas mujeres campesinas.

Los productores de leche garantizan el autoabastecimiento del Ecuador y contribuyen fundamentalmente a la seguridad y soberanía alimentaria del país. La leche es el único producto tradicional que ha dado un ingreso relativamente seguro y creciente en los últimos años a los pequeños productores.

Este desarrollo fue posible por una protección fuerte del mercado interno, por los aranceles máximos permitidos en el régimen de la Organización Mundial de Comercio OMC, por el Sistema de Franja de Precios en la CAN y por el control de las licencias de importación del Estado ecuatoriano. (Brassel, y otros, 2007)

La provincia de Chimborazo es trascendental en la historia ecuatoriana y muy importante en la ganadería productora de leche. El sector agropecuario ocupa esta área geográfica, con más de 600.000 hectáreas que están dentro de todos los pisos ecológicos y ambientales; desde la máxima altura del Ecuador, hasta zonas tropicales y amazónicas. Es dueña de una gran diversidad intercultural, la cual ha sido impregnada en muchas de las actividades agropecuarias.

La Provincia de Chimborazo, es una circunscripción territorial integrada por los siguientes cantones: Alausí, Colta, Cumandá, Chambo, Chunchi, Guamote, Guano, Pallatanga, Penipe y Riobamba; integradas por 45 parroquias rurales y 19 urbanas.

Chimborazo está muy fragmentada en pequeñas Unidades de Producción Agropecuaria o UPAS y tan solo el 4% son haciendas que sobrepasan las 20 hectáreas. Esto es un problema para la producción industrializada, pues es muy difícil romper los métodos productivos campesinos de minifundio y alcanzar altas producciones.

En todas estas circunscripciones se produce leche y sus niveles varían desde importantes producciones empresariales, hasta sistemas de muy bajos rendimientos por vaca o por hectárea, en pequeños minifundios ganaderos.

En todos los cantones de la Provincia se produce más de 430.000 litros diarios de leche cruda, que representa un 8% de la producción nacional diaria, con un rendimiento de 6.7 litros por vaca y por día. (Centro de la Industria Láctea del Ecuador, 2015)

Estos problemas tienen como origen y elemento común que no existe un adecuado aprovechamiento de los recursos, ni se modela la producción ya que los productores carecen de estas herramientas, lo cual muestra la necesidad de investigar en esta dirección. En este sentido, optimizar la producción de leche involucra el empleo de herramientas que admitan adoptar las mejores decisiones, una de las cuales es la programación lineal.

La programación lineal es un método para calcular el mejor plan para alcanzar unos objetivos determinados en una situación en que los recursos son limitados.

La importancia del uso de programación lineal radica en que mediante ella es posible la asignación óptima de los recursos disponibles, entre las posibles actividades alternativas que se definen para alcanzar los objetivos deseados. (Sebastian Ramón Serrano Arturo, 2008)

La técnica DEA o Análisis Envolvente de Datos, implica la utilización de modelos de programación matemática para estimar la frontera de producción. La medida de la eficiencia de una unidad mediante la técnica DEA implica dos pasos básicos: la construcción del conjunto de posibilidades de producción y la estimación de la máxima expansión factible de output o de la máxima contracción de los inputs de la unidad dentro del conjunto de posibilidades de producción. (Sebastian Ramón Serrano Arturo, 2008)

1.2 Formulación del Problema

¿De qué forma el Modelo de programación lineal permitirá optimizar el manejo de los recursos y la simulación en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo?

1.3 Sistematización del Problema

¿De qué forma se puede aplicar un modelo de programación lineal en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo?

¿Cuál será el impacto que tendrá en la producción lechera, la aplicación del modelo de programación lineal en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo?

¿Cuál será la metodología para aplicar un modelo de programación lineal en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo?

¿Cuál será la utilidad de diagnosticar los sistemas de producción lechera actuales en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo?

¿Cómo desarrollar un modelo de programación lineal para optimizar los recursos en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo?

¿De qué forma validar el modelo en una Unidad Productiva de pequeña escala para establecer su eficiencia?

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Aplicar un modelo de programación lineal para la optimización de los recursos y la simulación en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Diagnosticar los sistemas de producción lechera actuales en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo para establecer la eficiencia de sus sistemas productivos
- Desarrollar un modelo de programación lineal para optimizar los recursos en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo
- Validar el modelo en una Unidad Productiva de pequeña escala para establecer su eficiencia

1.5 Justificación de la Investigación

1.5.1 *Justificación teórica*

Un elevado porcentaje de la ganadería lechera en el Ecuador y especialmente en la provincia de Chimborazo, es manejado bajo sistemas tradicionales, lo que trae consecuencias perjudiciales tanto en el aspecto productivo de la finca, y por ende estos problemas afectan directamente a la economía de sus productores.

La realización de un estudio hecho por el MAGAP de los parámetros productivos y reproductivos, permite conocer el estado real de la explotación, además podemos detectar a partir de los resultados de talleres realizados con la comunidad, los posibles errores en el manejo y alimentación, y a partir de estos datos se puede tomar las decisiones adecuadas y establecer las estrategias que permitan mejorar los índices productivos y reproductivos tratando de alcanzar la máxima productividad con calidad, aplicando una de las herramientas poderosas como la programación lineal, para la toma de decisiones idóneas en el manejo de la alimentación de estas fincas. (Navarro, 2006)

Argumentando el valor teórico de la solución al problema el Modelo de Programación Lineal teóricamente aporta al conocimiento de nuevas técnicas de producción utilizando modelos matemáticos que ayudan a establecer un proceso eficiente adecuado a la finca, de forma que puedan establecer las actividades operativas, económicas y actividades de control. Es necesario que las fincas implementen sistemas tecnológicos que permitan incrementar la capacidad productiva y para mantener ventaja competitiva. Por lo tanto, se considera que los conocimientos de modelos productivos modernos son muy importantes, a partir de la simulación de las variables de entrada y de salida que incidirán en la toma de decisiones. (Navarro, 2006)

1.5.2 *Justificación práctica*

El tema planteado se orienta a proporcionar una propuesta práctica a un problema identificado a partir de la necesidad existente respecto al conocimiento sobre la optimización y evaluación técnico económico en la producción de leche, para determinar la cantidad y calidad de alimento que se debe suministrar para llegar a optimizar el recurso en pastoreo y estabulado (balanceado o pienso). La programación Lineal ayudará a la simulación matemática en los aspectos tecnológicos con las diferentes variables controlables y no controlables para tomar la decisión. Variables de la composición del balanceado, variedad de pasto y raza de ganado lechero, la capacidad de las fincas de producción de en promedio en la provincia de Chimborazo.

Aquí se dotará a los productores en forma sencilla de un sistema que se puede implementar en las pequeñas producciones con lo cual se debe incrementar la producción, bajar costos entre otros.

1.5.3 *Justificación metodológica*

El desarrollo del presente proyecto se basa en la utilización del método científico, que orienta el proceso investigativo con pasos secuenciales para conseguir un objetivo. Según Hernández Sampieri, el método científico presenta: “Una visión sistemática de fenómenos especificando relaciones entre variables, con el propósito de explicar y predecir los fenómenos”. También utiliza los métodos inductivo y deductivo porque establece la sistematización de los datos por medio de la observación como técnica de recolección de datos. Se utilizará la programación lineal para analizar la situación del problema y determinar variantes de solución en las fincas ganaderas, accionando la eficiencia en el manejo de los recursos, a través del estudio del comportamiento funcional y estructural, los procesos: las entradas y las salidas y sus operaciones desarrolladas en el sistema finca (ganado, balanceado, clima, pastos, entre otros.) que inciden sobre el medio para el desarrollo sostenible de la finca.

Además, este modelo constituye una herramienta como línea de base para futuras investigaciones en las que se desee mejorar la producción lechera en las fincas del país.

1.6 Hipótesis

La aplicación de un modelo de programación lineal permitirá identificar las variables para optimizar la producción de leche en las pequeñas fincas productoras en la provincia de Chimborazo.

CAPÍTULO II

1. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo tiene por objetivo conceptualizar los modelos de programación lineal, la importancia de su aplicación, así como los conceptos de simulación, sus métodos y aplicación, que fundamentan la investigación, se describen diversas metodologías diseñadas por varios autores para el análisis y aplicación de la programación lineal en las fincas productoras de leche en la Provincia de Chimborazo.

2.1 Programación lineal

La programación lineal se aplica a modelos matemáticos de optimización de los recursos limitados y la maximización de la producción o minimización de costos de producción en los que las funciones objetivo y restricción son estrictamente lineales según Hamdy A. Taha (2004).

La investigación de operaciones dentro de las cuales tenemos la programación lineal, tiene aplicaciones en una amplia variedad en diferentes casos como pueden aplicar, en los campos de la ganadería y agricultura, en cualquier tipo de industria, en la ciencia de la transportación, en las aplicaciones económicas, en la salud, ciencias sociales y de la conducta, y militar.

Para llegar al objetivo aplica algoritmos eficientes con la ayuda de una computadora y el software respectivo para dar solución a problemas con una infinidad de variables y restricciones. La P. L. ayudada de los medios antes mencionados da resultados sorprendentes, con tremenda eficiencia y proximidad de cálculo a datos reales, por lo que muchos investigadores y estudiosos de la programación lineal, manifiestan que es la columna vertebral de los algoritmos de solución para otros modelos de investigación de operaciones, como las programaciones entera, estocástica y no lineal.

Como se mencionó de las variables y las restricciones aplicadas en programación lineal son de más de dos variables hasta un gran número de variables, se presenta dos métodos de solución gráfica y simplex. La solución grafica nos representa y nos ayuda a visualizar el comportamiento de las restricciones en concordancia con las variables de decisión y nos permite tener una perspectiva del desarrollo del método simplex, este método tiene una gran restricción es aplicables únicamente para dos variables, si se presenta más de dos variables se nos dificulta tener una solución precisa en vista que necesitaremos utilizar gráficos con tres dimensiones.

El método simplex aplicado cuando se tiene dos o más variables técnica algebraica general. Hamdy Taha (2004) nos presenta y nos da ideas concretas para el desarrollo y la interpretación de análisis de sensibilidad en programación lineal. La programación lineal nos ayuda a la formulación y la interpretación de la solución de varias aplicaciones realistas.

Frederick. S. Hillier y Gerald J. Lieberman (2010) nos dan a conocer del “desarrollo de la programación lineal que ha sido clasificado como uno de los avances científicos más importantes de mediados del siglo xx”, aunque en el Ecuador esta aplicación no es notoria en las empresas o industria, peor en la producción de leche en pequeñas fincas ganaderas donde todo el conjunto del trabajo es empírico. Estando de acuerdo con esta aseveración. Su efecto después de la segunda guerra mundial y más allá desde 1950 ha sido extraordinario.

Los autores antes mencionados nos dan a conocer que en la actualidad la programación lineal es una herramienta de uso normal que ha ahorrado miles o millones de dólares a muchas compañías o negocios, incluso empresas medianas, en los distintos países industrializados del mundo; su aplicación a otros sectores de la sociedad se ha ampliado con rapidez.

Una proporción muy grande de los programas científicos en computadoras está dedicada al uso de la programación lineal. Se han escrito docenas de libros de texto sobre esta materia y se cuentan por cientos los artículos publicados que describen aplicaciones importantes; (Lieberman, 2010)

Las aplicaciones de la Programación Lineal son las utilizadas en las diferentes ramas de la industria, en departamentos financieros en si en la industria insipiente o donde exista fuentes de producción e incluso en lo ganadero y lo agropecuario. Teniendo una infinidad de diversidad de aplicaciones, todos los problemas de PL tienen cuatro pertenencias comunes de acuerdo a la dedicación de cada empresa:

El objetivo de la empresa dependiendo de su dedicación en la producción puede ser maximizar la ganancia o utilidad o minimizar el costo de producción y tiempo al cual lo llamaremos

función objetivo. El objetivo principal de una finca lechera será la máxima producción de leche (maximización) y el mínimo costo (minimización).

Un problema de programación lineal debe tener cuenta las diferentes restricciones que se presentan por los diferentes recursos escasos (disponibilidad de recurso) las cuales modifican las variables o a su vez limitan la productividad o el objetivo planteado por los interesados, sería deseable que no exista restricciones para que nuestro objetivo no tenga límites y se debe tener en cuenta que se pueda modificar las variables dependiendo de la afectación del objetivo.

Los problemas encontrados presentan alternativas diferentes y posibles de dar una solución, se deben dar soluciones posibles encontrando los datos de las variables para tener el objetivo óptimo en la solución del problema, los encargados de la producción pueden usar PL para determinar las cantidades de recursos que asigna a la producción de cada una de las variables asignándoles valores únicamente positivos, si es necesario no se asigna a todas las variables quedando algunas de ellas sin producirlas para alcanzar el objetivo de los encargados de la producción.

En la programación lineal, la función objetivo debe ser una función lineal. (Taha Hamdy A. 2004)

2.1.1 Métodos de programación lineal

Métodos de programación lineal Alvarado (2005) menciona que existen tres métodos de programación lineal. El método más elemental es el gráfico. Con este método es relativamente fácil representar gráficamente los problemas que son solucionables, así como comprender las matemáticas implicadas en los otros dos métodos básicos, el simplex y el de transporte, permiten manejar problemas más complejos. Sin embargo, la complejidad de estos métodos es también mayor.

Dos supuestos básicos, el de “linealidad” y el de “certeza” son las bases fundamentales de todos los tipos de programación lineal. Además, el método de transporte supone “homogeneidad”.

Según Alvarado para obtener una solución sencilla a los problemas planteados se debe usar el algoritmo simplex, deben reunirse tres condiciones para que la aplicación del método sea efectiva, las cuales son definir el objetivo, que existan medios alternativos, y que haya recursos limitados o restricciones.

Los métodos de programación lineal, son varios, sin embargo, todos deben reunir ciertas características, como seguir la linealidad, y la seguridad de que se van a obtener los resultados deseados.

- **Función Objetivo:** El objetivo debe ser claramente definido y debe responder a los propósitos que persigue el productor, bien sea maximizar la producción o minimizar los costos de producción. Debe ser expresado en forma matemática bajo una función lineal donde participen, por ejemplo, maximizar la producción con un apropiado insumos necesarios o recursos escasos costos, los precios por unidad de insumos como constantes y las unidades de insumos como elementos variables.
- **Medios alternativos:** Los problemas económicos a nivel de unidad de producción (finca, parcela, granja, etc.) surgen cuando disponiendo de recursos escasos (bien sea capital, maquinaria, mano de obra, superficie agrícola de pasto, etc.) existe la posibilidad real de lograr objetivos como minimizar costos con la utilización de diferentes fuentes de materias primas, la explotación de diferentes líneas de producción y/o alternativamente aplicando procesos distintos. La existencia de medios y/o procesos alternativos no es suficiente para formular un modelo de programación lineal, ya fue mencionado que se trata de un método matemático, por lo que exige para su formulación que se conozcan o determine un conjunto de información de esos medios o procesos.
- **Las restricciones:** La cantidad mínima o máxima en que los componentes anteriores son fijados constituyen las restricciones al problema. Sin embargo, hay otros tipos de restricciones que hay que considerar, así podemos mencionar capacidad de procesamientos, disponibilidad de capital, facilidades de almacenamiento, este método de análisis además de maximizar beneficios y minimizar costos, considera simultáneamente todos los recursos en la planificación del proceso, calcula los costos o retornos para cada plan y tiene en cuenta todos los planes posibles consistentes con los recursos y las restricciones. La ventaja de esta técnica es que ofrece una única y óptima solución. (Alvarado, 2005).

Según Marchena (2007), El análisis de sensibilidad es una herramienta especialmente útil cuando no tenemos una certeza absoluta sobre los valores que se han dado a los términos independientes de las restricciones (en muchas ocasiones asociados a la limitación de los recursos) o los coeficientes de la función objetivo. (Marchena Williams Ornella Carlos, 2007).

Según Anderson et al. (1993). el objetivo del análisis de sensibilidad es determinar la influencia de ciertos valores en la solución óptima, que nos permite la interpretación razonable de los resultados obtenidos. En muchos casos la información lograda por la aplicación del análisis de sensibilidad puede ser más importante y más informativa que el simple resultado obtenido en la solución óptima.

Para (Angel Juan Faulín Xavier, 2010). El Análisis de Sensibilidad se utiliza para examinar los efectos de cambios en tres áreas diferenciadas del problema:

- Los coeficientes de la función objetivo (coeficientes objetivo). Los cambios en los coeficientes objetivos NO afectan la forma de la región factible, por lo que no afectarán a la solución óptima (aunque sí al valor de la función objetivo).
- Los coeficientes tecnológicos (aquellos coeficientes que afectan a las variables de las restricciones, situados a la izquierda de la desigualdad). Los cambios en estos coeficientes provocarán cambios sustanciales en la forma de la región factible. Gráficamente (en el caso de 2 variables) lo que varía es la pendiente de las rectas que representan las restricciones.
- Los recursos disponibles (los términos independientes de cada restricción, situados a la derecha de la desigualdad). Intuitivamente (para 2 variables), los cambios en el RHS suponen desplazamientos paralelos de las rectas asociadas a las restricciones, lo cual hará variar la forma de la región factible y, con ello, a la solución óptima.

2.1.2 Ventajas y desventajas de la programación lineal

La programación lineal presenta sus ventajas y desventajas. Aunque la difusión del uso de las computadoras y el desarrollo de programas para resolver este tipo de problemas ha facilitado su utilización, lo cierto es que en nuestro medio su empleo generalizado se ve limitado por la poca disponibilidad de datos relativos a coeficientes técnicos.

No obstante, entre las ventajas que posee se pueden mencionar su rapidez y exactitud, así como la posibilidad de efectuar análisis de sensibilidad y parametrización, que permiten obtener soluciones alternativas como resultado de variaciones en los precios y la disponibilidad de insumos y productos (Guerra, 1998)

Igualmente, la programación lineal, a pesar de ser parte de los modelos estáticos y no aleatorios, permite una cierta flexibilidad en la exploración de cambios de los niveles de las variables y en el resultado del valor de la función objetivo. (Mancilla, 1979)

Por otro lado, hay economistas que critican cualquier método de análisis que introduce restricciones como los de la programación lineal; otros piensan que el trabajo de campo, la evidencia experimental y el planteamiento cuidadoso del problema son los puntos clave para cualquier método de análisis de la empresa agropecuaria; algunos tienen escrúpulos sobre los supuestos lineales; otros consideran que las relaciones lineales se aproximan bastante a la mayoría de aquellas relaciones encontradas en las fincas y que lo importante es definir de manera apropiada los segmentos lineales (Guerra, 1998)

Jay Heizer y Barry Render (2008) menciona que numerosas decisiones de dirección de operaciones incluyen el intentar utilizar los recursos de una organización de la forma más eficaz posible. Normalmente, los recursos comprenden la maquinaria, la mano de obra, dinero, tiempo y materias primas.

Estos recursos se pueden utilizar para producir eficazmente en las fincas (producción agrícola y ganadera) o servicios. La programación lineal es una técnica matemática ampliamente utilizada y diseñada para ayudar a los productores de operaciones a planificar y a tomar las decisiones necesarias para asignar los recursos necesarios para la producción óptima o por lo menos aproximarnos a esta.

Laureana (1978) ratifica que la programación lineal está compuesta por una serie de restricciones o limitaciones para la solución de problemas de optimización de recursos escasos que son necesarios para cierta producción. Cuando la programación lineal es forzada en su aplicación puede fracasar por razones o circunstancias. Una de las razones puede ser por la no rentabilidad de su utilización, otra la posibilidad de fracaso es la imposibilidad de plantear claramente el modelo matemático para que este sea aproximado a la realidad del problema en el campo mismo de aplicación.

Cuando las limitaciones no son compatibles con la técnica de optimización, o cuando las restricciones se les quieren adaptar al problema y solo son impuestas en la matriz del problema del modelo. Cuando se necesita plantear un modelo se debe analizar principalmente las restricciones del modelo, que estas se puedan plantear de tal manera el recurso escaso de ellas nos permitan dar soluciones óptimas en la producción.

Cuando analizamos el problema en su totalidad en el aspecto de producción o administrativo o en cualquier campo dentro de la optimización debido a que el mercado se comporte de tal manera poder salir del producto sin dificultades, el análisis profundo de los costos de las materias disponibles para realizar la producción son tratados como verdades subjetivas en la mente de quienes hacen el análisis. Finalmente se construye una matriz en la cual está presente el objetivo de la empresa de producción o área en la que se presenta el problema maximizando la producción o minimizando los costos.

Cuando hacemos una meditación sobre la causa del problema es reconocer cuando se debe aplicar el método de análisis, en conclusión, se debe hacer el análisis del problema con alguna abstracción.

Los estudiosos de la investigación operativa y en concreto de la programación lineal (Mancilla, 1979) menciona que, entre las limitaciones del método gráfico al trabajar únicamente con dos variables, cuando se cree que es siempre de carácter lineal y siempre se comportan con aditividad entre las variables, de la función objetivo como en las limitaciones o restricciones con sus recursos limitados. Mancilla afirma que estos supuestos no siempre se cumplen en el terreno biológico en el que las respuestas suelen ser de tipo curvilíneo.

En la mayoría de los casos se cree que la programación lineal plantea un solo objetivo en el problema, que generalmente es minimizar los costos de producción o a su vez maximizar utilidades, para quitarnos de la mente de un solo objetivo, esta restricción se han creado modelos matemáticos con varios objetivos, esta restricción se han ideado modelos de programación lineal con objetivos múltiples que han mostrado su variabilidad en problemas de producción y en distintas ramas que no tiene nada que ver con costos dando una aplicabilidad a los manejos de recursos naturales en óptimas condiciones aplicando la parte ecológica.

2.1.3 *Formulación de un problema de programación lineal*

En el estudio de varios autores coinciden que un problema de programación lineal tiene una función objetivo a maximizar o minimizar, ecuaciones para restricción o requerimientos que pueden ser del tipo menor e igual que, mayor e igual que, o de igualdad, y finalmente, variables positivas o negativas. Sin embargo, todo problema de programación lineal puede ser transformado a su forma estándar. Así, un problema estándar en programación lineal es aquel que tiene: (Marchena Williams Ornella Carlos, 2007)

- Función objetivo (maximizar o minimizar) la producción

- Restricciones (dependiendo de la disponibilidad del recurso escaso) que puede ser menor igual, mayor igual e igual. A las cuales se le añade variables de holgura, variables artificiales. Según el caso que se nos presente.
- Variables positivas de decisión todas deben ser positivas.

Se suele plantear que un modelo de programación lineal estándar es aquel que encuentra los valores de “n” variables, X_1, X_2, \dots, X_n (variables de decisión o de actividades) tal que la función objetivo, F.O., sea maximizada. La función objetivo es una función lineal de las “n” variables de decisión:

$$\text{F.O. Max} = c_1X_1 + c_2X_2 + \dots + c_n X_n \quad (1)$$

Donde c_1, \dots, c_n son parámetros o coeficientes. Cada coeficiente, c_j , contribuye a la correspondiente variable X_j de la función objetivo. Por ejemplo, si X_1 incrementa por una unidad, entonces, F.O. incrementa. Los valores que las variables de decisión pueden tomar durante la maximización de la función objetivo están limitados por “m” restricciones o limitaciones de los recursos:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

Donde b_1, b_2, \dots, b_m . Son recursos escasos o en nuestro caso son los requerimientos necesarios que cada animal requiere para una óptima producción, las cuales por lo general reflejan la cantidad de requerimientos o la disponibilidad del recurso.

Por ejemplo, b_1 podría ser la cantidad de pasto disponible, b_2 la cantidad de pienso que requiere una vaca lechera o la cantidad de proteína.

En estos casos, cada a_{ij} es una constante que mide cuanto del recurso i es usado por unidad de actividad j . Así por ejemplo, manteniendo la interpretación de b_i dada por la necesidad o requerimiento, y asumiendo que X_1 es la cantidad de alimento que se puede suministrar para obtener una cierta producción.

En programación lineal b_i es la disponibilidad (o simplemente recurso limitado).

También es necesario indicar que ninguna producción puede ser negativa o ninguna variable de decisión puede admitir valores negativos. Razón por la cual pongo la expresión clásica de la condición de no negatividad.

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0$$

En conclusión con las variables de decisión, con los requerimientos, contenidos de cada elemento utilizado y la disponibilidad del recurso se puede llegar al objetivo planteado en el modelo de programación lineal para solucionar un problema de producción encontrando los valores de las variables.

2.2 La simulación

La simulación es hacer un funcionamiento de prueba de un problema dado y ejecutar todo el proceso para observar el comportamiento de las variables su resultado final. En su modelo basado en datos empíricos y que se pone a prueba al contactarlo con la realidad.

Los modelos de simulación son una representación cuantitativa sobre las características que representan una conducta, las interacciones y los intangibles que incorporan proceso, con unos atributos no lógico de la entidad estudiada, en la simulación se puede seguir la pista de la forma en que las actividades, las variables y sus relaciones cambian cada modelo. (Terry, 2004). Se identificaron los 3 métodos fundamentales entre los que destacan:

2.2.1 *El método Monte Carlo*

Es una técnica que utiliza la simulación incluyendo factores de probabilidad, se utiliza el muestreo al azar, no cuenta la probabilidad de que el evento ocurra, es una técnica predictiva, debido a que predice lo que posiblemente o burla en situaciones reales.

Es un método de reciente introducción utilizada para el análisis de los procesos realizados en las fincas agropecuarias en Latinoamérica, es una rama de la matemática experimental, utilizando en su proceso los números aleatorios.

Los modelos que utilizan la técnica Monte Carlo resultan de utilidad cuando una ecuación basada en contexto no probabilístico tiene una solución vinculada con el Valor esperado de una variable aleatoria originada por un juego probabilístico.

Para Ferreira y Estrada (2009), el método Monte Carlo es una técnica de múltiples presupuestos que sirve para determinar la combinación de actividades y los niveles que genera cada una. (Ferreira, 2009)

2.2.2 Modelos económicos

Para Nicholson (2007), un modelo económico es el que trata de maximizar los beneficios de una empresa, simplificando la realidad, en la que la empresa debe poseer suficiente información de sus costos y el tipo del mercado al que se proyecta, para tomar decisiones que optimicen sus beneficios.

Generalmente, todos los modelos económicos contienen tres elementos comunes:

A) El supuesto *ceteris paribus* (Todo lo demás se mantiene constante); B) El supuesto de que los agentes que toman decisiones económicas tratan de optimizar algo; y C) Una meticulosa distinción entre las cuestiones “positivas” y “normativas”.

Según Ccama (2001), afirma que los modelos de simulación también son conocidos como análisis de sistemas, que tratan de predecir el comportamiento de las variables escogidas, simulando la ocurrencia de los eventos en tiempo real, pueden simular un solo factor o un sistema que completo de producción. (Dorfman, y otros, 2001) .

Para la operación de los modelos se requiere de un grupo de datos relativamente pequeño, pero bien balanceado, que incluye, generalmente, elementos de clima, suelo, cultivo y manejo agronómico, forestal o pecuario. Este conjunto de datos recibe el nombre de grupo mínimo de datos. El principal problema en la aplicación de estos modelos de simulación, es la necesidad de una base regional o nacional, en donde se tenga información sobre un grupo mínimo de datos para operar con modelos en diversas localidades o regiones.

El modelo de programación lineal de la producción tiene otras aplicaciones además de la más obvia de método práctico de calcular soluciones a los problemas prácticos de maximización. Se puede usar también como un instrumento teórico, como una forma conveniente de idealizar el aspecto de la producción y el de maximización de beneficios de un modelo que se propone encontrar una respuesta a cuestiones económicas abstractas. (Dorfman, y otros, 2001).

En la presente investigación se ha escogido el método de simulación, porque permite establecer variables para lograr el resultado que es obtener “n” número de litros de leche, en este método se aumentarán o disminuirán las cantidades de insumos para observar el resultado final en cada caso.

2.3 Métodos de investigación en fincas productoras de leche

El principal objetivo de las investigaciones de fincas productoras de leche, es conocer la forma en que los productores utilizan sus recursos, analizarlos para obtener información que permitan elaborar conclusiones sobre las deficiencias técnicas y administrativas que afectan el funcionamiento de la misma.

Hay muchas técnicas específicas para obtener o analizar datos que pueden usarse en conexión con los métodos estadísticos o con los estudios de caso.

La esencia del estudio de caso es el interés por lograr la comprensión de las características y modo de comportarse de un solo caso real, sea éste una finca, una persona, una familia, una corporación o una comunidad. En un estudio puramente estadístico, el caso individual pierde su identidad y sólo sirve para ayudar a describir las características seleccionadas de una población o universo. Un observador de los fenómenos naturales debe siempre escoger entre estos dos sistemas, o hallar la manera de combinarlos. (Dorfman, y otros, 2001)

2.3.1 Programación lineal en la industria lechera

De acuerdo con Yang (1960), la programación lineal es un método de planificación en donde se maximiza una función objetivo y, al mismo tiempo, se deben cumplir varias restricciones o limitaciones impuestas a las soluciones potenciales. Su uso en la planificación y en el análisis de fincas es bastante conocido. En especial, se han hecho muchos estudios sobre la minimización de costos en mezclas de alimentos para ganado, en la selección y combinación de empresas óptimas de ganado, cultivos y otras actividades de la finca. Este método de análisis requiere en esencia estimaciones de precios y rendimientos, cantidades a usar y costos de los insumos.

En la industria lechera se ha utilizado ampliamente la programación lineal para determinar la combinación óptima de opciones del uso de recursos, maximizando ganancias para una empresa comercializadora de leche, con respecto a un conjunto de recursos fijos.

Este tipo de modelos de programación lineal requiere de ciertas especificaciones, tales como: alternativas de las actividades de la finca y restricciones al uso de los recursos; debiendo encontrar un programa de actividades de la finca (conjunto de niveles de actividades) que tenga el mayor margen bruto (dado que la función objetivo es maximizar los ingresos netos), pero que no viole ninguna de las restricciones de los recursos fijos o que implique niveles de actividades negativas (Ccamá, 1991).

Justesen (1965) establece que el objetivo de la técnica es elegir la producción de modo que los medios de producción se utilicen al máximo. El autor menciona que para poder plantear el problema hay que disponer de los siguientes datos:

- Cuáles son los medios de producción disponibles y la cantidad de cada uno de ellos.
- Cuál es el costo de cada producto a fabricar y cuáles son sus especificaciones
- Cuáles son los precios de los productos a fabricar

Como se entiende, se intenta hacer un plan de producción que, sin rebasar los medios de producción disponibles, redunde en beneficios máximos. Para ello se establece la función de beneficio, es decir una función de las cantidades de artículos producidos que expresan el beneficio. Se elegirán las cantidades de productos con miras a que el valor de esta función sea lo más alto posible.

Las publicaciones disponibles referentes al tema no son actuales, debido a que no se encuentran obras recientes. Lo cual, por la protección de los autores, no están publicadas.

2.3.2 *Otros métodos aplicados*

El estudio estadístico

La estadística es el estudio de grupos o individuos, para agrupar las características y someterlas a un análisis representativo que denota su situación cuantitativa

Solamente se miden una o unas pocas características escogidas o se examinan una o más relaciones específicas entre algunas variables seleccionadas. Eso contrasta con el procedimiento del estudio de caso, donde cualesquiera de los aspectos y características del caso seleccionado, o todos ellos, podrían ser objeto de un examen coordinado.

Las investigaciones de estadística se diseñaron para probar una hipótesis, para aplicar principios. En nuestro caso se probará la hipótesis que; A mayor estudio de las variables consideradas para mejorar la producción lechera, mayor ingreso de recursos obtendrá la empresa. (Dorfman, y otros, 2001)

Un estudio estadístico implica un alto grado de selectividad en la recolección de datos. En el caso de las fincas productoras de leche, se va a describir el tamaño de la finca, relacionados con los ingresos producto de la comercialización de la leche.

2.3.3 *El estudio de caso*

En las investigaciones de empresas agropecuarias, del estudio de casos es exploratorio y descriptivo, conjugando con los análisis de los presupuestos, necesarios para ejecutar los estudios y fomentar sus decisiones administrativas.

En nuestro caso del estudio servirá para analizar el proceso histórico de producción de leche de la finca, con el análisis de los presupuestos necesarios para generarlos.

2.3.3.1 *La selección de casos y la manera de establecer generalizaciones*

Muchos de los investigadores de casos se muestran ansiosos por desarrollar generalizaciones útiles a partir de sus estudios, y han tratado de seleccionar sus casos con ese objetivo. Una fórmula común ha sido dividir un universo dado en células compuestas de unidades más no menos homogéneas, y después escoger un caso para representar cada célula. Es de esperar que los casos “representativos” proporcionaran las bases para desarrollar generalizaciones acerca de sus células respectivas y acerca del universo en estudio.

Algunas veces los casos se seleccionan al azar, de cada una de las células importantes; en otras ocasiones se hace una selección orientada. En varios análisis de presupuestos o de programación lineal se han preparado casos sintéticos que correspondan con las medias aritméticas de sus respectivas células, en lo que se refiere a aquellas variables consideradas de una importancia estratégica.

La idea de estratificar un universo en estudio y escoger un caso representativo de cada célula requiere un conocimiento previo de las variables que son de suficiente importancia para ser utilizadas como bases de la estratificación. El proceso de estratificación, por sí mismo, difícilmente puede ser significativo, a menos que se haga de acuerdo con variables que tengan una gran relación con el tema de estudio.

Se ha afirmado que la mayor utilidad del estudio de casos está en identificar las variables más significativas y las hipótesis que deben desarrollarse. En esas condiciones, no se tiene base suficiente para afirmar que se pueden seleccionar unos pocos casos que sean representativos de situaciones distintas del universo en estudio. Esto no quiere decir que los casos deben escogerse sin tener en cuenta si son representativos o no de las variables que se consideren más importantes; solamente sugiere la posibilidad de que el estudio de casos puede arrojar nueva luz sobre cuales variables son realmente las más importantes. Un caso “representativo” puede serlo muy poco, aunque haya sido escogido sobre la base de los promedios de grupo por muchas características. Este resultado es posible porque el investigador puede encontrar otras variables que sean de mayor importancia, o porque aun las empresas muy poco alejadas del “promedio” pueden no tener las mismas posibilidades de cambios que una empresa realmente “promedio”.

Cuando se han analizado varios casos escogidos al azar de cada grupo o célula, se puede tener buen indicio sobre si un caso es representativo o no. Si las conclusiones son similares para tres o cuatro casos, es posible esperar que un número mayor, dentro del mismo grupo, muestre las mismas características o se comporte en la misma forma. Por otra parte, cuando tres o cuatro casos dentro de la misma célula o grupo muestran características o comportamientos significativamente diferentes, puede ser un indicio de que el grupo es menos homogéneo de lo que se supuso cuando se diseñó el procedimiento de muestreo. (Chistensen, 1996)

2.3.4 *Relaciones entre los estudios de caso y los estudios estadísticos*

Los solucionadores de problemas descubren con frecuencia que los estudios de casos pueden desempeñar un papel de especial importancia en el proceso de identificación de variables y en el desarrollo de hipótesis plausibles. En este aspecto, son comparables a los estudios estadísticos, que proveen medios para probar hipótesis en términos de evidencia histórica. Tanto los estudios de casos como los estudios estadísticos pueden ser valiosos en la búsqueda de solución de problemas; sin embargo, los primeros tienen objetivos diferentes y trabajan con datos reales sobre unidades extraídas de universos dados.

2.3.5 *Fincas*

Se define una finca como una unidad productora, en la que se realizan diversas actividades agropecuarias. El tipo de la finca, está determinada por la actividad económica más importante que se realiza en ella. (Moreno, 2001)

Dufumier (2009), afirma que de acuerdo a la caracterización de la finca se pueden describir las unidades productivas, haciendo uso de información básica en un momento dado, utilizando instrumentos como encuestas o entrevistas.

Escobar (2004), considera que es fundamental tener claro el objetivo de caracterizar la finca para que, mediante la información recolectada por la aplicación de los instrumentos, se puedan aplicar los métodos estadísticos adecuados. Las técnicas que son comúnmente usadas en la caracterización de fincas son los análisis multivariados. Entre las técnicas multivariadas se encuentra la técnica de componentes principales y el análisis de conglomerados (Clúster análisis) que permite identificar grupos de fincas similares con base en algunos atributos específicos, con una alta homogeneidad interna y una marcada heterogeneidad entre grupos. (Pearson, 1901; Hotelling, 1933; citado por Hairet al, 1987).

2.3.6 *La innovación tecnológica*

Según Sepúlveda (2008) la innovación es la aplicación de nuevas técnicas o procesos productivos o introducción de nuevos productos en el mercado. Las innovaciones exitosas abren la posibilidad de producir los mismos bienes utilizando menos recursos o producir bienes nuevos o de mejor calidad, constituyendo un elemento importante para el crecimiento económico. Se distingue entre la concepción de un nuevo producto o técnica de producción (invención) y la aplicación de ella a un uso concreto. Estrictamente la innovación corresponde a esta última etapa.

Stobbs (1976) establece que, si se pretende una actividad ganadera acorde con los recursos y limitaciones del trópico húmedo, deben utilizarse estrategias congruentes, orientando las técnicas hacia la consecución de una eficiencia biológica y económica.

El cambio tecnológico estriba en encontrar los mejores métodos para producir, mediante nuevas técnicas de marketing y la ejecución del proceso administrativo para desarrollar productos nuevos, en cambio tecnológico permite al productor obtener mejores beneficios productivos con los mismos insumos que utilizaba anteriormente para de esta forma reducir costos.

Los cambios tecnológicos se agrupan en tres categorías: (Maddala, y otros, 2008)

A) Ahorro de trabajo,

B) Ahorro de capital y

C) Neutral. El cambio tecnológico se puede representar como un desplazamiento en la función de producción.

Generalmente, el cambio tecnológico da como resultado un desplazamiento descendente en las funciones del costo. Con el cambio tecnológico neutral tanto los costos de trabajo como los costos de capital descienden. Con el cambio tecnológico de ahorro de trabajo los costos de trabajo descienden, pero los costos del capital pueden disminuir, permanecer igual, o incluso ascender.

Se debe tener cuidado para distinguir entre cambio tecnológico y cambio en técnica. Cuando cambian los precios del factor, el productor cambia la relación capital- trabajo (a menos que la producción se lleve a cabo bajo proporciones fijas), este es un cambio de técnica. Por lo general un cambio tecnológico va acompañado de un cambio en técnica.

2.3.7 *Las fincas lecheras de la provincia de Chimborazo Ecuador.*

Esta provincia forma parte de la Zona de Planificación # 3. Cuenta con 5.278 Km² aproximadamente, es decir, el 12% de la Región 3 y el 2% del territorio nacional.

Conforme a la división política actual esta provincia, tiene 10 cantones y 55 parroquias: Riobamba

(12 parroquias), Alausí (10 parroquias), Colta (5 parroquias), Chambo (1 parroquia), Chunchi (5 parroquias), Guamote (3 parroquias), Guano (10 parroquias), Pallatanga (1 parroquia), Penipe (7 parroquias), y Cumandá (1 parroquia).

La producción de leche en las Fincas de la provincia de Chimborazo es el rubro más significativo. Chimborazo es la provincia más lechera de sierra centro del Ecuador, ya que la ganadería de leche es especialmente importante en la región, sobre todo en las provincias de la sierra: Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi. Su aporte es del 22% a la producción nacional, llegando a 360 millones de litros diarios de leche. Este sector crece a tasas del 3% anual. (Mipro, 2011).

Tabla 4-2 Producción anual

ECUADOR. PRODUCCION ANUAL DE LECHE POR PROVINCIA									
(MILES DE LITROS DIARIOS)									
PROVINCIAS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
NACIONAL	1.286.625	1.343.237	1.378.161	1.405.724	1.419.781	1.504.968	1.536.573	1.598.804	1.664.035
COTOPAXI	96.497	100.743	103.362	105.429	106.484	112.873	115.243	119.910	124.803
CHIMBORAZO	101.643	106.116	108.875	111.052	112.163	118.892	121.389	126.306	131.459
TUNGURAHUA	79.771	83.281	85.446	87.155	88.026	93.308	95.268	99.126	103.170
PASTAZA	5.147	5.373	5.513	5.623	5.679	6.020	6.146	6.395	6.656

Fuente: Censo agropecuario Nacional, estadísticas del Banco Central, SICA

Realizado por: Jesús Brito, 2016

2.3.8 *Finca Las Silvanitas*

Caracterización

La Finca Las Silvanitas está ubicada en la Provincia de Chimborazo, Cantón Guamote, Parroquia Cebadas (Ubicada específicamente a 5,5 Km de la Parroquia Cebadas vía a Macas) a una altura de 3000 m, clima frío, con una extensión de 9 Ha de potrero, sistema de riego por aspersión, bienes y haberes tales como casa, maquinaria, instalaciones y equipos.

Esta Finca siempre ha estado dedicada a la producción de leche, contando con pastos no muy aptos para la producción lechera, soportando una carga animal de 12 en toda su extensión, con una producción máxima de 100 litros diarios promedio de leche, raza de ganado mestizo, ordeño manual.

En los últimos 5 años, la finca ha sufrido transformaciones en cuanto a la producción de leche, cambiando los pastos, mejorando raza del hato lechero, construyendo establos, adquiriendo equipos de ordeño etc.

Pastos: Mejorados para alta producción lechera

Sobrealimentación: combinaciones de elementos

Producción Promedio diario: 300 litros

Raza animal: Holstein, Jersey F1 y mestiza.



Figura 1-2 Finca las Silvanitas

Fuente: Google Maps

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Analizados los referentes teóricos, sobre los modelos de programación lineal, se establece que es un método adecuado, para programar a futuro cual es el destino de la producción que se desea obtener, en el caso de la producción lechera en la provincia de Chimborazo, este método permite calificar los productos necesarios y cuantificarlos para mejorar la producción lechera.

- Referente a los métodos de simulación se aplicará el método propuesto con la ayuda del programa Microsoft Excel y la herramienta Solver que nos permitió hacer la simulación.
- No se disponen de estadísticas sobre programación lineal en fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo.
- La finca Las Silvanitas es escogida por su ubicación en una zona eminentemente lechera, además ofrece las facilidades para desarrollar la industria lechera, ofrece 9 hectáreas de potrero, sistema de regadío por aspersión, disponen de la tecnología para desarrollar la actividad de extracción de leche.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA LA MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑAS FINCAS EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

En el sector de la industria lechera no es suficiente disponer de los recursos, como ganado, pasto maquinaria, para obtener un rendimiento óptimo del ganado para maximizar el rendimiento del mismo. En función de los objetivos del trabajo y para dar solución al problema planteado en el presente capítulo se presenta la metodología general para desarrollar el proceso de programación lineal de pequeñas fincas productoras de leche con el propósito de mejorar indicadores de producción.

En tal virtud se parte para la elaboración de la metodología de la cantidad de litros de leche que deseamos obtener y las restricciones para hacerlo.

3.1 Fundamentación de la solución:

Partiendo de considerar una pequeña finca productora un sistema socio técnico formado por el ganado y sus características, el productor y sus conocimientos y motivaciones, los pastos, el clima entre otros factores es posible empleando las herramientas de programación lineal crear un modelo general para su estudio y en consecuencia la mejora de sus índices de producción.

Para proponer una metodología conformada por tres etapas a saber.

La investigación se dividió en tres etapas:

- 1) Seleccionar las fincas
- 2) Modelo matemático del suministro de alimentos
- 3) Modelo y simulación de dietas para la producción dependiendo de la alimentación

Estas tres etapas son cíclicas, interactivas y garantizan una correcta formulación de modelo para programación para predecir la formulación de la dieta adecuada a las características de cada finca.

El contenido esencial de cada fase se explica a continuación:

3.2 Selección de las fincas

El objetivo de esta etapa es la caracterización de las pequeñas fincas productoras de leches de la provincia de Chimborazo a partir de una muestra. Esta información es esencial para la elaboración del modelo y la selección de la finca en donde se validará la investigación. Para la selección de las fincas a estudiar se proponen los siguientes pasos.

- Identificar el conjunto de fincas productoras de leche de la zona Chimborazo que pueden ser objeto de estudio. El universo productivo. Lo cual puede ser mediante un mapa de región.
- Seleccionar una muestra de ellas de 10 fincas a partir de un muestreo intencional. Los criterios para el muestreo intencional son los siguientes.
 - A) Altura
 - B) Clima
 - C) Extensión
 - D) Producción
 - E) Instalaciones
 - F) Razas de ganado
- Aplicación y análisis de la encuesta para la caracterización de las fincas productoras. En el anexo 2 se muestra el formato de encuesta que se considera debe aplicarse. Como se observa incluye los aspectos siguientes.
- Selección de la finca objeto de estudio. Los criterios para la selección de la finca son los siguientes:

La selección de las fincas se debe realizar aplicando el muestreo intencional, tomando como universo de estudio el conjunto de fincas productoras de leche de la Provincia de Chimborazo, de lo cual se escogieron 10 fincas con características similares, en la clase de ganado y fundamentalmente en el pasto, complementos y otros alimentos que utilizan para la producción de leche, en este caso el investigador seleccionó intencionalmente la población.

Para la selección y caracterización de las fincas ganaderas productoras de leche se buscó información secundaria sobre el clima, el área dedicada a la pastura, altitud.

Para obtener una mejor representatividad en el muestreo de las fincas en la zona, se realizó mediante imágenes satelitales y mapas topográficos una estratificación de las fincas por: características topográficas, pasturas y, por último, las características socioeconómicas (fincas pequeñas y medianas).

3.3 *Modelo matemático de la alimentación y producción*

El objetivo del modelo matemático del sistema de producción de leche es maximizar la producción de acuerdo a los niveles de rendimiento de cada vaca lechera, condiciones de alimentación, en pastoreo como en la sobrealimentación.

3.3.1 *Requerimientos y elementos necesarios según el rango de producción*

Las vacas lecheras tienen una serie de necesidades alimenticias que son suplidas en su totalidad con la alimentación que regularmente consume con los pastoreos normales. Estos pastos aportan cantidades limitadas de nutrientes como proteínas, energía, minerales etc.

Casi nunca lo que las vacas en su alimentación cotidiana reciben todos los nutrientes necesarios para tener una producción eficiente, ya sea por la cantidad escasa de alimento pastoril (potreros) o porque los pastos son de baja calidad.

Las necesidades nutricionales que se hace difícil suministrar a los animales en producción que tiene un determinado alimento son la proteína, la energía, el calcio, fósforo y los nutrientes totales digeribles (NDT).

Siempre esta situación se presenta en todas las pequeñas fincas de la provincia de Chimborazo, es cuando debemos mejorar la alimentación, por lo que es importante proporcionar pastos que tengan casi todo el requerimiento nutricional y adicionar suplemento alimentario a las vacas en

producción para que ayude a llenar los requerimientos nutricionales necesarios para mejorar y mantener la producción lechera.

Por esta razón es necesario balancear la dieta de las vacas en producción utilizando pastos y suplemento ideales con fuentes energéticas, proteicas y minerales en proporciones y cantidades que se acerquen a los requerimientos de cada animal según el rango de producción.

En las diferentes fincas objeto de estudio se busca un común de alimentación que es en ciertos casos como único alimento el pasto azul, el ray grass, alfalfa y otros. Razón por la cual se unifica el número de pastos y los elementos de la sobrealimentación para encontrar una dieta ideal.

Tabla 5-3 Producción de leche diaria

ELEMENTOS	UNIDADES	PRODUCCIÓN DE LECHE DIARIA			
		PRODUCCIÓN 1 (≤10lt)	PRODUCCIÓN 2 (10a14lt)	PRODUCCIÓN 3 (14a20lt)	PRODUCCIÓN 4 (≥20lt)
PROTEINA CRUDA	(%)				
ENERGÍA DIGESTIBLE	(Mcal/kg)				
CALCIO	(%)				
NDT	(%)				
FÓSFORO	(%)				
VARIABLE ASIGNADA					

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 6-3 Elementos necesarios para el suplemento

ELEMENTOS	UNIDADES	PASTOS Y ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL SUPLEMENTO							
		RAY GRASS	PASTO AZUL	TRÉBOL	AFRECHILLO DE TRIGO	MAÍZ	HARINA DE ARROZ	MELAZA DE CAÑA	HARINA DE SOYA
PROTEINA CRUDA	(%)								
ENERGÍA DIGESTIBLE	(Mcal/kg)								
CALCIO	(%)								
NDT	(%)								
FÓSFORO	(%)								
VARIABLE ASIGNADA		x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

3.3.2 Variables de decisión del modelo.

En las fincas ganaderas estudiadas en el paso anterior, especialmente en la finca modelo de estudio, se identifican las variables de decisión las que pueden estar representadas por la raza de ganado (estado de la producción de cada vaca), el tipo y calidad de pasto y el alimento extra que consume el hato lechero.

3.3.3 Restricciones con los diferentes requerimientos del modelo

El modelo que se propone posee algunas condiciones restrictivas y condiciones de productividad. Las condiciones restrictivas o simplemente restricciones corresponden al rendimiento de la producción del ganado, el tipo de pasto, la disponibilidad de hectáreas dedicadas al pastoreo y la mezcla ideal del pienso. Las condiciones de productividad corresponden al número de litros de leche, que en conjunto produzcan diariamente.

3.3.4 Planteamiento matemático.

Para esta fase de metodología se utilizará un modelo matemático de programación lineal que contienen variables de decisión que estarán sujetas a las restricciones.

Las variables de decisión se denotan de la siguiente manera:

En las tablas 2 y 3 están determinados los requerimientos para la producción y los contenidos de cada elemento necesario, con estos datos planteamos nuestro objetivo que es maximizar la producción de leche con cada una de las variantes de producción y de esta manera determinar los valores de cada variable de decisión y las condiciones encontradas. Es posible plantear un modelo matemático de maximización en la producción que aplica la programación lineal, la cual considera las variables de entrada (variables de decisión) y salida.

La formulación matemática de las variables de decisión es la siguiente:

X_i = Cantidad de pasto y elementos necesarios para el suplemento que requieren diariamente las vacas en producción.

($i = 1, 2, \dots, n$) es el conjunto de las alternativas de pastos y elementos del suplemento.

($p_i = (0,5), (0,75), (1), (1,25), \dots, n$) alternativas de producción que generalmente actúan como los coeficientes de las variables de decisión (p_j).

p_i = coeficiente según el rango de producción.

($a_i = 1, 2, 3, \dots, m$) contenido de nutrientes de cada variable de decisión.

($b_j = 1, 2, 3, \dots, n$) requerimientos o necesidades de grado proteico, calcio, fosforo, etc.

La formulación matemática del modelo de producción a nivel general se indica de la forma siguiente:

La función objetivo que nos garantiza la producción está dada por la expresión siguiente.

$$\text{Max.P} = \sum_{i=1}^n c_i * x_i$$

Restringida por:

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{1i} * x_i \leq b_1$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{2i} * x_i \leq b_2$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{3i} * x_i \leq b_3$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{4i} * x_i \leq b_4$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{5i} * x_i \leq b_5$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{6i} * x_i \leq b_6$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{7i} * x_i \leq b_7$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{8i} * x_i \leq b_8$$

En las restricciones es necesario añadir variables de holgura dependiendo de la condición, \leq o \geq añadimos una variable de holgura con signo positivo o negativo respectivamente.

S1, S2, S3,.....Sn.

Variables de holgura, dando un resultado del faltante o sobrante de los nutrientes necesarios.

3.3.5 *Condición de no negatividad*

Con la condición de no negatividad, para garantizar que nuestras variables de decisión jamás obtengan un valor negativo, para que se cumpla la función objetivo.

$$X_i \geq 0; (i=1, 2, 3, \dots, n8)$$

3.3.6 *Modelo de dietas*

Los modelos de las diferentes dietas de la maximización de la producción planteadas tienen como objetivo principal generar información de salida en cada dieta planteada, de tal manera que se facilite la toma de decisiones sobre una formulación de dieta ajustada a la productividad de cada finca y al nivel de producción de cada vaca lechera en finca de características similares al sistema productivo objeto de estudio. Los modelos de la formulación de dietas son los siguientes:

Modelo 1 producción ≤ 10 litros

La función objetivo que nos garantiza la máxima producción con una alimentación ideal, sin embargo, tiene una limitación según el rango de productividad en la que se encuentre la vaca sin tomar en cuenta la raza del animal. Está dada por la expresión siguiente.

$$\text{Max.P} = \sum_{i=1}^n 0,5 * x_n$$

Restringida por:

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{1i} * x_i \leq b_1$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{1i} * x_i \leq b_1$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{2i} * x_i \leq b_2$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{3i} * x_i \leq b_3$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{4i} * x_i \leq b_4$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{5i} * x_i \leq b_5$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{6i} * x_i \leq b_6$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{7i} * x_i \leq b_7$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{8i} * x_i \leq b_8$$

En las restricciones es necesario añadir variables de holgura dependiendo de la condición, \leq o \geq añadimos una variable de holgura con signo positivo o negativo respectivamente.

$s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$. Variables de holgura, dando un resultado del faltante o sobrante de los nutrientes necesarios.

Condición de no negatividad

Con la condición de no negatividad, para garantizar que nuestras variables de decisión no existan pero jamás obtengan un valor negativo, cuando se cumpla la función objetivo.

$$x_i \geq 0; (i=1, 2, 3, \dots, n)$$

Modelo 2, 3 y 4 de producción ≤ 15 litros, 20 litros y ≥ 20 litros

$$\text{Max.P} = \sum_{i=1}^n 0,75 * x_n$$

$$\text{Max.P} = \sum_{i=1}^n 1 * x_n$$

$$\text{Max.P} = \sum_{i=1}^n 1,25 * x_n$$

Las restricciones y la condición de no negatividad se mantienen inalterables por el modelo, en la función objetivo la variante única es el coeficiente de la variable de producción.

3.3.7 *Modelo de dietas de la producción dependiendo de la alimentación.*

En lo enunciado anteriormente la eficiente producción lechera está relacionada estrechamente con el alimento ingerido día a día de la vaca, los resultados que se pueden observar con ciertos alimentos es notorio de inmediato, con otros alimentos que están dentro del suplemento alimenticio no se tiene efecto inmediato, sino a largo plazo, una de las razones para aplicar la programación lineal y la simulación en la formulación de dietas, para analizar el efecto dependiendo de la disponibilidad del pasto y el contenido de los diferentes elementos necesarios para el concentrado.

Modelo 1 producción ≤ 10 litros sin un elemento importante en el forraje

Sin trébol

$$\text{Max.P} = \sum_{i=1}^n ci * xi$$

Restringida por:

$$\sum_{i=1}^{m8} a1i * xi \leq b1$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a2i * xi \leq b2$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a3i * xi \leq b3 \quad \leftrightarrow \quad X3 = 0$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a4i * xi \leq b4$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a5i * xi \leq b5$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a6i * xi \leq b6$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a7i * xi \leq b7$$

$$\sum_{i=1}^{m8} a_{8i} * x_i \leq b_8$$

En las restricciones es necesario añadir variables de holgura dependiendo de la condición, \leq o \geq añadimos una variable de holgura con signo positivo o negativo respectivamente.

S1, S2, S3,.....Sn. Variables de holgura, dando un resultado del faltante o sobrante de los nutrientes necesarios.

Condición de no negatividad

Con la condición de no negatividad, para garantizar que nuestras variables de decisión no existan, pero jamás obtengan un valor negativo, cuando se cumpla la función objetivo.

$$X_i \geq 0; (i=1, 2, 3, \dots, n)$$

El resultado en la función objetivo faltando un elemento, dos elementos o varios de ellos necesarios en la producción, será diferente al de las condiciones óptimas con los 8 elementos ideales para la producción eficiente. En la formulación de dietas aplicando la programación y la simulación los resultados se darán dependiendo de las características iniciales de la vaca, de los elementos aplicados en la dieta, tendremos producciones (salidas) distintas por cada entrada de alimento.

Si los pastos y el concentrado no llegan a dar las condiciones óptimas en nutrientes el resultado en la producción disminuirá como ellos disminuyan.

Obtendremos resultados notorios, realizando la simulación y la programación lineal, al alterar las distintas variables consideradas óptimas para la producción deseada en el objetivo del modelo.

La función objetivo para los modelos matemáticos de; ≤ 15 , ≤ 20 y $> a 20$, se realizarán con el mismo procedimiento descrito para el modelo producción

3.4 Modelo de Simulación.

El objetivo de la aplicación de un modelo de simulación es mostrar los beneficios que se pueden obtener con uso de estos, utilizando como estudio de caso los parámetros de producción de las

vacas lecheras para el análisis del comportamiento del hato ganadero sobre la alimentación proporcionada por el finquero y la necesidad del bovino para ofrecer las condiciones y sus implicaciones en la producción.

El Modelo

Los modelos existentes aplicados a la producción de leche o modelos que se pueden utilizar en este trabajo como por ejemplo el Montecarlo que tienen sus características y adaptabilidad al trabajo que se está realizando son muy importantes, sin embargo, no se han utilizado. El modelo de finca utilizado en este trabajo es de programación lineal y ha sido desarrollado en una hoja electrónica de Excel aplicando una de las herramientas poderosas que tiene este software el **Solver** cuya función objetivo es maximizar la producción neta. Esta función objetivo tiene condiciones y restricciones dentro de las actividades o aplicaciones a realizar. Esto lleva a plantear una matriz base de aproximadamente 8 variables de decisión y 13 restricciones por el contenido y la disponibilidad requerida dejando 12 alternativas para poner rangos a actividades específicas de alimentación. Este es un tamaño pequeño pero práctico porque permite analizar al mismo tiempo el comportamiento de 3 tipos de pastos, los elementos que contiene el complemento alimentario. Por lo tanto, este modelo no pretende representar sistemas complejos de finca. Un enfoque diferente y complementario es el desarrollo de modelos dinámicos más teóricos, como los modelos antes mencionados los cuales son más complejos de aplicación con el modesto conocimiento en software de los finqueros en la provincia de Chimborazo.

3.4.1 *Parámetros del Modelo*

El modelo requiere de cierta información para generar las diferentes simulaciones estas pueden ser divididas en tres grupos: (1) vacas en producción, (2) pastos o forrajes, y (3) complemento (suplemento alimentario), (4) requerimientos de nutrientes del animal dependiendo de su producción, (5) contenido de proteínas, calorías, fosforo potasio, materias secas el NDT (nutrientes digestibles totales) de los pastos y del complemento. La tabla N. 3 contiene la información necesaria para el análisis de estos grupos.

3.4.2 *Estructura del modelo de simulación, Modificación y experimentación. Anexo 1*

CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Se propuso una metodología general formada por cuatro etapas para el estudio de pequeñas fincas en base a herramientas de programación lineal

El uso de modelos de simulación asociado a la programación lineal como el presentado en este trabajo permite en forma práctica y flexible analizar la productividad de la finca en estudio y de la aplicación en fincas similares en la provincia y la región. De la misma manera, facilita el análisis ex-ante de nuevas alternativas de pastos y complemento para determinar su viabilidad tanto biológica como de producción permitiendo determinar las condiciones necesarias para promover su difusión y fomento en la región. Como se pudo observar, las opciones forrajeras evaluadas en este estudio mejoraron significativamente el rendimiento de las vacas lecheras por lo tanto mejorará en ingreso neto de pequeños finqueros de la provincia de Chimborazo, la reducción del costo producción del litro de leche y la posibilidad de ser eficientes y competentes en el mercado. Las opciones de forrajeras substituyeron completamente la necesidad de comprar suplementos (concentrados) y ser menos dependientes de insumos externos y cambios de precios, contribuyendo a convertir la actividad lechera en una de menor riesgo.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados de la aplicación de la programación lineal en la finca

El capítulo tiene por objetivo mostrar los resultados de la aplicación de la metodología de programación lineal y simulación en una pequeña finca productora con vista a elevar sus índices de producción. Para ello a continuación se desarrollan los pasos de metodología aplicados en la finca la Silvanita.

4.1.1 *Selección de las fincas*

Como se mencionó anteriormente, el estudio se realizó en el área de influencia del trabajo de investigación, como línea de base, para obtener información relevante de los sistemas de producción lechera más representativa del clima frío de la provincia de Chimborazo.

La selección de las fincas se hizo después que el marco de estudio se ha definido claramente. Este conjunto de fincas debe ser similar a una muestra aleatoria, siendo los sitios de ensayo, tan representativos como sea posible del conjunto de condiciones bajo las que se ejecutará el estudio de la zona.

Las fincas también deben ser representativas de las condiciones de los productores. De esta forma, es posible obtener todo un conjunto de respuestas a las intervenciones propuestas, así como evaluar los riesgos bajo un número dado de condiciones que sean de importancia para la situación del productor. Algunos aspectos importantes en la selección del lugar son:

- Los pastos seleccionados se cultivan normalmente en la región, donde está localizado el sitio experimental

- Cuál es el historial del sitio (es decir, pastos y complemento alimentario)
- La finca es representativa de las condiciones en las que los productores siembran los pastos
- En la finca se alimenta al ganado en condiciones regulares a las demás
- Las fincas tienen características similares en cuanto a altura (cuantos metros están sobre el nivel del mar) y clima.
- Los propietarios de las fincas brindan información precisa.
- Las infraestructuras de las fincas tienen condiciones para el fin propuesto
- El número de fincas seleccionadas para el estudio es representativo para que la muestra se aproxime a la situación experimental.

Tabla 7-4 Modelo de encuesta en las fincas

Finca	Sector	Altitud msnm	Vacas en producción	Pastos	Concentrado en kg	Producción lt/día
1						
2						
3						
4						
5						

6						
7						
8						
9						

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

4.1.2 *Resultados de las encuestas*

El estudio de campo permite obtener los siguientes resultados:

4.1.3 *Encuesta realizada a los productores de leche de las fincas del sector. Los resultados de la encuesta a los productores de leche se muestran en el Anexo 2*

4.1.4 *Selección de la Finca*

Para la selección de la finca se utilizó el muestreo aleatorio simple, en el cual todos los integrantes de la población tuvieron la misma oportunidad de formar parte de la muestra, en este caso se asignó un número a cada una de las 10 fincas que conforman el universo y se escogió, por el método de tómbola, para asignar la finca en la cual se validará el modelo, también será necesario que el nivel de cooperación del productor sea mayor y es indispensable elegir fincas donde el ganadero desee cooperar.

4.1.5 Diagnóstico de la finca

Descripción de la finca Las Silvanitas

Localización

La Finca Las Silvanitas está ubicada en la Provincia de Chimborazo, Cantón Guamote, Parroquia Cebadas (Ubicada específicamente a 5,5 Km de la Parroquia Cebadas vía a Macas) a una altura de 3000 m, clima frío, con una extensión de 9 Ha de potrero, sistema de riego por aspersión, bienes y haberes tales como casa, maquinaria, instalaciones y equipos.

Clima

El clima considera un conjunto de condiciones atmosféricas como humedad, precipitación, temperatura, vientos, entre otros, que caracterizan a una región en particular; dentro de los factores más relevantes se encuentra la temperatura y precipitación o régimen de lluvias presentes en una zona.

La temperatura

Es una magnitud física que indica la intensidad de calor o frío de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente en general.

En función del mapa de Isothermas de la parroquia Cebadas, el rango de temperatura en la parroquia va desde los 4°C a los 12°C. La mayor parte del territorio (94,2%) posee temperaturas entre los 4°C a 10°C, en tanto que apenas el 5,8% de toda la parroquia poseen temperaturas entre los 10°C a 12°C.

Suelo

El suelo de la parroquia Cebadas es de material parental, en su mayor parte de origen volcánico, el resto del suelo está constituido por material de origen metamórfico y sedimentario, el cual ha sufrido pequeños aportes superficiales de cenizas volcánicas.

Fuente hídrica

La parroquia Cebadas, por su ubicación privilegiada en las estribaciones de la cordillera Oriental o Real de los Andes ecuatorianos, sumada a la influencia de las corrientes húmedas de

la Amazonia y la presencia de grandes extensiones del ecosistema de páramo (72% de su superficie total); constituye una reserva hídrica de enorme valor para la producción agropecuaria. La generación del recurso hídrico aguas abajo, ha permitido la utilización del mismo en importantes áreas agrícolas, ubicadas hacia el valle interandino.

Destacamos la dotación de agua de riego para importantes proyectos, como Chambo-Guano, Guarguallá-Licto, Cebadas y nuevos proyectos de riego por ejecutarse como el Yasipan. Su sistema hidrológico está constituido por vertientes, drenajes menores, riachuelos y ríos, que aportan sus aguas a dos grandes Sistemas Hídricos: Pastaza y Santiago.

El sistema del Pastaza comprende dos Cuencas, la del río Chambo y la del; a su vez la Cuenca del río Chambo recibe los aportes hídricos de las Micro cuencas de los ríos: Yasipan, Guarguallá, Atillo, Tingo, Pancún, entre otros.

Pecuaria:

Su principal y única producción es la ganadería de leche, básicamente el diseño estructural es para este tipo de sistema. Entonces encontramos un establo que está construido en madera donde el piso es de concreto y piedra. Se encuentra dividido en dos, donde uno, se alojan las vacas en producción y el otro es para los terneros que están en espera.

El ordeño se realiza de forma manual por un trabajador especialista en el campo. Cuenta también con un apretadero que se encuentra ubicado a un lado del corral, generalmente se usa para vacunas, descorne u otras observaciones. De resto son los potreros donde permanecen la mayor parte del tiempo los animales.

Construcciones:

La finca cuenta con una vivienda donde habita el personal de trabajo. Tiene acueducto, energía, tubería o cañería que cumple la función de transportar agua y otros fluidos. Cuenta también con una vía de acceso (vehicular, peatonal, herradura) a carretera destapada.

Otra información:

Esta Finca siempre ha estado dedicada a la producción de leche, contando con pastos no muy aptos para la producción lechera, soportando una carga animal de 12 en toda su extensión, con

una producción máxima de 100 litros diarios promedio de leche, raza de ganado mestizo, ordeño manual.

En los últimos 5 años, la finca ha sufrido transformaciones en cuanto a la producción de leche, cambiando los pastos, mejorando raza del hato lechero, construyendo establos, adquiriendo equipos de ordeño etc.

Pastos: Mejorados para alta producción lechera

Sobrealimentación: combinaciones de elementos

Producción Promedio diario: 300 litros

Resultados

El estudio de campo nos ha permitido:

Diagnosticar los sistemas de producción lechera actuales en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo para establecer la eficiencia de sus sistemas productivos

Para cumplir con este objetivo se realizó una encuesta para disponer de datos que permitan cumplir el objetivo

Tabla 8-4 Encuesta pequeños Productores

N.	GANADO EN PRODUCCIÓN	RAZA		DATOS DE ALIMENTACIÓN		DATOS DE LA LECHE
1	14	Jersey	50 %	Tipo de Pasto	Trébol	Leche producida por día 221 litros Litros producidos por vaca: 15,78 litros
		Holstein	36 %		Pasto azul	
				Kikuyo		
				Vitaminas	Cloruro de sodio	
		F1	14 %		Calcio	
					Amino-vit.	
		Brown Swiss		Balanceados	Súper lechero	
		Mestiza			Premium Super leche	
				Alimentos	Sal mineral en	

		Mestiza pura		adicionales	polvo Hoja de maíz			
2	18	Mestiza	100%	Tipo de pasto	Alfalfa Potero Maleza	200 litros 11,1 lts por vaca		
				Vitaminas	-			
				Balanceados	-			
				Alimentos Adicionales	Hoja de maíz			
3	20	Jersey	45 %	Tipo de Pasto	Trébol Pasto Azul Kikuyo	507 lit. 25,35 lts por vaca		
		Holstein	35 %	Vitaminas	-			
		Brown Swiss	20 %	Balanceados	Pronaca Super Lechero			
				Alimentos adicionales	Melaza Sal mineral en polvo Afrecho			
4	10	Mestiza	70 %	Tipo de pasto	Trébol blanco Trébol rojo Festuco Alfalfa	100 lits 10 lts por vaca		
				Brown Swiss	20 %		Balanceados	Súper lechero Premium
				Jersey	10 %		Alimentos adicionales	Sal Mineral en polvo Melaza
5	30	Brown Swiss	63 %	Tipo de Pasto	Alfalfa Ray-grass Pasto azul perenne Llantén Trébol Otras hierbas Nabo maleza	168 lts 5,6 lts por vaca		
				Holstein	27 %		Vitaminas	Calcio
				Jersey	10 %		Balanceados	Súper lechero
				Alimentos adicionales	Sal mineral Afrecho			
6	15	Mestiza	13 %	Tipo de pasto	Potrero	268 lts		

					Trébol Pasto azul Alfalfa Calcha	18 lts por vaca
		Jersey pura	53 %	Vitaminas	Complejo B Vital fox Vitamina AD3E	
				Balanceados	Súper leche	
		Jersey mestiza	34 %	Alimentos adicionales	Sal Mineral	
7	50	Mestiza	100%	Tipo de pasto	Alfalfa Raygrass Pasto Azul Llantén	790 litros 15,8 lts por vaca
				Vitaminas	-	
				Balanceados	Súper leche	
				Alimentos adicionales	Sal mineral	
8	25	Holstein	72 %	Tipo de pasto	Ray grass Trébol Llantén	510 lts 20,4 lts por vaca
				Vitaminas	Calcio	
		Jersey	28 %	Balanceados	Wayne	
				Alimentos adicionales	Sal mineral	
9	15	Holstein	100%	Tipo de pasto	Ray grass Trébol blanco Pasto azul Alfalfa Avena	200 lts 13,3 lts por vaca
				Vitaminas	-	
				Balanceados	Súper leche	
				Alimentos adicionales	Sal mineral	
10	17	Holstein	100%	Tipo de pasto	Potrero Trébol Pasto azul Alfalfa	268 lts 15,7 lts por vaca

					Calcha	
				Vitaminas	Complejo B	
				Balanceado	Vital fox Vitamina AD3E	
				Alimentos adicionales	Sal mineral	
TOTALES	RANGO MEDIA					

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Resultados:

Analizados los 3 indicadores que fueron: tipo de pasto, complemento y alimentos adicionales, la mayor parte de las Fincas utilizan tipos de pastos muy parecidos, en los que destacan el Ray grass, trébol blanco, pasto azul, Alfalfa entre los principales, el complemento principal es el Súper leche y los alimentos adicionales la sal mineral.

Con estos tres indicadores se establece como producción máxima 25,3 litros por vaca y como cantidad mínima 5,6 litros por vaca.

4.2 Construcción del modelo de Programación Lineal y Simulación.

Como se menciona en capítulo anterior un modelo de programación lineal está compuesto por tres partes, la función objetivo (maximización de la producción) y un conjunto de restricciones expresadas mediante igualdades o desigualdades lineales, además se aprovecha la programación lineal el software Microsoft Excel con su potente aplicación **Solver** para simular la producción según la cantidad de alimento y el rango de producción de cada animal.

Para construir esas tres partes se hizo necesario establecer lo siguiente:

- 1) Definir los pastos e investigar sus características nutricionales de estos, que la finca posee (tabla 1) que se pueden explotar de acuerdo a las características físicas de la finca y su ubicación geográfica.
- 2) Investigar las necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero (cuadro) según el rango de producción.

- 3) Determinar los elementos ideales para complemento alimenticio, por las características nutricionales que cada uno ellos poseen.
- 4) Definir el rango de producción de cada vaca lechera.
- 5) Evaluar la producción según el suministro de alimentación tanto en pasto como en el complemento.
- 6) Decidir cuáles son los pastos y elementos necesarios que los conforman al complemento para determinar la alimentación ideal y la máxima producción.
- 7) Determinar el faltante o la sobrealimentación que se le está suministrando al ganado lechero, mediante los valores que se obtengan con las variables de holgura.

Tabla 9-4 Composición nutricional de los pastos y del complemento

ELEMENTOS	UNIDADES	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE PASTOS Y DEL COMPLEMENTO							
		RAY GRASS	PASTO AZUL	TRÉBOL	AFRECHILLO DE TRIGO	MAÍZ	HARINA DE ARROZ	MELAZA DE CAÑA	HARINA DE SOYA
PROTEINA CRUDA	(%)	5,700	5,000	4,500	16,800	8,100	7,000	2,000	51,983
ENERGÍA DIGESTIBLE	(Mcal/kg)	0,680	0,980	0,600	1,560	3,060	3,470	1,960	2,957
CALCIO	(%)	0,140	0,120	0,280	0,130	0,020	0,100	0,600	0,296
NDT	(%)	15,400	22,000	13,700	0,630	69,600	70,200	0,550	0,750
FÓSFORO	(%)	0,080	0,110	0,070	0,990	0,110	0,000	0,070	0,971
VARIABLE ASIGNADA		x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 10-4 Necesidades nutritivas de las vacas lecheras

ELEMENTOS	UNIDADES	PRODUCCIÓN DE LECHE DIARIA			
		RAZA 1 (≤10lt)	RAZA 2 (10a14lt)	RAZA 3 (14a20lt)	RAZA 4 (≥20lt)
PROTEINA CRUDA	(%)	14,000	14,000	15,000	16,000
ENERGÍA DIGESTIBLE	(Mcal/kg)	2,360	2,560	2,710	2,890
CALCIO	(%)	0,430	0,480	0,540	0,540
NDT	(%)	63,000	67,000	71,000	75,000
FÓSFORO	(%)	0,310	0,310	0,380	0,410

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Función objetivo: Con el propósito de maximizar la producción, encontrar así la dieta óptima y determinar los nutrientes faltantes o que sobrepasan en la dieta, se procedió a construir la siguiente función objetivo:

Maximizar la Producción

$$\text{Max. P} = 0,5X1 + 0,5X2 + 0,5X3 + 0,5 X4 + 0,5 X5 + 0,5X6 + 0,5X7 + 0,5X8$$

Conjunto de restricciones:

Los valores del lado derecho (requerimientos o recursos disponibles) las restricciones se obtuvieron de las tablas investigadas de la composición nutricional y requerimientos nutricionales para vacas en producción lechera se definen tres tipos de pastos considerados los ideales para la producción que están disponibles en las praderas de la finca objeto de estudio y 5 componentes del complemento alimentario (balanceado) escogidos por la disponibilidad fácil en el mercado y porque contienen los requerimientos necesarios en la dieta. Los valores del lado izquierdo son los componentes nutricionales de cada uno de los alimentos utilizados en este trabajo de investigación.

Restricciones de nutrientes y restricciones de pastos

Se formó esta restricción de acuerdo a la cantidad de nutrientes que tienen los elementos y la necesidad o requerimiento mínimo o máximo para los bovinos según el rango de producción, así como se realizaron las restricciones anteriores al lado izquierdo está el tipo de pasto y al lado derecho la cantidad mínima o máxima requerida.

Tabla 11-4 Restricciones.

		RESTRICCIONES PARA PRODUCCIÓN DE LECHE DE ≤ 10 Lt.									
REQUERIMIENTOS		REY GRASS	PASTO AZUL	TREBOL	H DE TRIGO	H. DE MAIZ	H. DE ARROZ	MELAZA	T. DE SOYA		
PROTEINA CRUDA		0,057	x1 + 0,05	x2 + 0,045	x3 + 0,168	x4 + 0,081	x5 + 0,07	x6 + 0,02	x7 + 0,51983	x8 ≤ 0,14	
ENERGÍA DIGESTIBLE		0,68	x1 + 0,98	x2 + 0,6	x3 + 1,56	x4 + 3,06	x5 + 3,47	x6 + 1,96	x7 + 2,957	x8 ≤ 2,36	
CALCIO		0,0014	x1 + 0,0012	x2 + 0,0028	x3 + 0,0013	x4 + 0,0002	x5 + 0,001	x6 + 0,006	x7 + 0,00296	x8 ≤ 0,0043	
NDT		0,154	x1 + 0,22	x2 + 0,137	x3 + 0,0063	x4 + 0,696	x5 + 0,702	x6 + 0,0055	x7 + 0,0075	x8 ≤ 0,63	
FÓSFORO		0,0008	x1 + 0,0011	x2 + 0,0007	x3 + 0,0099	x4 + 0,0011	x5 + 0	x6 + 0,0007	x7 + 0,00971	x8 ≤ 0,0031	
REQUERIMIENTO	0,6	1	X1	0	0	0	0	0	0	0	≤ 10,8
DIARIO DE PASTO	0,3	0	1	X2	0	0	0	0	0	0	≤ 5,4
18 Kg	0,1	0	0	1	X3	0	0	0	0	0	≤ 1,8
REQUERIMIENTO	0,2667	0	0	0	1	X4	0	0	0	0	≤ 0,5334
DIARIO DE PIENSO	0,5333	0	0	0	0	1	X5	0	0	0	≤ 1,0666
2 Kg	0,1333	0	0	0	0	0	1	X6	0	0	≤ 0,2666
TOTAL	0,0533	0	0	0	0	0	0	1	X7	0	≤ 0,1066
20 Kg	0,0133	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X8 ≤ 0,0266
REQUERIMIENTO EN % ↑		CON LA CONDICIÓN DE NO NEGATIVIDAD X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7 y X8 ≥ 0									

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 12-4 Modelo y Simulación 1. Para producción de 10 litros con RAY-GRASS

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS										
PRODUCCIÓN	X1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	PRODUCCIÓN EN LITROS	6,17	
PARA 10	14,4	1,9792	37,408	0,0658	10,382	0,0505	0	PASTO EN Kg	RADO EN Kg	TOTAL
LITROS	0,4	0	0	0	0	0	0	18	2	20
	0,04									
Proteína cruda (%)	0,057	1	0	0	0	0	0	REQUERIMIENTO S EN %	VALORES CALCULA	REQUERIMIENTO S en kg
Energía (Mcal /kg)	0,68	0	1	0	0	0	0	0,14	2,8	2,800
Calcio (%)	0,0014	0	0	1	0	0	0	2,36	47,2	47,200
NDT (%)	0,154	0	0	0	1	0	0	0,0043	0,086	0,086
Fosforo (%)	0,0008	0	0	0	0	1	0	0,63	12,6	12,600
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	1	0,0031	0,062	0,062
Pasto Azul	0	0	0	0	0	0	0	0,8	14,4	14,400
Trebol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Afrecho de Trigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Harina de maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Harina de arooz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Melaza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
NUTRIENTES TOTALES									62,748	
NUTRIENTES ESCASOS									49,886	
NUTRIENTES CONSUMIDOS									12,862	
FACTOR									0,01	
										0,04

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 13-4 Modelo y Simulación 2. Para producción de 10 litros con RAY-GRASS Y PASTO AZUL

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS, PASTO AZUL														
PRODUCCIÓN PARA	10	X1	X2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7		PRODUCCIÓN EN LITROS	7,52	
LITROS	0,05	10,8	5,4	1,9144	34,564	0,0644	9,7488	0,0474	0	0		PASTO EN Kg	18	
		0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0		CONCENTRADO EN Kg	2	
												TOTAL	20	
												REQUERIMIENTOS EN %	VALORES CALCULADOS	REQUERIMIENTOS en kg
Proteína cruda (%)	0,057	0,05	1	0	0	0	0	0	0	0		0,14	2,8	2,800
Energía (Mcal /kg)	0,68	0,98	0	1	0	0	0	0	0	0		2,36	47,2	47,200
Calcio (%)	0,0014	0,0012	0	0	1	0	0	0	0	0		0,0043	0,086	0,086
NDT (%)	0,154	0,22	0	0	0	1	0	0	0	0		0,63	12,6	12,600
Fosforo (%)	0,0008	0,0011	0	0	0	0	1	0	0	0		0,0031	0,062	0,062
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0		0,6	10,8	10,800
Pasto Azul	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1		0,3	5,4	5,400
Trebol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0,000
Afrecho de Trigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0,0000
Harina de maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0,0000
Harina de arroz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0,0000
Melaza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0,0000
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0,0000
												NUTRIENTES TOTALES	62,748	
												NUTRIENTES ESCASOS	46,339	
												NUTRIENTES CONSUMIDOS	16,409	
												FACTOR	0,02	
													0,05	

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 14-4 Modelo y Simulación 3. Para producción de 10 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL y TREBOL

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS, PASTO AZUL Y TREBOL															
PRODUCCIÓN PARA	10	X1	X2	X3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	PRODUCCIÓN EN LITROS	8,61	
LITROS	0,05	10,8	5,4	1,8	1,5534	28,764	0,0508	8,2422	0,04	0	0	0	PASTO EN Kg	18	
		0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	CONCENTRADO EN Kg	0	
													TOTAL	18	
													REQUERIMIENTO S EN %	VALORES CALCULADO	REQUERIMIENTOS en kg
Proteína cruda (%)	0,057	0,05	0,045	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,14	2,52	2,520
Energía (Mcal /kg)	0,68	0,98	0,6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2,36	42,48	42,480
Calcio (%)	0,0014	0,0012	0,0028	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,0043	0,0774	0,077
NDT (%)	0,154	0,22	0,137	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,63	11,34	11,340
Fosforo (%)	0,0008	0,0011	0,0007	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,0031	0,0558	0,056
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,6	10,8	10,800
Pasto Azul	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3	5,4	5,400
Trebol	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,1	1,8	1,800
Afrecho de Trigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
Harina de maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
Harina de arroz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
Melaza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000
													NUTRIENTES TOTALES	56,473	
													NUTRIENTES ESCASOS	38,650	
													NUTRIENTES CONSUMIDOS	17,823	
													FACTOR	0,02	
														0,05	

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 15-4 Modelo y Simulación 3. Para producción de 10 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL, TRÉBOL y COMPLEMENTOS

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS, PASTO AZUL, TREBOL Y COMPLEMENTOS																								
PRODUCCIÓN	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	PRODUCCIÓN EN LITROS	12,40	
PARA	10	10,8	5,4	1,8	0,5334	1,0666	0,2666	0,1066	0,0266	1,6198	28,135	0,0311	8,1954	0,0394	0	0	0	0	0	0	0	PASTO EN Kg	CONCENTRADO EN Kg	TOTAL
LITROS	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	4	22
	0,06																							
Proteína cruda (%)	0,057	0,05	0,045	0,168	0,081	0,081	0,02	0,52	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,14	2,8	3,080
Energía (Mcal/kg)	0,68	0,98	0,6	1,56	3,06	3,47	2,34	2,957	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,36	47,2	51,920
Calcio (%)	0,0014	0,0012	0,0028	0,0013	0,0002	0,1	0,006	0,003	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0043	0,08600065	0,095
NDT (%)	0,154	0,22	0,137	0,67	0,696	0,702	0	0,75	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,63	12,60000963	13,860
Fosforo (%)	0,0008	0,0011	0,0007	0,0099	0,0011	0	0,0007	0,0097	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0031	0,062000048	0,068
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,6	10,8	10,800
Pasto Azul	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,3	5,4	5,400
Trebol	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,1	1,8	1,800
Alrecho de Trigo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,2667	0,5334	1,0668
Harina de maíz	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,5333	1,0666	2,1332
Harina de arroz	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,1333	0,2666	0,5332
Melaza	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,0533	0,1066	0,2132
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0133	0,0266	0,0532
NUTRIENTES TOTALES																						69,023		
NUTRIENTES ESCASOS																						38,021		
NUTRIENTES CONSUMIDOS																						31,002		
FACTOR																						0,06		

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Interpretación de los resultados

Una vez procesado el modelo de la programación lineal y en la simulación, en el Microsoft Excel y su herramienta Solver.

En este modelo de rango de \leq a 10 litros, utilizando diferentes tipos de nutrientes, como era de esperarse se obtuvo una mayor producción al anterior con menos nutrientes, también se evidencia la falta de nutrientes ya que no iguala a la inecuación y se obtienen valores de variables de holgura considerables.

Tabla 16-4 Análisis comparativo para producciones de 10 litros

	Ray grass	Ray grass y pasto azul	Ray grass, pasto azul y trébol	Ray grass, pasto azul, trébol complemento
Cantidad Esperada litros	10	10	10	10
Producción en litros	6,2	7,4	8,9	12,5
Producción en litros calculada	6,17	7,52	8,81	12,4
% Eficiencia de Producción	62	74	89	125
% Eficiencia Calculada	61,7	75,2	88,1	124

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Análisis comparativo

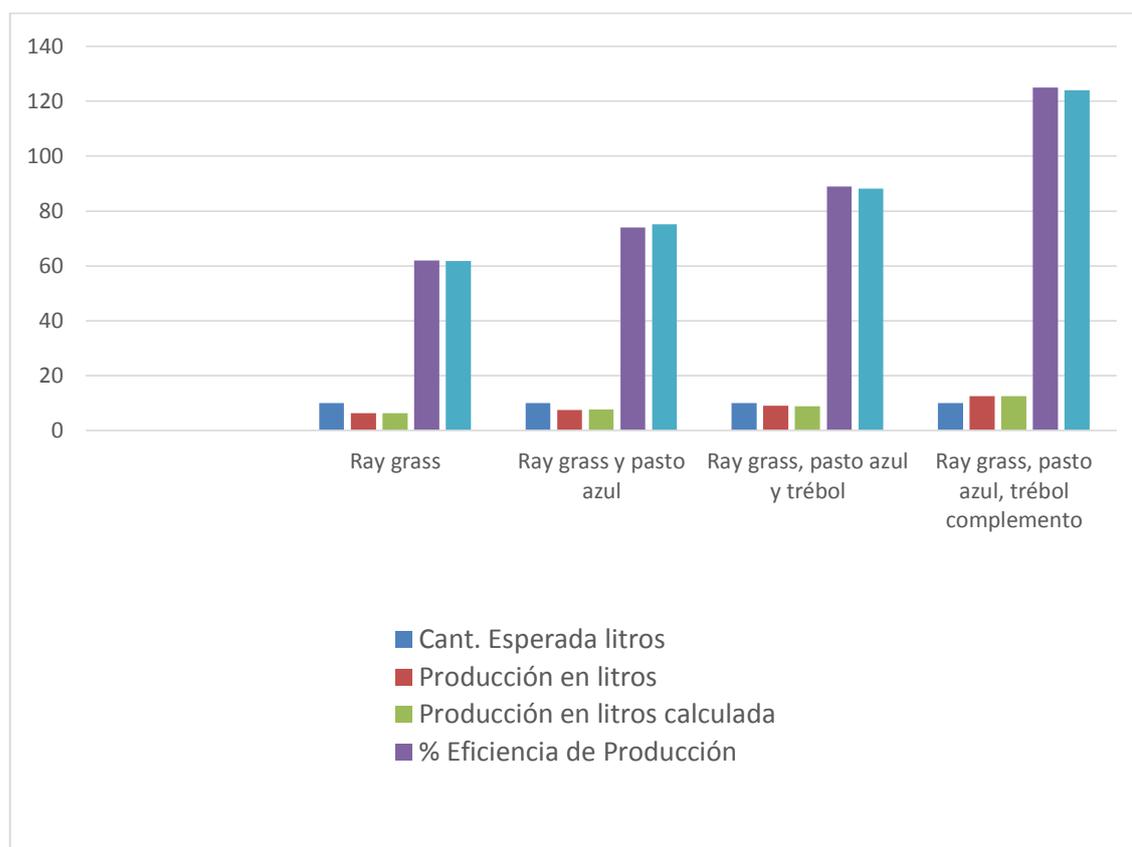


Figura 2-4 Análisis comparativo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 17-4 Restricciones para 15 litros

		RESTRICCIONES PARA PRODUCCIÓN DE LECHE									
REQUERIMIENTOS		REY GRASS	PASTO AZUL	TREBOL	H DE TRIGO	H. DE MAIZ	H. DE ARROZ	MELAZA	T. DE SOYA		
PROTEÍNA CRUDA		0,057 x1 +	0,05 x2 +	0,045 x3 +	0,168 x4 +	0,081 x5 +	0,07 x6 +	0,02 x7 +	0,51983 x8	≤ 0,14	
ENERGÍA DIGESTIBLE		0,68 x1 +	0,98 x2 +	0,6 x3 +	1,56 x4 +	3,06 x5 +	3,47 x6 +	1,96 x7 +	2,957 x8	≤ 2,36	
CALCIO		0,0014 x1 +	0,0012 x2 +	0,0028 x3 +	0,0013 x4 +	0,0002 x5 +	0,001 x6 +	0,006 x7 +	0,00296 x8	≤ 0,0043	
NDT		0,154 x1 +	0,22 x2 +	0,137 x3 +	0,0063 x4 +	0,696 x5 +	0,702 x6 +	0,0055 x7 +	0,0075 x8	≤ 0,63	
FÓSFORO		0,0008 x1 +	0,0011 x2 +	0,0007 x3 +	0,0099 x4 +	0,0011 x5 +	0 x6 +	0,0007 x7 +	0,00971 x8	≤ 0,0031	
REQUERIMIENTO	0,6	1 X1	0	0	0	0	0	0	0	≤ 10,8	
DIARIO DE PASTO	0,3	0	1 X2	0	0	0	0	0	0	≤ 5,4	
18 Kg	0,1	0	0	1 X3	0	0	0	0	0	≤ 1,8	
REQUERIMIENTO	0,2667	0	0	0	1 X4	0	0	0	0	≤ 0,5334	
DIARIO DE PIENSO	0,5333	0	0	0	0	1 X5	0	0	0	≤ 1,0666	
2 Kg	0,1333	0	0	0	0	0	1 X6	0	0	≤ 0,2666	
TOTAL	0,0533	0	0	0	0	0	0	1 X7	0	≤ 0,1066	
20 Kg	0,0133	0	0	0	0	0	0	0	1 X8	≤ 0,0266	
CON LA CONDICIÓN DE NO NEGATIVIDAD X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7 y X8 ≥ 0											

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 18-4 Modelo y Simulación 1. Para producción de 15 litros con RAY-GRASS

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS											
PRODUCCIÓN		X1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	PRODUCCIÓN EN LITROS		10,80
PARA	15	18	1,494	30,24	0,0522	8,568	0,0414	0	PASTO EN Kg	CONCENTRADO EN Kg	TOTAL
	LITROS	0,60	0	0	0	0	0	0	18	0	18
		0,04									
									REQUERIMIENTO	VALORES	REQUERIMIENTOS en
									S EN %	CALCULADOS	kg
Proteína cruda (%)	0,057	1	0	0	0	0	0	0	0,14	2,52	2,520
Energía (Mcal/kg)	0,68	0	1	0	0	0	0	0	2,36	42,48	42,480
Calcio (%)	0,0014	0	0	1	0	0	0	0	0,0043	0,0774	0,077
NDT (%)	0,154	0	0	0	1	0	0	0	0,63	11,34	11,340
Fosforo (%)	0,0008	0	0	0	0	1	0	0	0,0031	0,0558	0,056
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	1	0	1	18	18,000
Pasto Azul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Trebol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Afrecho de Trigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Harina de maiz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Harina de arooz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Melaza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
										NUTRIENTES TOTALES	56,473
										NUTRIENTES ESCASOS	40,396
										NUTRIENTES CONSUMIDOS	16,078
										FACTOR	0,0121
											0,040

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 21-4 Modelo y Simulación 4. Para producción de 15 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL, TREBOL

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS, PASTO AZUL Y TREBOL														
PRODUCCIÓN	X1	X2	X3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8			
PARA 15	10,8	5,4	1,8	1,5534	28,764	0,0508	8,2422	0,04	0	0	0			
LITROS	0,87	0,87	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
	0,06													
Proteína cruda (%)	0,057	0,05	0,045	1	0	0	0	0	0	0	0			
Energía (Mcal /kg)	0,68	0,98	0,6	0	1	0	0	0	0	0	0			
Calcio (%)	0,0014	0,0012	0,0028	0	0	1	0	0	0	0	0			
NDT (%)	0,154	0,22	0,137	0	0	0	1	0	0	0	0			
Fosforo (%)	0,0008	0,0011	0,0007	0	0	0	0	1	0	0	0			
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
Pasto Azul	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0			
Trebol	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1			
Afrecho de Trigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Harina de maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Harina de arooz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Melaza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
												PRODUCCIÓN EN LITROS	15,61	
												PASTO EN Kg	CONCENTRADO EN Kg	TOTAL
												18	0	18
												REQUERIMIENTOS EN %	VALORES CALCULADOS	REQUERIMIENTO S en kg
												0,14	2,52	2,520
												2,36	42,48	42,480
												0,0043	0,0774	0,077
												0,63	11,34	11,340
												0,0031	0,0558	0,056
												0,6	10,8	10,800
												0,3	5,4	5,400
												0,1	1,8	1,800
												0	0	0,000
												0	0	0,000
												0	0	0,000
												0	0	0,000
												0	0	0,000
												0	0	0,000
												NUTRIENTES TOTALES	56,473	
												NUTRIENTES ESCASOS	38,650	
												NUTRIENTES CONSUMIDOS	17,823	
												FACTOR	0,0134	
													0,06	

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 22-4 Modelo y Simulación 5. Para producción de 15 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL, TREBOL y COMPLEMENTOS

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS, PASTO AZUL, TREBOL Y COMPLEMENTOS																								
PRODUCCIÓN	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13			
PARA 15	12	6	2	3,5401	7,8245	0	1,066	0	0,4762	0	0,0438	1,3403	0	0	0	0	0	1,7939	2,8415	2,666	0	0,266		
LITROS	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0,04																							
Proteína cruda (%)	0,057	0,05	0,045	0,168	0,081	0,081	0,02	0,52	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Energía (Mcal /kg)	0,68	0,98	0,6	1,56	3,06	3,47	2,34	2,957	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Calcio (%)	0,0014	0,0012	0,0028	0,0013	0,0002	0,1	0,006	0,003	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NDT (%)	0,154	0,22	0,137	0,67	0,696	0,702	0	0,75	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fosforo (%)	0,0008	0,0011	0,0007	0,0099	0,0011	0	0,0007	0,0097	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pasto Azul	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Trebol	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Afrecho de Trigo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Harina de maíz	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Harina de arooz	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Melaza	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
																	PRODUCCIÓN EN LITROS	17,39						
																	PASTO EN Kg	CONCENTRADO EN Kg	TOTAL					
																	18	4	22					
																	REQUERIMIENTO S EN %	VALORES CALCULADOS	REQUERIMIENTO S en kg					
																	0,14	2,8	3,080					
																	2,36	47,2	51,920					
																	0,0043	0,086	0,095					
																	0,63	12,6	13,860					
																	0,0031	0,062	0,068					
																	0,6	12	13,200					
																	0,3	6	6,600					
																	0,1	2	2,200					
																	0,2667	5,334	5,867					
																	0,5333	10,666	11,733					
																	0,1333	2,666	2,933					
																	0,0533	1,066	1,173					
																	0,0133	0,266	0,293					
																	NUTRIENTES TOTALES	69,023						
																	NUTRIENTES ESCASOS	9,428						
																	NUTRIENTES CONSUMIDOS	59,595						
																	FACTOR	0,0359						

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 23-4 Análisis comparativo para producciones de 15 litros

	Ray grass	Ray grass y pasto azul	Pasto azul trébol	Ray grass, pasto azul y trébol	Ray grass, pasto azul, trébol complemento
Cantidad Esperada litros	15	15	15	15	15
Producción en litros	10,5	14	13,75	15,5	17
Producción en litros calculada	10,8	13,79	13,5	15,61	17,39
% Eficiencia de Producción	70,00	93,33	91,67	103,33	113,33
% Eficiencia Calculada	72,00	91,93	90,00	104,07	115,93

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Análisis comparativo

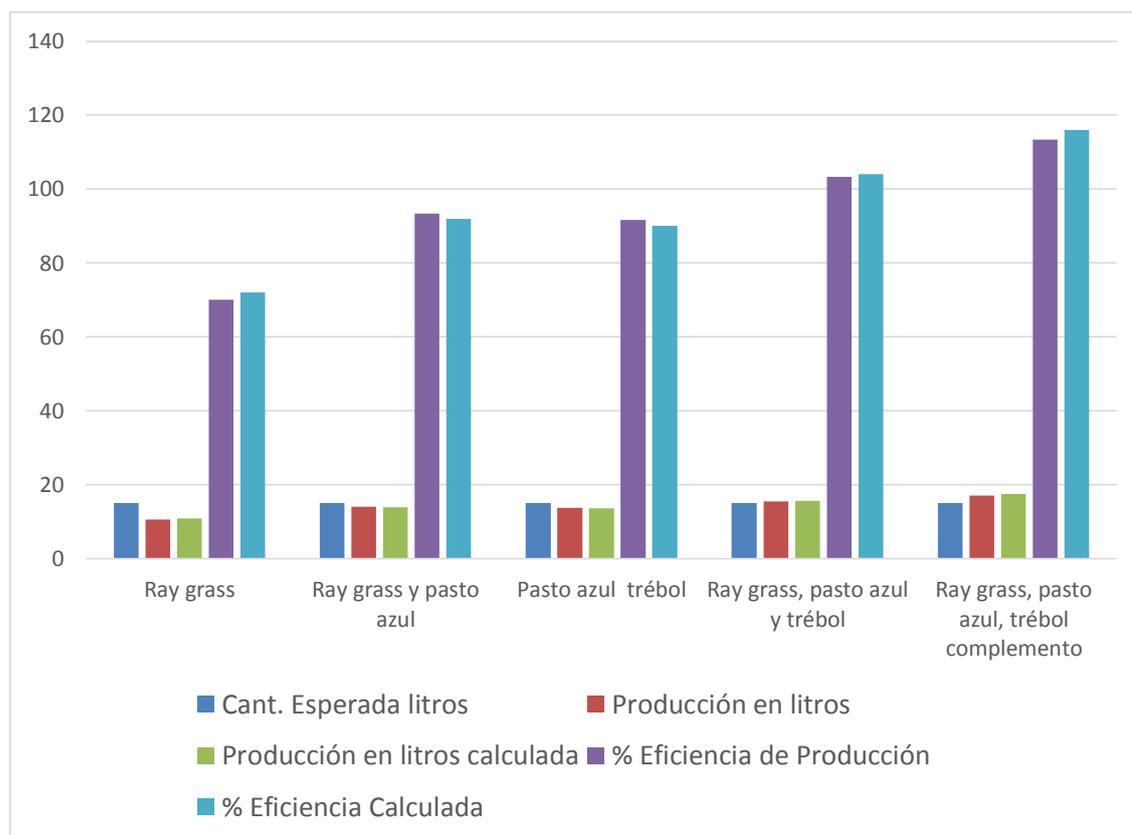


Figura 3-4 Análisis comparativo

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 24-4 Restricciones para 20 litros

		RESTRICCIONES PARA PRODUCCIÓN DE LECHE									
REQUERIMIENTOS		REY GRASS	PASTO AZUL	TREBOL	H DE TRIGO	H. DE MAIZ	H. DE ARROZ	MELAZA	T. DE SOYA		
PROTEÍNA CRUDA		0,057 x1 +	0,05 x2 +	0,045 x3 +	0,168 x4 +	0,081 x5 +	0,07 x6 +	0,02 x7 +	0,51983 x8	≤ 0,14	
ENERGÍA DIGESTIBLE		0,68 x1 +	0,98 x2 +	0,6 x3 +	1,56 x4 +	3,06 x5 +	3,47 x6 +	1,96 x7 +	2,957 x8	≤ 2,36	
CALCIO		0,0014 x1 +	0,0012 x2 +	0,0028 x3 +	0,0013 x4 +	0,0002 x5 +	0,001 x6 +	0,006 x7 +	0,00296 x8	≤ 0,0043	
NDT		0,154 x1 +	0,22 x2 +	0,137 x3 +	0,0063 x4 +	0,696 x5 +	0,702 x6 +	0,0055 x7 +	0,0075 x8	≤ 0,63	
FÓSFORO		0,0008 x1 +	0,0011 x2 +	0,0007 x3 +	0,0099 x4 +	0,0011 x5 +	0 x6 +	0,0007 x7 +	0,00971 x8	≤ 0,0031	
REQUERIMIENTO	0,6	1 X1	0	0	0	0	0	0	0	≤ 10,8	
DIARIO DE PASTO	0,3	0	1 X2	0	0	0	0	0	0	≤ 5,4	
18 Kg	0,1	0	0	1 X3	0	0	0	0	0	≤ 1,8	
REQUERIMIENTO	0,2667	0	0	0	1 X4	0	0	0	0	≤ 0,5334	
DIARIO DE PIENSO	0,5333	0	0	0	0	1 X5	0	0	0	≤ 1,0666	
2 Kg	0,1333	0	0	0	0	0	1 X6	0	0	≤ 0,2666	
TOTAL	0,0533	0	0	0	0	0	0	1 X7	0	≤ 0,1066	
20 Kg	0,0133	0	0	0	0	0	0	0	1 X8	≤ 0,0266	

CON LA CONDICIÓN DE NO NEGATIVIDAD X1, X2 ,X3, X4, X5, X6, X7 y X8 ≥ 0

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 25-4 Modelo y Simulación 1 para producción de 20 litros con RAY-GRASS

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS												
PRODUCCIÓN		X1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	PRODUCCIÓN EN LITROS		15,82	
PARA	20	18	1,494	30,24	0,0522	8,568	0,0414	0	PASTO EN Kg		CONCENTRADO EN Kg	TOTAL
LITROS		0,88	0	0	0	0	0	0	18		0	18
0,04												
Proteína cruda (%)		0,057	1	0	0	0	0	0	REQUERIMIENTO S EN %		VALORES CALCULADOS	REQUERIMIENTOS EN kg
Energía (Mcal/kg)		0,68	0	1	0	0	0	0	0,14		2,52	2,520
Calcio (%)		0,0014	0	0	1	0	0	0	2,36		42,48	42,480
NDT (%)		0,154	0	0	0	1	0	0	0,0043		0,0774	0,077
Fosforo (%)		0,0008	0	0	0	0	1	0	0,63		11,34	11,340
Ray Grass		1	0	0	0	0	0	1	0,0031		0,0558	0,056
Pasto Azul		0	0	0	0	0	0	0	1		18	18,000
Trebol		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0,000
Afrecho de Trigo		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0,000
Harina de maíz		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0,000
Harina de arooz		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0,000
Melaza		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0,000
Harina de soya		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0,000
NUTRIENTES TOTALES											56,473	
NUTRIENTES ESCASOS											40,396	
NUTRIENTES CONSUMIDOS											16,078	
FACTOR											0,0064	
											0,044	

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 26-4 Modelo y Simulación 2 para producción de 20 litros con RAY-GRASS y PASTO AZUL

PRODUCCIÓN	X1	X2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	PRODUCCIÓN EN LITROS		16,14	
PARA 20	10,8	5,4	1,6344	29,844	0,0558	8,4888	0,0412	0	0	PASTO EN Kg		CONCENTRADO EN Kg	TOTAL
LITROS	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18	0	18	
0,05													
Proteína cruda (%)	0,057	0,05	1	0	0	0	0	0	0	REQUERIMIENTOS EN %	VALORES CALCULADOS	REQUERIMIENTOS en kg	
Energía (Mcal/kg)	0,68	0,98	0	1	0	0	0	0	0	0,14	2,52	2,520	
Calcio (%)	0,0014	0,0012	0	0	1	0	0	0	0	2,36	42,48	42,480	
NDT (%)	0,154	0,22	0	0	0	1	0	0	0	0,0043	0,0774	0,077	
Fosforo (%)	0,0008	0,0011	0	0	0	0	1	0	0	0,63	11,34	11,340	
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0,0031	0,0558	0,056	
Pasto Azul	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,6	10,8	10,800	
Trebol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	5,4	7,200	
Afrecho de Trigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
Harina de maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
Harina de arooz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
Melaza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
											NUTRIENTES TOTALES	56,473	
											NUTRIENTES ESCASOS	40,064	
											NUTRIENTES CONSUMIDOS	16,409	
											FACTOR	0,01	
												0,05	

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 27-4 Modelo y Simulación 3 para producción de 20 litros con PASTO AZUL y TREBOL

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON PASTO AZUL Y TREBOL														
PRODUCCIÓN	X2	X3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	PRODUCCIÓN EN LITROS		18,00	
PARA 20	10,8	7,2	1,656	27,576	0,0443	7,9776	0,0389	0	0	0	PASTO EN Kg		CONCENTRADO EN Kg	TOTAL
LITROS	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18	0	18	
0,05														
Proteína cruda (%)	0,05	0,045	1	0	0	0	0	0	0	0	REQUERIMIENTO S EN %	VALORES CALCULADOS	REQUERIMIENTO S en kg	
Energía (Mcal/kg)	0,98	0,6	0	1	0	0	0	0	0	0	0,14	2,520	2,520	
Calcio (%)	0,0012	0,0028	0	0	1	0	0	0	0	0	2,36	42,48	42,480	
NDT (%)	0,22	0,137	0	0	0	1	0	0	0	0	0,0043	0,0774	0,077	
Fosforo (%)	0,0011	0,0007	0	0	0	0	1	0	0	0	0,63	11,340	11,340	
Ray Grass	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0031	0,0558	0,056	
Pasto Azul	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,6	10,8	10,800	
Trebol	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,4	7,2	7,200	
Afrecho de Trigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
Harina de maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
Harina de arooz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
Melaza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	
											NUTRIENTES TOTALES	56,473		
											NUTRIENTES ESCASOS	37,293		
											NUTRIENTES CONSUMIDOS	19,180		
											FACTOR	0,01		
												0,05		

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 28-4 Modelo y Simulación 4 para producción de 20 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL y TEBOL

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS, PASTO AZUL Y TEBOL												
PRODUCCIÓN	X1	X2	X3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	
PARA	20	10,8	5,4	1,8	1,5534	28,764	0,0508	8,2422	0,04	0	0	0
LITROS	1,02	1,02	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,05											
Proteína cruda (%)	0,057	0,05	0,045	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Energía (Mcal/kg)	0,68	0,98	0,6	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Calcio (%)	0,0014	0,0012	0,0028	0	0	1	0	0	0	0	0	0
NDT (%)	0,154	0,22	0,137	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Fosforo (%)	0,0008	0,0011	0,0007	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Pasto Azul	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Trebol	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Afrecho de Trigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Harina de maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Harina de arooz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melaza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN EN LITROS												18,31
PASTO EN Kg												18
CONCENTRADO EN Kg												0
TOTAL												18
REQUERIMIENTOS EN %												0,14
VALORES CALCULADOS												2,52
REQUERIMIENTO S en kg												2,520
												2,36
												42,48
												42,480
												0,0043
												0,0774
												0,077
												0,63
												11,34
												11,340
												0,0031
												0,0558
												0,056
												0,6
												10,8
												10,800
												0,3
												5,4
												5,400
												0,1
												1,8
												1,800
												0
												0
												0,000
												0
												0,000
												0
												0,000
												0
												0,000
												0
												0,000
												0
												0,000
NUTRIENTES TOTALES												56,473
NUTRIENTES ESCASOS												38,650
NUTRIENTES CONSUMIDOS												17,823
FACTOR												0,0134
												0,05

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 29-4 Modelo y Simulación 5 para producción de 20 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL, TEBOL y COMPLEMENTOS

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS, PASTO AZUL, TEBOL Y COMPLEMENTOS																							
PRODUCCIÓN	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13		
PARA	20	12	6	2	3,5401	7,8245	0	1,066	0	0,4762	0	0,0438	1,3403	0	0	0	0	1,7938	2,8415	2,666	0	0,266	
LITROS	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,04																						
Proteína cruda (%)	0,057	0,05	0,045	0,168	0,081	0,081	0,02	0,52	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energía (Mcal/kg)	0,68	0,98	0,6	1,56	3,06	3,47	2,34	2,957	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calcio (%)	0,0014	0,0012	0,0028	0,0013	0,0002	0,1	0,006	0,003	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NDT (%)	0,154	0,22	0,137	0,67	0,696	0,702	0	0,75	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosforo (%)	0,0008	0,0011	0,0007	0,0099	0,0011	0	0,0007	0,0097	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasto Azul	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Trebol	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Afrecho de Trigo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Harina de maíz	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Harina de arooz	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Melaza	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
PRODUCCIÓN EN LITROS																		23,19					
PASTO EN Kg																		18					
CONCENTRADO EN Kg																		4					
TOTAL																		22					
REQUERIMIENTO S EN %																		0,14					
VALORES CALCULADOS																		2,8					
REQUERIMIENTO S en kg																		3,080					
																		2,36					
																		47,2					
																		51,820					
																		0,0043					
																		0,086					
																		0,095					
																		0,63					
																		12,6					
																		13,860					
																		0,0031					
																		0,062					
																		0,068					
																		0,6					
																		12					
																		13,200					
																		0,3					
																		6					
																		6,600					
																		0,1					
																		2					
																		2,200					
																		0,2667					
																		5,334					
																		5,867					
																		0,5333					
																		10,666					
																		11,733					
																		0,1333					
																		2,666					
																		2,933					
																		0,0533					
																		1,066					
																		1,173					
																		0,0133					
																		0,266					
																		0,293					
NUTRIENTES TOTALES																		69,023					
NUTRIENTES ESCASOS																		9,428					
NUTRIENTES CONSUMIDOS																		59,595					
FACTOR																		0,0358					

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 30-4 Análisis comparativo para producciones de 20 litros

	Ray grass	Ray grass y pasto azul	Pasto azul trébol	Ray grass, pasto azul y trébol	Ray grass, pasto azul, trébol complemento
Cant. Esperada litros	20	20	20	20	20
Producción en litros	15,50	16,00	17,80	18,50	23,00
Producción en litros calculada	15,82	16,14	18	18,31	23,19
% Eficiencia de Producción	77,50	80,00	89,00	92,50	115,00
% Eficiencia Calculada	79,10	80,70	90,00	91,55	115,95

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Análisis comparativo

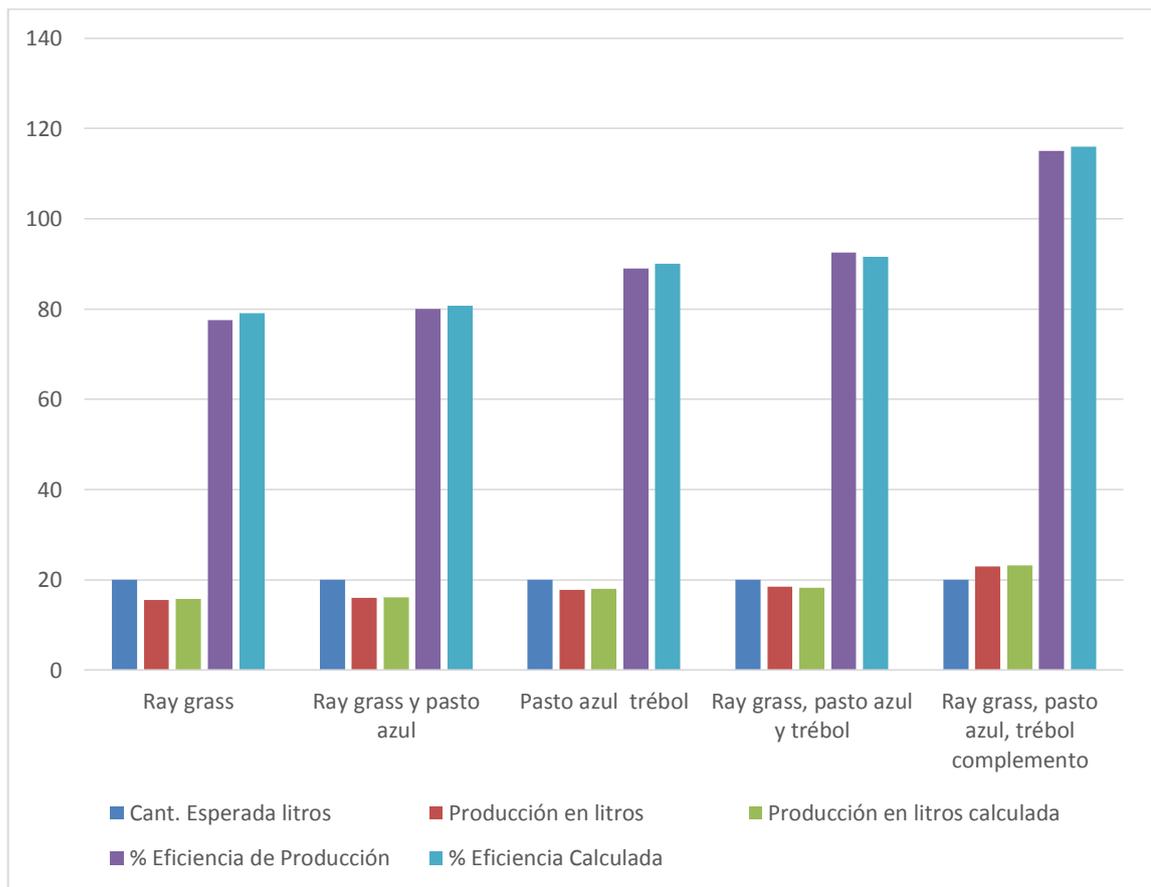


Figura 4-4 Análisis comparativo

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 31-4 Restricciones para 25 litros

		RESTRICCIONES PARA PRODUCCIÓN DE LECHE									
REQUERIMIENTOS		REY GRASS	PASTO AZUL	TREBOL	H DE TRIGO	H. DE MAIZ	H. DE ARROZ	MELAZA	T. DE SOYA		
PROTEINA CRUDA		0,057	x1 + 0,05	x2 + 0,045	x3 + 0,168	x4 + 0,081	x5 + 0,07	x6 + 0,02	x7 + 0,51983	x8	≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE		0,68	x1 + 0,98	x2 + 0,6	x3 + 1,56	x4 + 3,06	x5 + 3,47	x6 + 1,96	x7 + 2,957	x8	≤ 2,36
CALCIO		0,0014	x1 + 0,0012	x2 + 0,0028	x3 + 0,0013	x4 + 0,0002	x5 + 0,001	x6 + 0,006	x7 + 0,00296	x8	≤ 0,0043
NDT		0,154	x1 + 0,22	x2 + 0,137	x3 + 0,0063	x4 + 0,696	x5 + 0,702	x6 + 0,0055	x7 + 0,0075	x8	≤ 0,63
FÓSFORO		0,0008	x1 + 0,0011	x2 + 0,0007	x3 + 0,0099	x4 + 0,0011	x5 + 0	x6 + 0,0007	x7 + 0,00971	x8	≤ 0,0031
REQUERIMIENTO	0,6	1	X1	0	0	0	0	0	0	0	≤ 10,8
DIARIO DE PASTO	0,3	0	1	X2	0	0	0	0	0	0	≤ 5,4
18 Kg	0,1	0	0	1	X3	0	0	0	0	0	≤ 1,8
REQUERIMIENTO	0,2667	0	0	0	1	X4	0	0	0	0	≤ 0,5334
DIARIO DE PIENSO	0,5333	0	0	0	0	1	X5	0	0	0	≤ 1,0666
2 Kg	0,1333	0	0	0	0	0	1	X6	0	0	≤ 0,2666
TOTAL	0,0533	0	0	0	0	0	0	1	X7	0	≤ 0,1066
20 Kg	0,0133	0	0	0	0	0	0	0	1	X8	≤ 0,0266
CON LA CONDICIÓN DE NO NEGATIVIDAD X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7 y X8 ≥ 0											

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 32-4 Modelo y simulación 1 para producción de 25 litros con RAY-GRASS

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS											
PRODUCCIÓN		X1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	PRODUCCIÓN EN LITROS		17,29
PARA	25	18	1,494	30,24	0,0522	8,568	0,0414	0	PASTO EN Kg	CONCENTRADO EN Kg	TOTAL
	LITROS	0,96	0	0	0	0	0	0	18	0	18
		0,04									
Proteína cruda (%)	0,057	1	0	0	0	0	0	0	REQUERIMIENTO S EN %	VALORES CALCULADOS	REQUERIMIENTOS EN kg
Energía (Mcal/kg)	0,68	0	1	0	0	0	0	0	0,14	2,52	2,520
Calcio (%)	0,0014	0	0	1	0	0	0	0	2,36	42,48	42,480
NDT (%)	0,154	0	0	0	1	0	0	0	0,0043	0,0774	0,077
Fosforo (%)	0,0008	0	0	0	0	1	0	0	0,63	11,34	11,340
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	1	0	0,0031	0,0558	0,056
Pasto Azul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18	18,000
Trebol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Afrecho de Trigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Harina de maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Harina de arooz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Melaza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
NUTRIENTES TOTALES											56,473
NUTRIENTES ESCASOS											40,396
NUTRIENTES CONSUMIDOS											16,078
FACTOR											0,0064
											0,038

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 33-4 Modelo y simulación 2 para producción de 25 litros con RAY-GRASS y PASTO AZUL

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS Y PASTO AZUL										
PRODUCCIÓN	X1	X2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	
PARA	25	10,8	5,4	1,6344	29,844	0,0558	8,4888	0,0412	0	0
LITROS	1,33	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,05									
PROTEÍNA CRUDA (%)	0,057	0,05	1	0	0	0	0	0	0	0
ENERGÍA (Mcal/kg)	0,68	0,98	0	1	0	0	0	0	0	0
CALCIO (%)	0,0014	0,0012	0	0	1	0	0	0	0	0
NDT (%)	0,154	0,22	0	0	0	1	0	0	0	0
FOSFORO (%)	0,0008	0,0011	0	0	0	0	1	0	0	0
RAY GRASS	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
PASTO AZUL	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
TREBOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AFRECHO DE TRIGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HARINA DE MAÍZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HARINA DE AROOZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MELAZA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HARINA DE SOYA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN EN LITROS										21,52
PASTO EN Kg	CONCENTRADO EN Kg		TOTAL							
18	0		18							
REQUERIMIENTOS EN %	VALORES CALCULADOS		REQUERIMIENTOS en kg							
	0,14	2,52	2,520							
	2,36	42,48	42,480							
	0,0043	0,0774	0,077							
	0,63	11,34	11,340							
	0,0031	0,0558	0,056							
	0,6	10,8	10,800							
	0,4	5,4	7,200							
	0	0	0,000							
	0	0	0,000							
	0	0	0,000							
	0	0	0,000							
	0	0	0,000							
	0	0	0,000							
NUTRIENTES TOTALES		56,473								
NUTRIENTES ESCASOS		40,054								
NUTRIENTES CONSUMIDOS		16,409								
FACTOR		0,01								
		0,05								

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 34-4 Modelo y simulación 3 para producción de 25 litros con PASTO AZUL y TRÉBOL

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON PASTO AZUL Y TREBOL												
PRODUCCIÓN	X2	X3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8		
PARA	25	10,8	3,6	1,818	29,736	0,0544	8,4708	0,0414	0	0	0	
LITROS	1,41	1,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	0,06											
PROTEÍNA CRUDA (%)	0,05	0,045	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
ENERGÍA (Mcal/kg)	0,98	0,6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
CALCIO (%)	0,0012	0,0028	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
NDT (%)	0,22	0,137	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
FOSFORO (%)	0,0011	0,0007	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
RAY GRASS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PASTO AZUL	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
TREBOL	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
AFRECHO DE TRIGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HARINA DE MAÍZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HARINA DE AROOZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MELAZA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HARINA DE SOYA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PRODUCCIÓN EN LITROS												20,29
PASTO EN Kg	CONCENTRADO EN Kg		TOTAL									
18	0		18									
REQUERIMIENTO S EN %	VALORES CALCULADOS		REQUERIMIENTO S en kg									
	0,14	2,520	2,520									
	2,36	42,48	42,480									
	0,0043	0,077	0,077									
	0,63	11,340	11,340									
	0,0031	0,0558	0,056									
	0	0	0,000									
	0,6	10,8	10,800									
	0,2	3,6	3,600									
	0	0	0,000									
	0	0	0,000									
	0	0	0,000									
	0	0	0,000									
	0	0	0,000									
NUTRIENTES TOTALES		56,473										
NUTRIENTES ESCASOS		40,121										
NUTRIENTES CONSUMIDOS		16,353										
FACTOR		0,02										
		0,06										

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 35-4 Modelo y simulación 4 para producción de 25 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL y TEBOL

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS, PASTO AZUL Y TEBOL												
PRODUCCIÓN	X1	X2	X3	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	
PARA	25	10,8	5,4	1,8	1,5534	28,764	0,0508	8,2422	0,04	0	0	0
LITROS	1,36	1,36	1,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,05											
Proteína cruda (%)	0,057	0,05	0,045	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Energía (Mcal/kg)	0,68	0,98	0,6	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Calcio (%)	0,0014	0,0012	0,0028	0	0	1	0	0	0	0	0	0
NDT (%)	0,154	0,22	0,137	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Fosforo (%)	0,0008	0,0011	0,0007	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Pasto Azul	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Trebol	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Afrecho de Trigo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Harina de maíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Harina de arroz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melaza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRODUCCIÓN EN LITROS												24,42
PASTO EN Kg												18
CONCENTRADO EN Kg												0
TOTAL												18
REQUERIMIENTOS EN %												0,14
VALORES CALCULADOS												2,52
REQUERIMIENTO S en kg												2,520
												2,36
												42,48
												0,0043
												0,0774
												0,077
												0,63
												11,34
												11,340
												0,0031
												0,0558
												0,056
												0,5
												10,8
												9,000
												0,3
												5,4
												5,400
												0,2
												1,8
												3,600
												0
												0,000
												0,000
												0,000
												0,000
												0,000
												0,000
												0,000
												0,000
												0,000
												0,000
												0,000
NUTRIENTES TOTALES												56,473
NUTRIENTES ESCASOS												38,650
NUTRIENTES CONSUMIDOS												17,823
FACTOR												0,0143
												0,05

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 36-4 Modelo y simulación 5 para producción de 25 litros con RAY-GRASS, PASTO AZUL, TEBOL y COMPLEMENTOS

FORMULACIÓN DE DIETAS PARA GANADO BOVINO EN PRODUCCIÓN DE LECHE CON RAY-GRASS, PASTO AZUL, TEBOL Y COMPLEMENTOS																							
PRODUCCIÓN	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13		
PARA	25	12	6	2	3,5401	7,8245	0	1,066	0	0,4762	0	0,0438	1,3403	0	0	0	0	1,7939	2,8415	2,666	0	0,266	
LITROS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,04																						
Proteína cruda (%)	0,057	0,05	0,045	0,168	0,081	0,081	0,02	0,52	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energía (Mcal/kg)	0,68	0,98	0,6	1,56	3,06	3,47	2,34	2,957	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calcio (%)	0,0014	0,0012	0,0028	0,0013	0,0002	0,1	0,006	0,003	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NDT (%)	0,154	0,22	0,137	0,67	0,696	0,702	0	0,75	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fosforo (%)	0,0008	0,0011	0,0007	0,0009	0,0011	0	0,0007	0,0097	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ray Grass	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasto Azul	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Trebol	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Afrecho de Trigo	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Harina de maíz	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Harina de arroz	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Melaza	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Harina de soya	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
PRODUCCIÓN EN LITROS																		32,30					
PASTO EN Kg																		18					
CONCENTRADO EN Kg																		4					
TOTAL																		22					
REQUERIMIENTO S EN %																		0,14					
VALORES CALCULADOS																		2,8					
REQUERIMIENTO S en kg																		3,080					
																		2,36					
																		47,2					
																		0,0043					
																		0,086					
																		0,095					
																		0,63					
																		12,6					
																		13,860					
																		0,0031					
																		0,062					
																		0,068					
																		0,6					
																		12					
																		13,200					
																		0,3					
																		6					
																		6,600					
																		0,1					
																		2					
																		2,200					
																		0,2667					
																		5,334					
																		5,867					
																		0,5333					
																		10,666					
																		11,733					
																		0,1333					
																		2,666					
																		2,933					
																		0,0533					
																		1,066					
																		1,173					
																		0,0133					
																		0,266					
																		0,293					
NUTRIENTES TOTALES																		69,023					
NUTRIENTES ESCASOS																		9,428					
NUTRIENTES CONSUMIDOS																		59,595					
FACTOR																		0,0238					
																		0,040					

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 37-4 Análisis comparativo para producciones de 25 litros

	Ray grass	Ray grass y pasto azul	Pasto azul trébol	Ray grass, pasto azul y trébol	Ray grass, pasto azul, trébol complemento
Cant. Esperada litros	25	25	25	25	25
Producción en litros	17,50	21,50	21,00	24,50	30,00
Producción en litros calculada	17,29	21,52	20,29	24,42	32,30
% Eficiencia de Producción	70,00	86,00	84,00	98,00	120,00
% Eficiencia Calculada	69,16	86,08	81,16	97,68	129,20

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Análisis comparativo

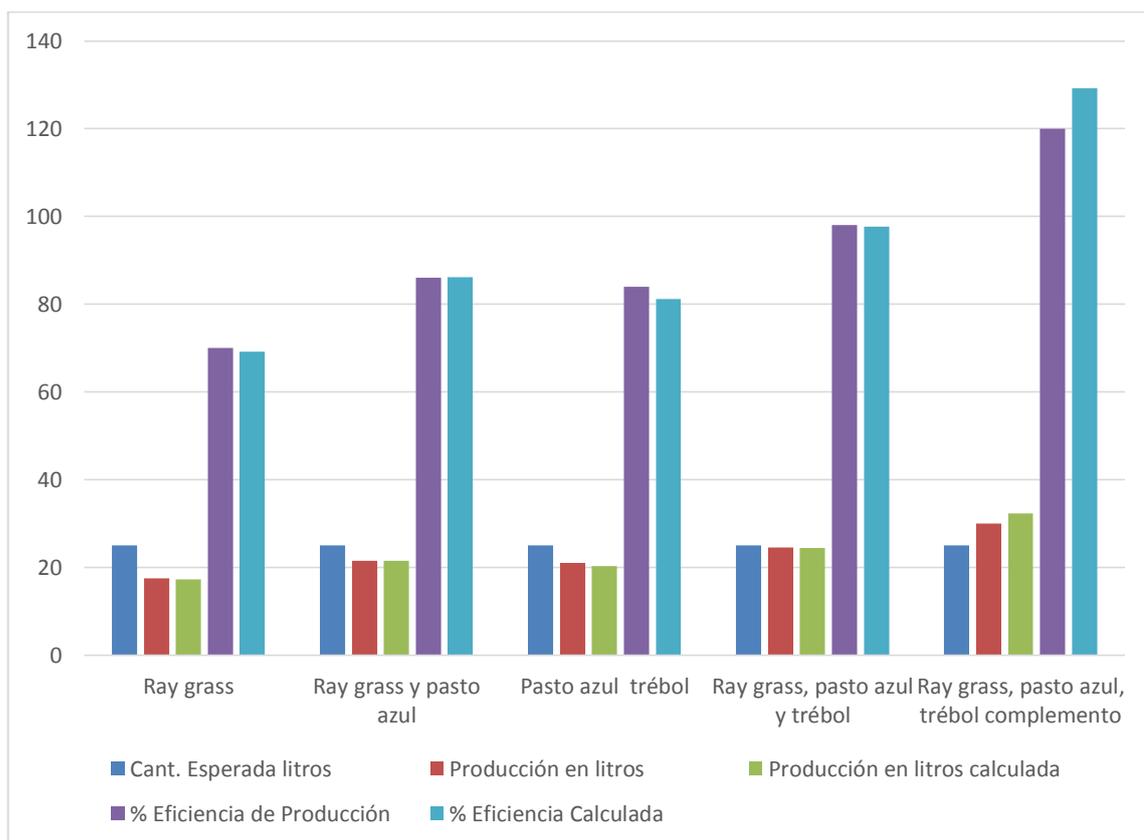


Figura 5-4 Análisis comparativo

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Análisis general

Una vez procesado el modelo de la programación lineal y la simulación en Microsoft Excel y su herramienta Solver. En este modelo en todos los rangos de producción en litros de leche, utilizando únicamente como nutriente el Ray Grass, como era de esperarse se obtuvo una mínima producción, la dieta compuesta por los tres tipos pastos agregando el complemento obtuvo una máxima producción como se puede evidenciar en cada uno de los modelos propuestos, también se evidencia la falta de nutrientes debido a que no se iguala la inecuación y se obtienen valores de variables de holgura considerables.

Como se puede evidenciar en el análisis comparativo, las cantidades de litros de leche obtenidas, de acuerdo al tipo de alimento suministrada, guardan absoluta relación con la cantidad, calidad de alimentos administrados y la cantidad de nutrientes necesarios para cumplir la meta propuesta, consecuentemente en la simulación se puede evidenciar que la administración de los cuatro nutrientes propuestos en las cantidades ponderadas alcanza un porcentaje óptimo, por lo cual se propone su utilización.

4.2.1 Método de simulación

La simulación consiste en correr el problema establecido de forma empírica mediante el software Microsoft Excel y su herramienta Solver; determinando la cantidad de nutrientes necesarios para producir 10, 15, 20 y más 20 litros diarios de leche.

Para realizar la simulación en este estudio se utilizaron cinco dietas, en la primera se utilizó 18 kg de pasto y dos de concentrado, con total de 20 kilogramos, con lo cual se obtuvo 10 litros de producción por vaca.

Para el problema en estudio se realizaron las combinaciones necesarias para analizar el comportamiento de la producción de leche en el hato lechero en estudio.

4.3 Aplicación de la prueba de hipótesis

La hipótesis planteada para la realización de este trabajo de investigación es “La aplicación de un modelo de programación lineal no permitirá identificar las variables para optimizar la producción de leche en las pequeñas fincas productoras en la provincia de Chimborazo”, al tener datos calculados y datos reales, se nos permite hacer uso de la prueba de hipótesis denominada Chi Cuadrado, se utiliza esta prueba debido a que nos permite comparar la

distribución de los datos obtenidos en la prueba, con una distribución esperada de los datos alcanzados en el modelo, lo que nos permite determinar si la muestra se ajusta o no al rango de aceptación.

4.4 Comprobación de la hipótesis

Modelo lógico

Hi: La hipótesis: La aplicación de un modelo de programación lineal permitirá identificar las variables para optimizar la producción de leche en las pequeñas fincas productoras en la provincia de Chimborazo.

Ho: La hipótesis: La aplicación de un modelo de programación lineal no permitirá identificar las variables para optimizar la producción de leche en las pequeñas fincas productoras en la provincia de Chimborazo.

Modelo estadístico

$$\chi_c^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (2)$$

En el empleo de las diversas fórmulas se utilizó la siguiente simbología:

Simbología

χ_c^2 = “Chi” cuadrado calculado

χ_t^2 = “Chi” cuadrado teórico

Σ = Sumatoria

IC = intervalo de confianza

f_o = frecuencia observada

f_e = frecuencia esperada

α = Nivel de significación

GL=grados de libertad

Nivel de significación

$$\alpha = 0.05$$

IC= 95%

Grados de libertad

Columnas 2, Filas 4

GL= (Columnas-1) (Filas-1)

GL= (2-1) (4-1)

GL= (1) (3)

GL= 3

$$\chi_r^2 = 7,81$$

Cálculo de Chi cuadrado

Tabla 38-4 Resultado general

	PRODUCCIÓN EN LITROS	RAY-GRASS, PASTO AZUL, TRÉBOL Y COMPLEMENTOS	TOTAL
10 litros	6,2	12,5	18,7
15 litros	10,5	17	27,5
20 litros	15,50	23	38,50
25 litros	17,50	30	47,50
TOTAL	49,7	82,5	132,20

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

Tabla 39-4 Calculo del chi-cuadrado

PRODUCCIÓN	Frecuencia observada	Frecuencia esperada	fo-fe	$\frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$
10 litros	6,2	12,5	-6,3	3,17
15 litros	10,5	17	-6,5	2,48
20 litros	15,50	23	-7,5	2,44
25 litros	17,50	30	-12,5	5,2
TOTAL				13,29

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

4.4.1 Regla de decisión

Si $\chi^2_c \leq \chi^2_t$ Rechazo la Hi

Si $\chi^2_c \geq \chi^2_t$ Acepta la Hi

$\chi^2_c = 13,29$

$\chi^2_t = 7,81$

4.4.2 Verificación

Como $\chi^2_c = 13,29$ es mayor que $\chi^2_t = 7,81$; entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis (Hi) es decir la hipótesis: La aplicación de un modelo de programación lineal permitirá identificar las variables para optimizar la producción de leche en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo.

Tabla 40-4 Probabilidad de un valor supuesto

Grados libertad	Probabilidad de un valor superior - Alfa (α)				
	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88
2	4,61	5,99	7,38	9,21	10,60
3	6,25	7,81	9,35	11,34	12,84
4	7,78	9,49	11,14	13,28	14,86
5	9,24	11,07	12,83	15,09	16,75
6	10,64	12,59	14,45	16,81	18,55
7	12,02	14,07	16,01	18,48	20,28
8	13,36	15,51	17,53	20,09	21,95
9	14,68	16,92	19,02	21,67	23,59

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

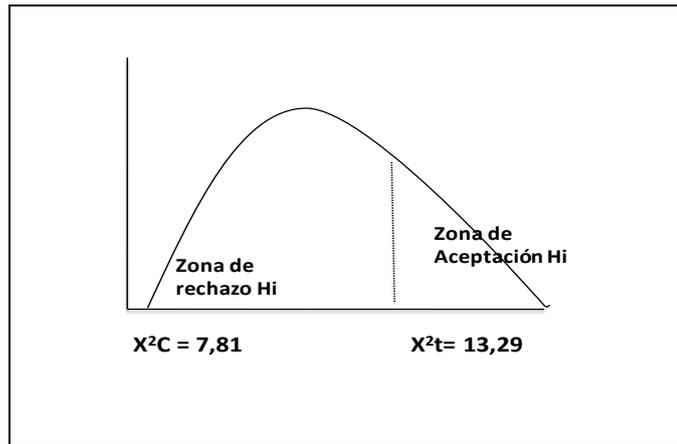


Figura 6-4 Zona de rechazo y aceptación

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Jesús Brito, 2016

4.5 Conclusiones y recomendaciones

4.5.1 Conclusiones

Para realizar el diagnóstico de los sistemas de producción lechera actuales en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo, se realizó una encuesta a 10 fincas para conocer el ganado en producción, pasto disponibles y alimentos adicionales, los resultados obtenidos fueron: la raza de ganado son: Holstein, Jersey, Brown Swiss, F1 y mestiza, sin embargo en esta investigación la raza de ganado no fue considerada lo que se utilizó fue el ganado en producción; los pastos empleados en orden descendente son Ray grass, trébol blanco, pasto azul, alfalfa, el suplemento más utilizados es el súper leche y sal mineral.

La utilización de la programación lineal es factible para optimizar los recursos en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de Chimborazo, a partir de un modelo matemático, formulando la función objetivo, con sus respectivas restricciones y la condición de no negatividad, determinando de esta forma las variables para encontrar la dieta optima con la que se obtiene la máxima producción de leche.

Se desarrolló un modelo de programación lineal basado en la producción de leche, necesidades nutritivas y en la composición nutricional del alimento. Para determinar los valores de las variables con el fin de obtener la dieta adecuada, implicó la formulación de un gran número de variables de decisión, holgura y restricciones, cuya solución se obtuvo mediante la aplicación del software Microsoft Excel y su poderosa herramienta Solver que permitió la simulación del modelo para diferentes tipos de producción de leche.

El modelo se valido en una Unidad Productiva de pequeña escala para establecer su eficiencia, se experimento en la Finca Las Silvanitas de la Parroquia Cebadas en la Provincia de Chimborazo, en donde se pudo comprobar su eficiencia, obteniendo la cantidad de leche propuesta. La aplicación de la prueba chi cuadrado arrojó el siguiente resultado: $\chi_c^2 = 13,29$ es mayor que $\chi_t^2 = 7,81$; entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis (Hi) es decir: La aplicación de un modelo de programación lineal permitirá identificar las variables para optimizar la producción de leche en las pequeñas fincas productoras en la provincia de Chimborazo.

4.5.2 *Recomendaciones*

A los productores de leche de las fincas en la Provincia de Chimborazo, con características similares a las estudiadas, se sugiere aplicar el modelo de programación lineal para mejorar la producción de leche, de esta forma se optimiza la economía de la finca.

Continuar las investigaciones para incrementar las aplicaciones de la modelación de las pequeñas fincas productoras, con énfasis en la modelación y simulación de los resultados económicos y en la mejora de las condiciones de partida de la finca, recursos en general. Con ello se podría hacer un análisis integral del proceso productivo.

Nuestros sistemas de producción son netamente pastoriles, en la mayoría de los casos con deficiencias nutricionales, a consecuencia de factores climáticos o de manejo, por lo que recomendamos complementar con insumos como harina de trigo, harina de arroz, harina de maíz, harina de soya, melaza con los porcentajes de mezcla calculados en esta investigación para poder equilibrar las deficiencias de nutrientes.

Se recomienda utilizar el complemento (balanceado) propuesto por esta investigación por un tiempo prolongado para que surta efecto, de esta forma evitar falsas suposiciones de que el complemento aumenta la producción de leche de un día a otro.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado. (2005). *Modelo de optimización económica para el análisis y la simulación*. Costa Rica: Tesis de grado.

Faulín Xavier Angel Juan. (2010). *Análisis de sensibilidad con Excel y Lindo*. Obtenido de http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Analisis_Sensibilidad.pdf

Brassel, F., & Hildalgo, F. (2007). *La producción de leche en el Ecuador entre el mercado nacional y la globalización*. Quito: SIPAE.

CCama, F. (2001). Herramienta de análisis de aspectos económicos. Lima: Estrada.

Chistensen, R. (1996). Programa de administración rural. Instituto Iberoamericano de Ciencias Agrícolas.

De Haan, C. T., Van Veen, S., Brandenburg, B., Gauthier, J., le Gall, F., & Mearns, R. (2001). Programación Lineal y Análisis Económico. Madrid: Aguilar.

Dorfman, R., Samuelson, P., & Solow, R. (2001). Programación Lineal y Análisis Económico. madrid: Aguilar.

Dufumier, M. (2009). Importancia de la tipología de unidades de producción agrícola en el análisis de diagnostico de realidades agrarias. Santiago: Rimisp.

El Agro. (2014). Obtenido de <http://www.revistaelagro.com/2014/05/28/productores-lecheros-envian-a-venezuela-leche-en-polvo/>

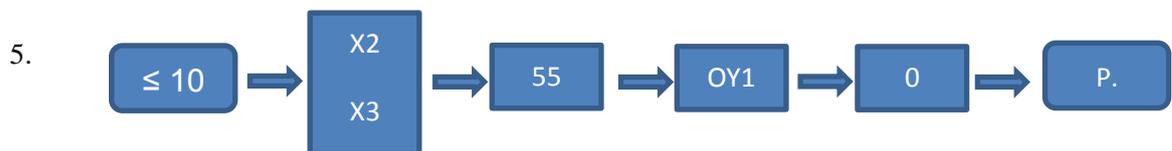
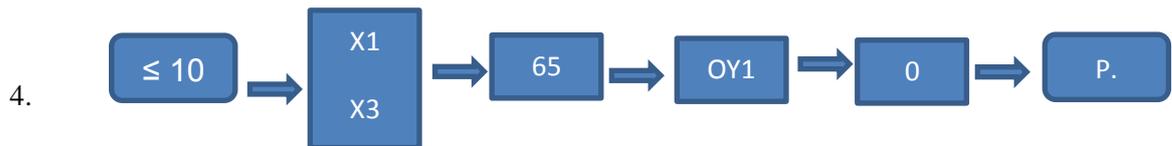
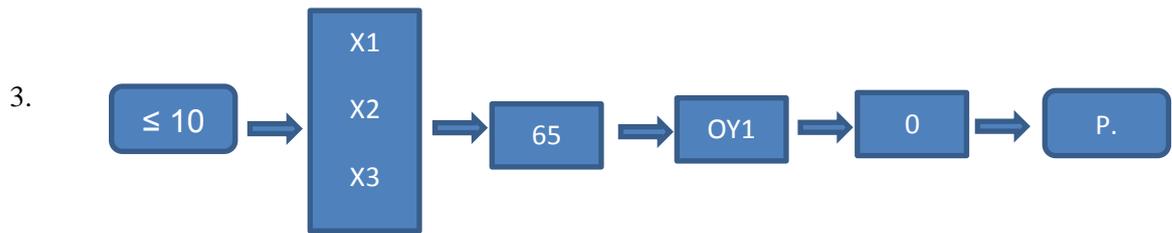
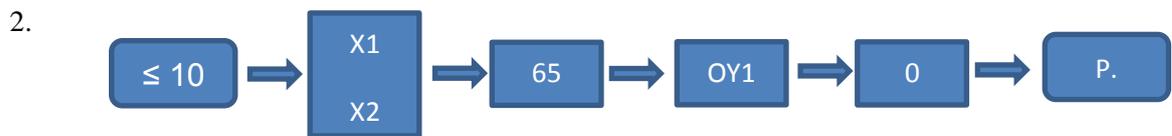
Escobar, G. (2004). La caracterización de sistemas de producción en la metodología de generación de tecnología apropiada. Turrialba: Catie.

- Ferreira, G. E.** (2009). Formulación de sistemas de producción para los suelos. En *Tesis Ing. Agr. Ministerio de Educación y Cultura*, (págs. 29-31). Montevideo: Facultad de Agricultura.
- Guamán, I.** (2013). *Investigación de operaciones*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/isaihml/investigacion-de-operaciones-2013-i>
- Hernandez, M. d.** (2007). Introducción a la programación lineal. México: Facultad de Ciencias.
- Maddala, G., & Millar, E.** (2008). Microeconomía. México: MacGraw hill.
- Marchena Williams Ornella Carlos.** (2007). *Optimización y programación lineal una introducción*. Obtenido de <http://fglongatt.org/OLD/Reportes/RPT2007-07.pdf>
- Moreno, A.** (2001). Análisis, programación y evaluación de fincas lecheras. Turrialba: Catie.
- Navarro, H.** (2006). Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. Santiago: Ministerio de Agricultura.
- Nicholson, C., Boisvert, R., & Lee, D.** (2004). Modelo de optimización de doble propósito. Venezuela: Mc Graww Hill.
- Sebastian Ramón Serrano Arturo.** (2008). Economía de la empresa Agroalimentaria. Barcelona: Mundi Prensa.
- Terry, R.** (2004). Principios de administración. México: Continental.
- Williams, M.** (2013). *Optimización y la Programación Lineal*. Obtenido de <http://fglongatt.org/OLD/Reportes/RPT2007-07.pdf>

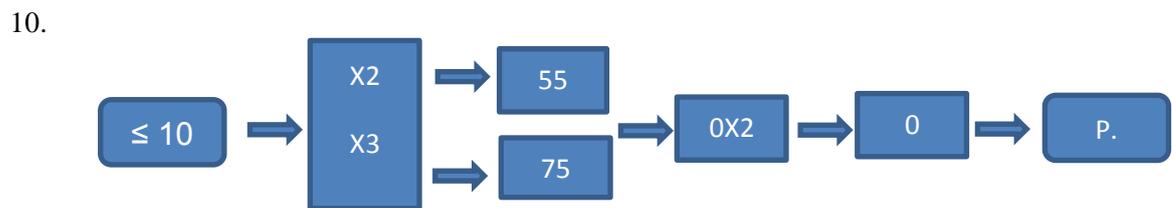
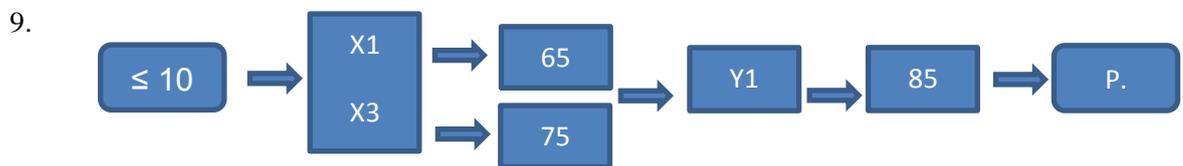
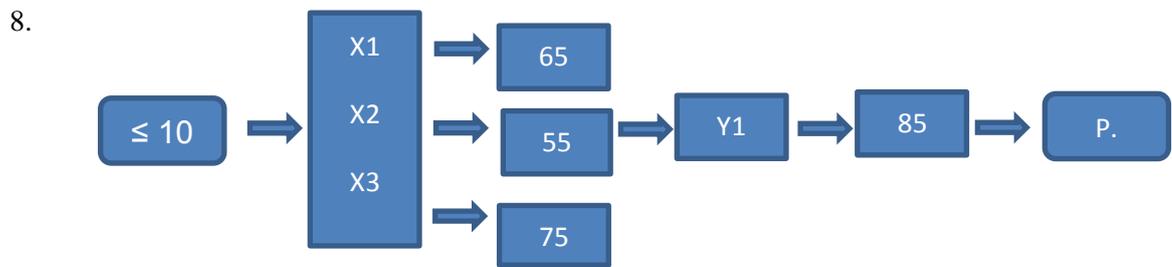
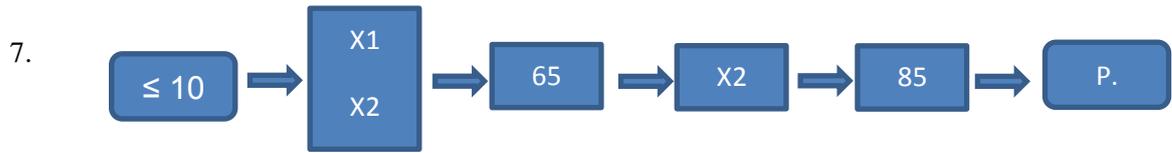
ANEXOS

Anexo 1.

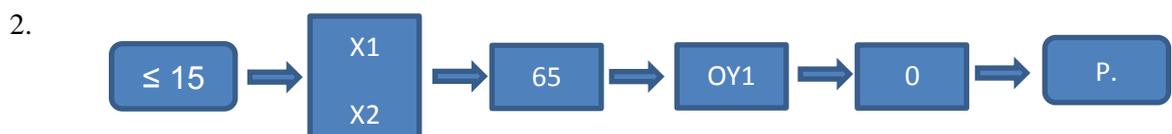
Opción	Potencial (lt/vaca)	Forraje (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Concentrado (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Producción (lt/vaca)
--------	------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	-------------------------



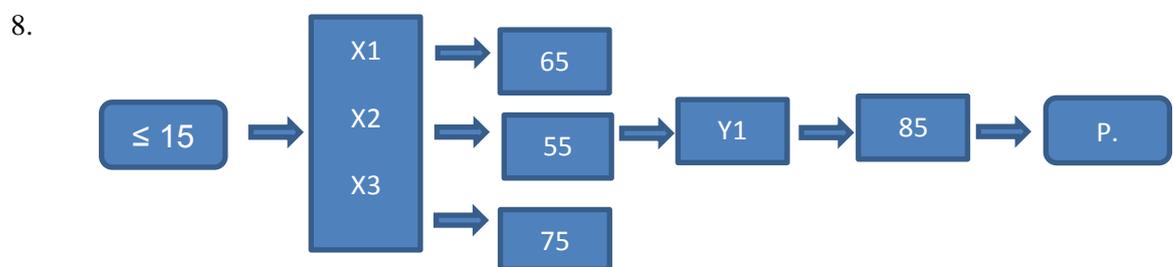
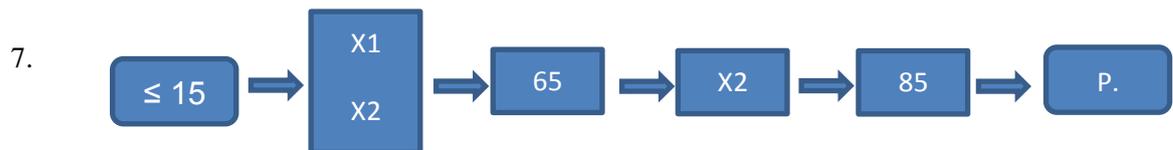
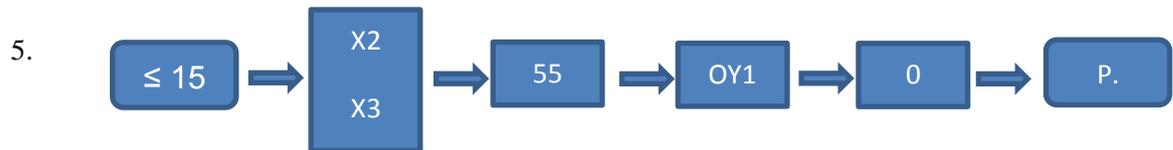
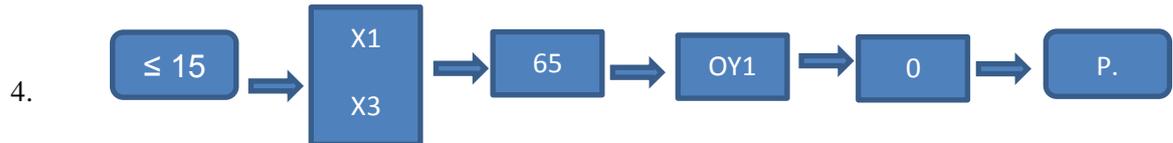
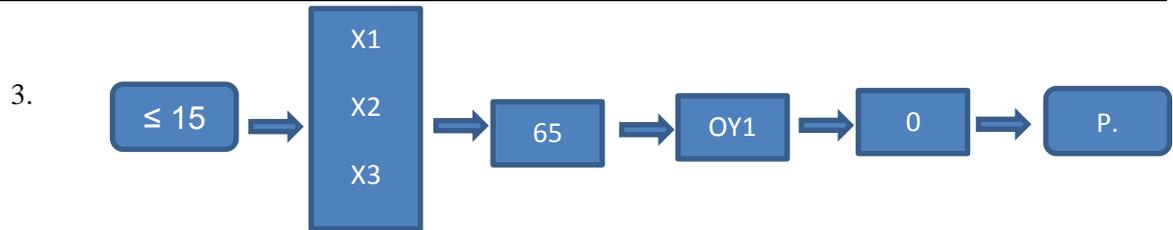
Opción	Potencial (lt/vaca)	Forraje (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Concentrado (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Producción (lt/vaca)
--------	------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	-------------------------



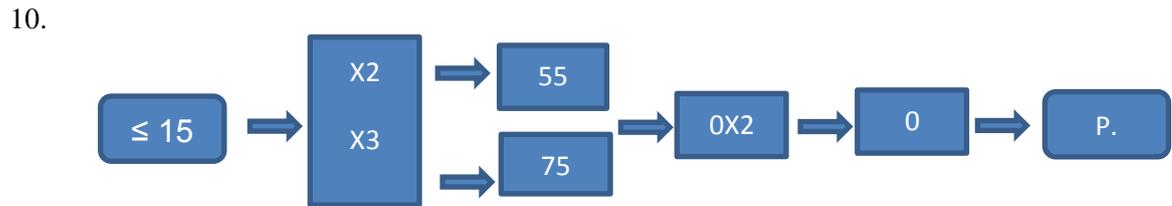
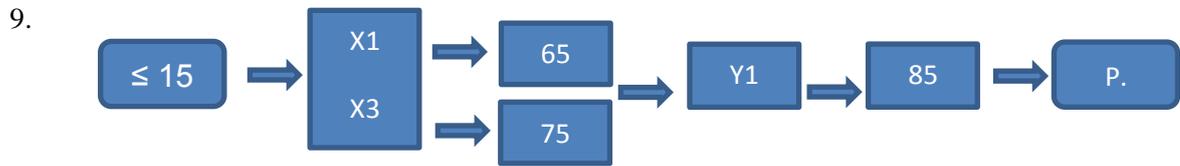
Opción	Potencial (lt/vaca)	Forraje (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Concentrado (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Producción (lt/vaca)
--------	------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	-------------------------



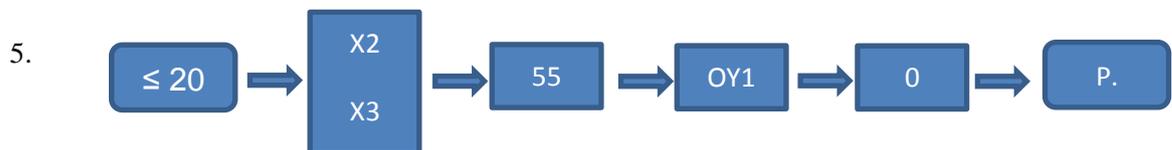
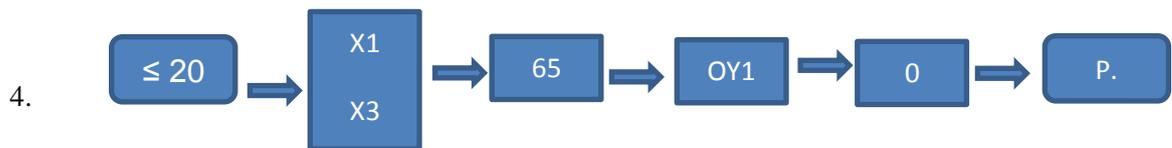
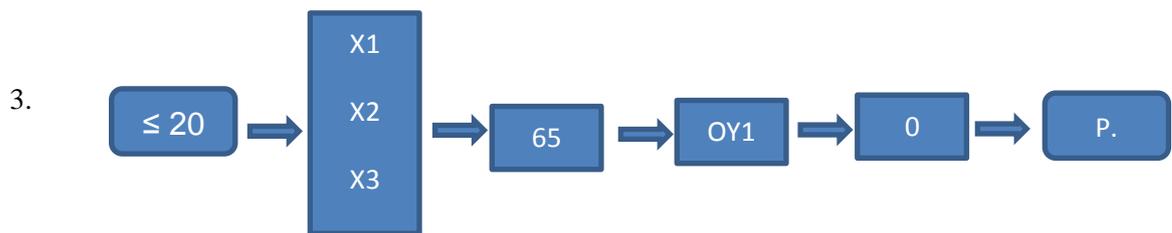
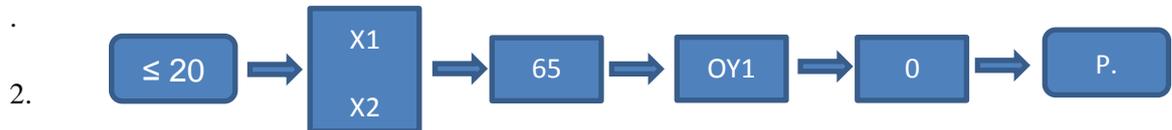
Opción	Potencial (lt/vaca)	Forraje (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Concentrado (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Producción (lt/vaca)
--------	---------------------	-------------------	--------------------------	-----------------------	--------------------------	----------------------



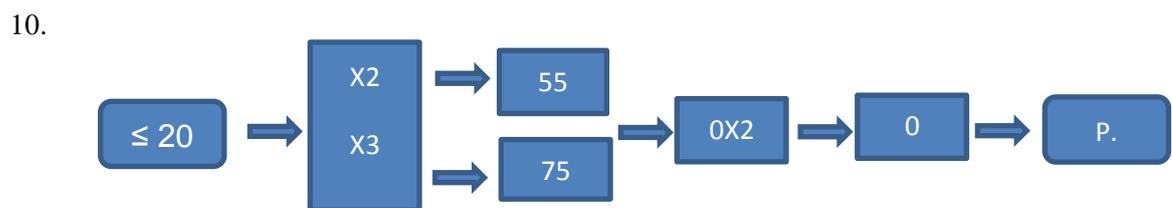
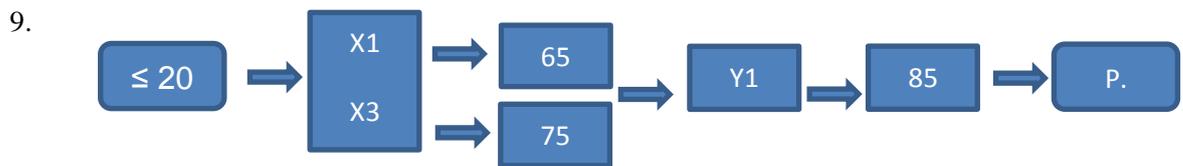
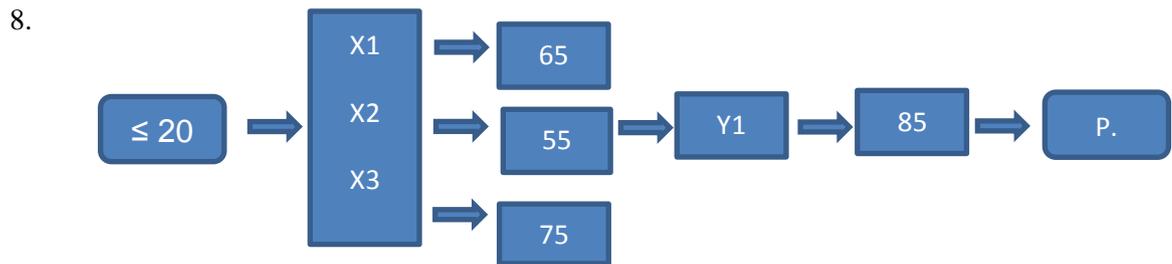
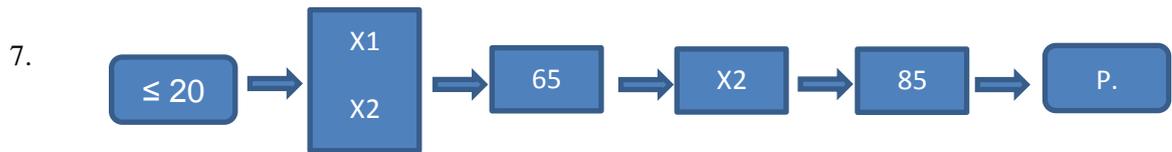
Opción	Potencial (lt/vaca)	Forraje (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Concentrado (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Producción (lt/vaca)
--------	---------------------	-------------------	--------------------------	-----------------------	--------------------------	----------------------



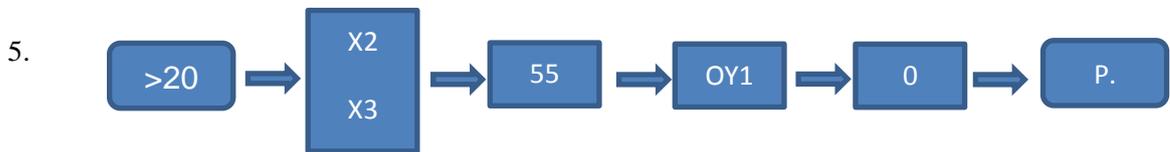
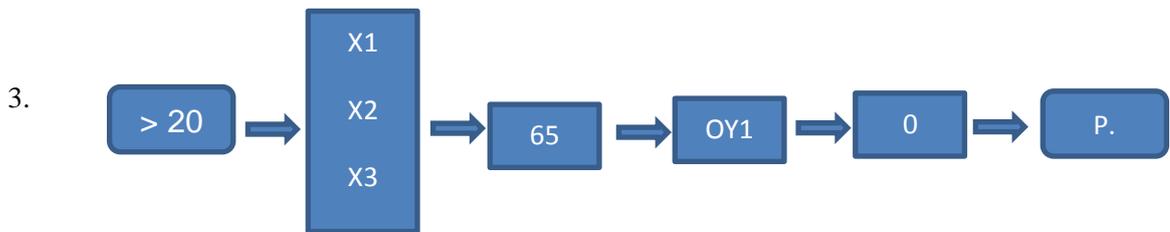
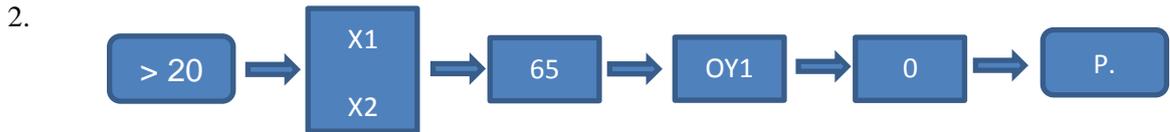
Opción	Potencial (lt/vaca)	Forraje (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Concentrado (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Producción (lt/vaca)
--------	---------------------	-------------------	--------------------------	-----------------------	--------------------------	----------------------



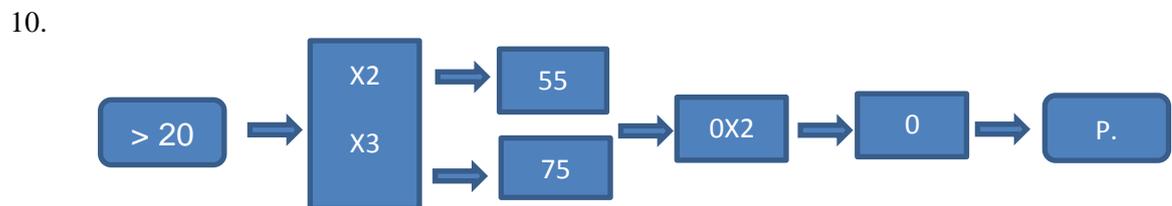
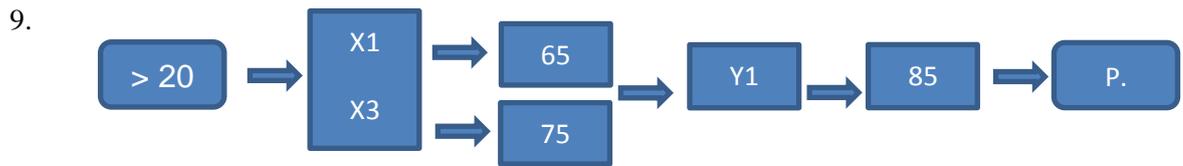
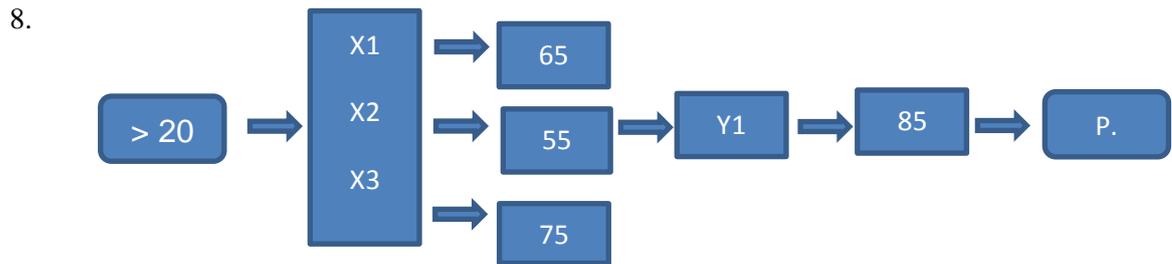
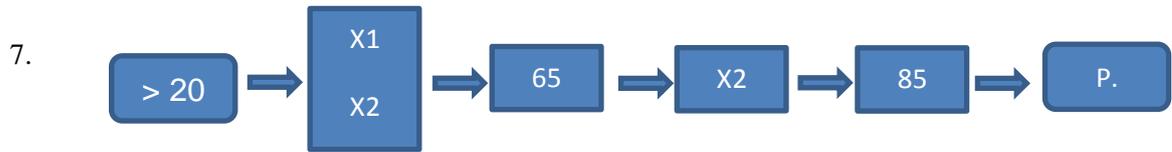
Opción	Potencial (lt/vaca)	Forraje (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Concentrado (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Producción (lt/vaca)
--------	---------------------	-------------------	--------------------------	-----------------------	--------------------------	----------------------



Opción	Potencial (lt/vaca)	Forraje (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Concentrado (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Producción (lt/vaca)
--------	------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	-------------------------



Opción	Potencial (lt/vaca)	Forraje (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Concentrado (kg/vaca)	Digestibilidad forraje %	Producción (lt/vaca)
--------	------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	-------------------------



Anexo 2.

Finca N.1

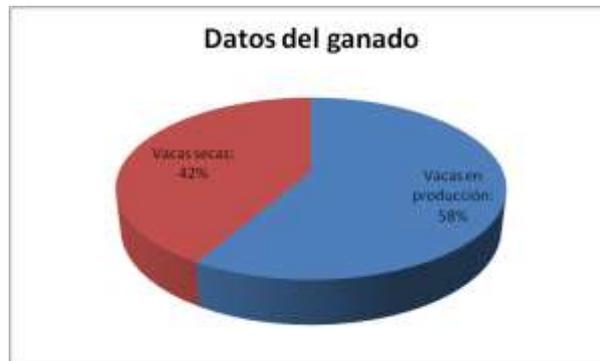
DATOS DE LA FINCA	
Nombre de la finca:	“FINCA SAN PABLO ARIAS”
Ubicación:	Sector peaje de San Andrés
Nombre del productor:	
N° de hectáreas:	9

DATOS DEL GANADO			
CANTIDAD DE GANADO		RAZA	N°
Vacas en producción:	14	Jersey	7
Vacas secas:	10	Holstein	5
Terneros:	-	F1	2
Total:	24	Total:	14 (EN PRODUCCIÓN)

Fuente: Administración de la finca

Elaborado por: Jesús Brito

Finca 1 datos del ganado



ANÁLISIS

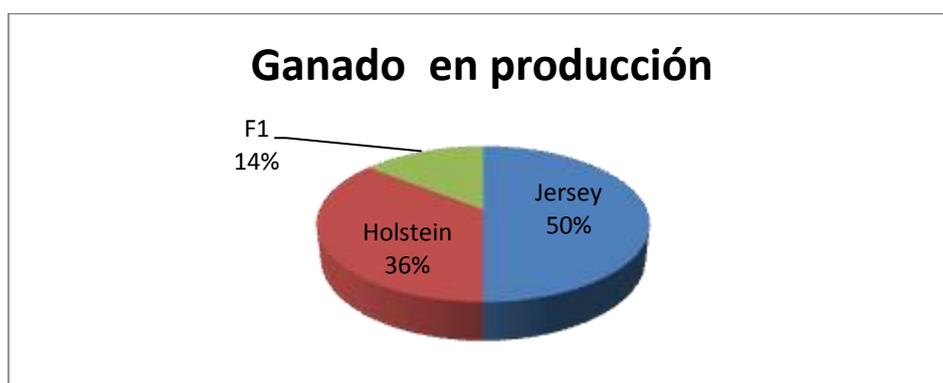
Referente a los datos del ganado en la finca San Pablo, de un total de 24 vacas, 14 equivalente al 58 % están en producción, 10 corresponde al 42 % son vacas secas.

VACAS EN PRODUCCIÓN		
RAZA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Jersey	7	50 %
Holstein	5	36 %
F1	2	14 %
TOTAL	18	100 %

Fuente: Administración de la finca

Elaborado por: Jesús Brito

Ganado en producción



Fuente: Administración de la finca

Elaborado por: Jesús Brito

ANÁLISIS

Referente a los datos del ganado en producción, 7 que corresponde al 50 % son de raza Jersey, 5 equivalente al 36 % son de raza Holstein y 2 que corresponde al 14 % raza F1. Se evidencia en esta finca que las tres razas mantienen vacas productoras de leche.

DATOS DE LA ALIMENTACIÓN			
TIPO DE PASTO	VITAMINAS	BALANCEADOS	ALIMENTOS ADICIONALES
Trébol	Cloruro de Sodio (NaCl)	Súper lechero Premium	Sal mineral en polvo o fosca sal
Pasto azul	Calcio(Ca)	Súper leche	Hoja de maíz
Kikuyo	Amino – Vit		
DATOS DE LECHE			
Cantidad de leche producida por día			221

Finca N. 2

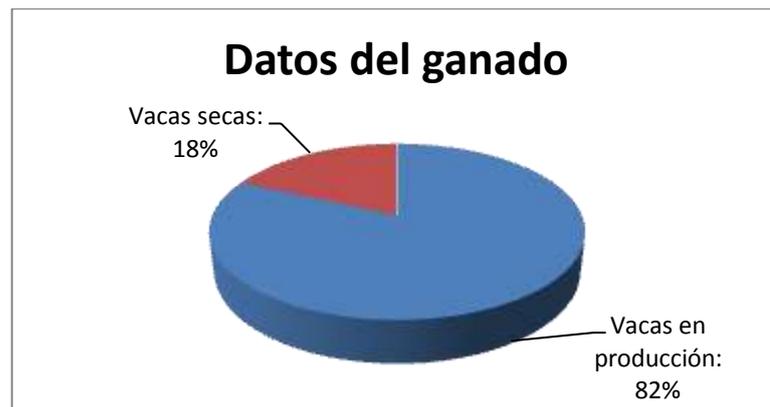
DATOS DE LA FINCA	
Nombre de la finca:	HACIENDA "HIDALGO"
Ubicación:	Km 7 ½ vía Macas, comunidad Corazón de Jesús
Nombre del productor:	
N° de hectáreas:	9

DATOS DEL GANADO			
CANTIDAD DE GANADO		RAZA	N°
Vacas en producción:	18	Mestiza	18
Vacas secas:	4		
Terneros:	-		
Total:	22	Total:	18 (EN PRODUCCIÓN)

Fincas seleccionadas para el estudio

Fuente: Investigación de campo

Finca 2 Datos del ganado



ANÁLISIS

Referente a los datos del ganado en la hacienda Hidalgo, de un total de 22 vacas, 18 equivalente al 82 % están en producción, 4 corresponde al 18 % son vacas secas

VACAS EN PRODUCCIÓN		
RAZA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Mestiza	18	100 %
TOTAL	18	100 %

Ganado en producción



ANÁLISIS

Referente al ganado en producción 18 que corresponde al 100 % son de raza mestiza.

DATOS DE LA ALIMENTACIÓN			
TIPO DE PASTO	VITAMINAS	BALANCEADOS	ALIMENTOS ADICIONALES
Alfalfa			Hoja de maíz
Potrero			
Maleza			
DATOS DE LA LECHE			
Cantidad de leche producida por día:		200 litros	

Finca N. 3

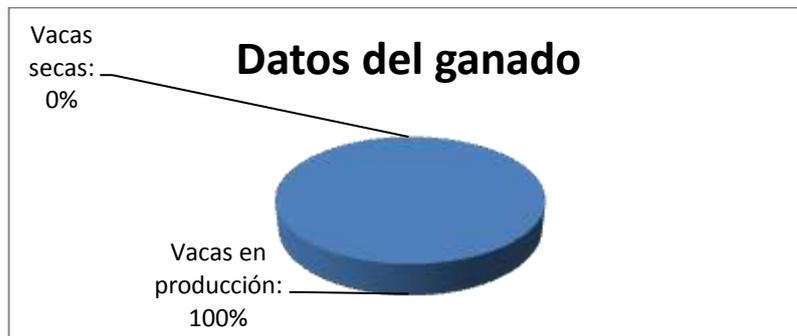
DATOS DE LA FINCA	
Nombre de la finca:	Finca "Los Nogales"
Ubicación:	Quimiag
Nombre del productor:	
N° de hectáreas:	10

DATOS DEL GANADO			
CANTIDAD DE GANADO		RAZA	N°
Vacas en producción:	20	Jersey	9
Vacas secas:	0	Holstein	7
Terneros:	-	Brown Swiss	4
Total:	20	Total:	20 (EN PRODUCCIÓN)

Fincas seleccionadas para el estudio

Fuente: Investigación de campo

Finca 3 Datos del ganado

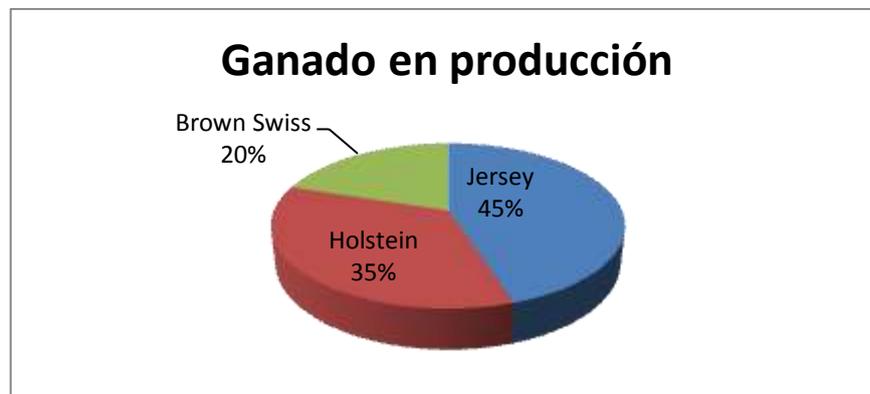


ANÁLISIS

Referente al ganado, 20 que corresponde al 100 % están en producción.

VACAS EN PRODUCCIÓN		
RAZA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Jersey	9	45 %
Holstein	7	35 %
Brown Swiss	4	20 %
TOTAL	20	100 %

Ganado en producción



ANÁLISIS

Referente a los datos del ganado en producción, 9 que corresponde al 45 % son de raza Jersey, 7 equivalente al 35 % son de raza Holstein y 4 correspondiente al 20 % son de raza Brown Swiss. Se evidencia en esta finca que el ganado productor de leche es de tres razas.

DATOS DE LA ALIMENTACIÓN			
TIPO DE PASTO	VITAMINAS	BALANCEADOS	ALIMENTOS ADICIONALES
Trébol	-	Pronaca Súper Lechero	Melaza
Pasto azul			Sal mineral en polvo
Kikuyo			Afrecho

DATOS DE LA LECHE	
Cantidad de leche producida por día:	507 litros
Precio de venta:	\$0,4 por litro

Finca N. 4

DATOS DE LA FINCA	
Nombre de la finca:	-
Ubicación:	San Andrés-Chimborazo (a 1310 m del peaje)
Nombre del productor:	-
N° de hectáreas:	10

DATOS DEL GANADO			
CANTIDAD DE GANADO		RAZA	N°
Vacas en producción:	10	Mestiza	7
Vacas secas:	3	Brown Swiss	2
Terneros:	2	Jersey	1
Total:	15	Total:	10 (EN PRODUCCIÓN)

Fincas seleccionadas para el estudio

Fuente: Investigación de campo

Finca 4 Datos del ganado



ANÁLISIS

Referente al ganado, 10 que corresponde al 67 % están en producción, 3 equivalente al 20 % son vacas secas, y 2 correspondiente al 13 % son terneros.

VACAS EN PRODUCCIÓN		
RAZA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Jersey	1	10 %
Mestiza	7	70 %
Brown Swiss	2	20 %
TOTAL	10	100 %

Ganado en producción



ANÁLISIS

Referente a los datos del ganado en producción, 9 que corresponde al 45 % son de raza Jersey, 7 equivalente al 35 % son de raza Holstein y 4 correspondiente al 20 % son de raza Brown Swiss. Se evidencia en esta finca que el ganado productor de leche es de tres razas.

DATOS DE LA ALIMENTACIÓN			
TIPO DE PASTO	VITAMINAS	BALANCEADOS	ALIMENTOS ADICIONALES
Trébol blanco		Súper lechero Premium	Sal mineral en polvo
Trébol rojo			Melaza
Festuco			
Alfalfa			

DATOS DE LA LECHE	
Cantidad de leche producida por día:	100 litros

Finca N. 5

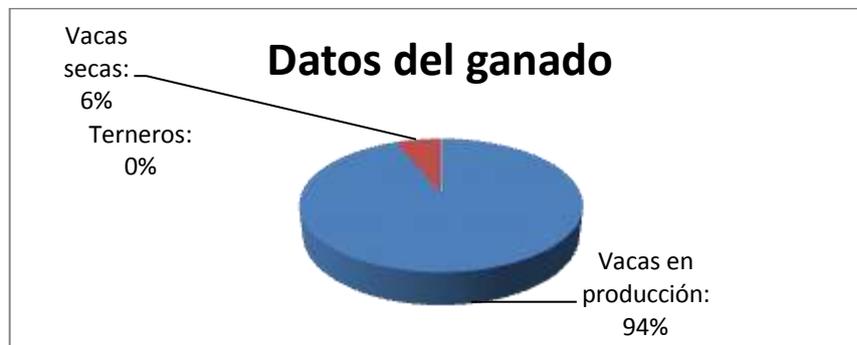
DATOS DE LA FINCA	
Nombre de la finca:	-
Ubicación:	Chimborazo, Cantón Guano, Parroquia San Andrés, Sector Tuntatacto.
Nombre del productor:	
N° de hectáreas:	9

DATOS DEL GANADO			
CANTIDAD DE GANADO		RAZA	N°
Vacas en producción:	30	Brown Swiss	19
Vacas secas:	2	Holstein	8
Terneros:	0	Jersey	3
Total:	32	Total:	30 (EN PRODUCCIÓN)

Fincas seleccionadas para el estudio

Fuente: Investigación de campo

Finca 5 Datos del ganado

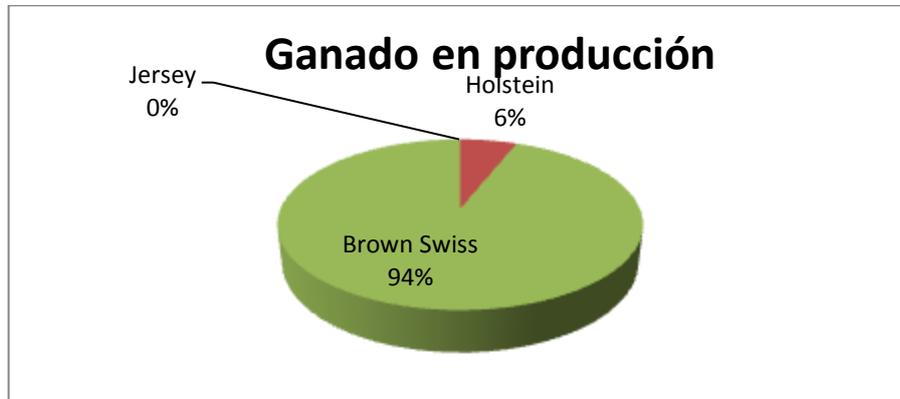


ANÁLISIS

Referente al ganado, 30 que corresponde al 94 % están en producción, 2 equivalente al 6 % son vacas secas.

VACAS EN PRODUCCIÓN		
RAZA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Jersey	3	10 %
Holstein	8	27 %
Brown Swiss	19	63 %
TOTAL	30	100 %

Ganado en producción



ANÁLISIS

Referente a los datos del ganado en producción, 2 que corresponde al 6 % son de raza Holstein, y 30 correspondiente al 94 % son de raza Brown Swiss. Se evidencia en esta finca que el ganado productor en su mayoría es de la raza Brown Swiss.

DATOS DE LA ALIMENTACIÓN			
TIPO DE PASTO	VITAMINAS	BALANCEADOS	ALIMENTOS ADICIONALES
Alfalfa	Calcio	Súper lechero	Sal mineral
Ray-grass			Afrecho
Pasto azul perenne			
Llantén			
Trébol			
Otras hierbas (Nabo, maleza)			

DATOS DE LA LECHE	
Cantidad de leche producida por día:	168 litros

Finca N. 6

DATOS DE LA FINCA	
Nombre de la finca:	Granja "Totorillas"
Ubicación:	A 10 km del área urbana del cantón Guamote.
Nombre del productor:	
N° de hectáreas:	12

DATOS DEL GANADO			
CANTIDAD DE GANADO		RAZA	N°
Vacas en producción:	15	Mestiza	2
Vacas secas:	3	Jersey pura	8
Terneros:	5	Jersey mestiza	5
Total:	23	Total:	15 (EN PRODUCCIÓN)

Fincas seleccionadas para el estudio

Fuente: Investigación de campo

Finca 6 Datos del ganado



ANÁLISIS

Referente al ganado, 15 que corresponde al 65 % están en producción, 3 equivalente al 13 % son vacas secas y 5 equivalente al 22 % son terneros.

VACAS EN PRODUCCIÓN		
RAZA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Mestiza	2	13 %
Jersey Pura	8	53 %
Jersey Mestiza	5	34 %
TOTAL	15	100 %

Ganado en producción



ANÁLISIS

Referente a los datos del ganado en producción, 2 que corresponde al 13 % son de raza Mestiza, 8 correspondiente al 54 % son de raza Jersey Pura y 5 equivalente al 34 %. Se evidencia en esta finca que el ganado productor en su mayoría es de la raza Jersey Pura.

DATOS DE LA ALIMENTACIÓN			
TIPO DE PASTO	VITAMINAS	BALANCEADOS	ALIMENTOS ADICIONALES
Potrero	Complejo B	Súper leche	Sal mineral
Trébol	Vital fox		
Pasto Azul	Vitamina AD3E		
Alfalfa			
Calcha			

DATOS DE LA LECHE	
Cantidad de leche producida por día:	268 litros

Finca N. 7

DATOS DE LA FINCA	
Nombre de la finca:	Hacienda "Iron"
Ubicación:	
Nombre del productor:	
N° de hectáreas:	15

DATOS DEL GANADO			
CANTIDAD DE GANADO		RAZA	N°
Vacas en producción:	50	Mestiza	50
Vacas secas:	0		
Terberos:	0		
Total:	50	Total:	50 (EN PRODUCCIÓN)

Fincas seleccionadas para el estudio

Fuente: Investigación de campo

Finca 7 Datos del ganado



ANÁLISIS

Referente al ganado, 50 que corresponde al 100 % están en producción.

VACAS EN PRODUCCIÓN		
RAZA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Mestiza	50	100 %
TOTAL	50	100 %

Ganado en producción



ANÁLISIS

Referente a los datos del ganado en producción, 50 que corresponde al 100 % son de raza Mestiza. En esta finca el ganado que predomina es de raza Mestiza.

DATOS DE LA ALIMENTACIÓN			
TIPO DE PASTO	VITAMINAS	BALANCEADOS	ALIMENTOS ADICIONALES
Alfalfa		Súper leche	Sal mineral
Raygrass			
Pasto Azul			
Llantén			

DATOS DE LA LECHE	
Cantidad de leche producida por día:	790 litros

Finca N. 8

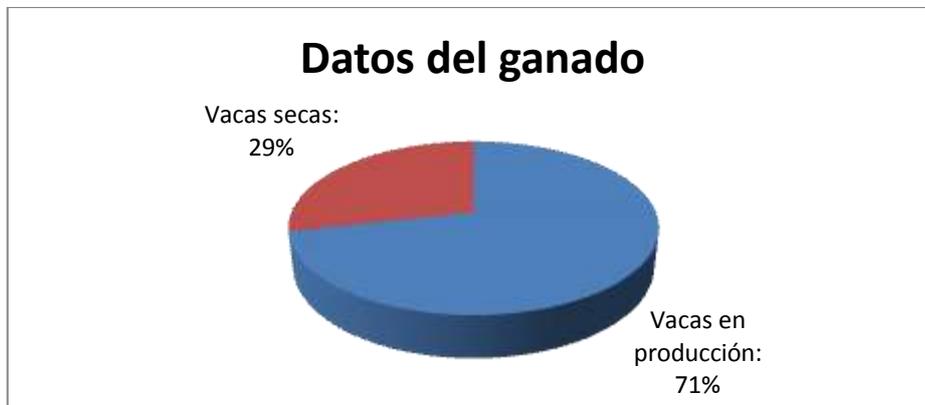
DATOS DE LA FINCA	
Nombre de la finca:	Quinta "Micaelita"
Ubicación:	
Nombre del productor:	Cantón Chambo-Comunidad Titaicun
N° de hectáreas:	12

DATOS DEL GANADO			
CANTIDAD DE GANADO		RAZA	N°
Vacas en producción:	25	Holstein	18
Vacas secas:	10	Jersey	7
Terneros:	-		
Total:	35	Total:	25 (EN PRODUCCIÓN)

Fincas seleccionadas para el estudio

Fuente: Investigación de campo

Finca 8 Datos del ganado

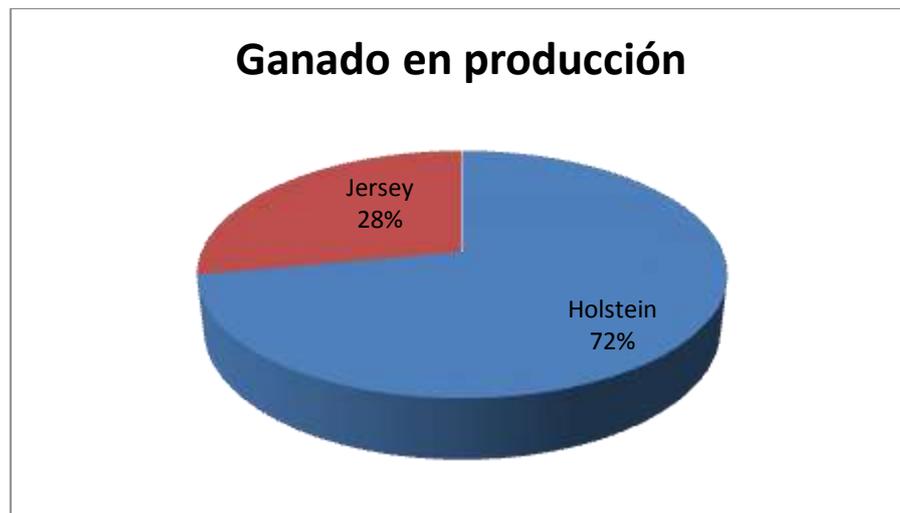


ANÁLISIS

Referente al ganado, 25 que corresponde al 71 % están en producción y 10 equivalente al 29 % son vacas secas.

VACAS EN PRODUCCIÓN		
RAZA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Holstein	18	72 %
Jersey	7	28 %
TOTAL	25	100 %

Ganado en producción



ANÁLISIS

Referente a los datos del ganado en producción, 18 que corresponde al 72 % son de raza Holstein, 7 que equivale al 28 % de raza Jersey. En esta finca el ganado que predomina es de raza Holstein.

DATOS DE LA ALIMENTACIÓN			
TIPO DE PASTO	VITAMINAS	BALANCEADOS	ALIMENTOS ADICIONALES
Ray grass	Calcio	Balanceado Wayne	Sal mineral
Trébol			
Llantén			

DATOS DE LA LECHE	
Cantidad de leche producida por día:	510 litros

Finca N. 9

DATOS DE LA FINCA	
Nombre de la finca:	Hacienda "Quinta el Batán"
Ubicación:	
Nombre del productor:	Familia Benalcázar
N° de hectáreas:	10

DATOS DEL GANADO			
CANTIDAD DE GANADO		RAZA	N°
Vacas en producción:	15	Holstein	15
Vacas secas:	10		
Terneros:	0		
Total:	25	Total:	15(EN PRODUCCIÓN)

Fincas seleccionadas para el estudio

Fuente: Investigación de campo

Datos del ganado



ANÁLISIS

Referente al ganado, 15 que corresponde al 60 % están en producción y 10 equivalente al 40 % son vacas secas.

VACAS EN PRODUCCIÓN		
RAZA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Holstein	15	100 %
TOTAL	15	100 %

Ganado en producción



ANÁLISIS

Referente a los datos del ganado en producción, 15 que corresponde al 100 % son de raza Holstein. En esta finca el ganado que predomina es de raza Holstein.

DATOS DE LA ALIMENTACIÓN			
TIPO DE PASTO	VITAMINAS	BALANCEADOS	ALIMENTOS ADICIONALES
Ray grass		Súper leche	Sal mineral
Trébol blanco			
Pasto Azul			
Alfalfa			
Avena			

DATOS DE LA LECHE	
Cantidad de leche producida por día:	200 litros

Finca N. 10

DATOS DE LA FINCA	
Nombre de la finca:	
Ubicación:	
Nombre del productor:	
N° de hectáreas:	

DATOS DEL GANADO			
CANTIDAD DE GANADO		RAZA	N°
Vacas en producción:	17	Holstein	17
Vacas secas:	6		
Terberos:			
Total:	23	Total:	15 (EN PRODUCCIÓN)

Fincas seleccionadas para el estudio

Fuente: Investigación de campo

Finca 10 Datos del ganado



ANÁLISIS

Referente al ganado, 17 que corresponde al 74 % están en producción y 6 equivalente al 26 % son vacas secas.

VACAS EN PRODUCCIÓN		
RAZA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Holstein	17	100 %
TOTAL	17	100 %

Ganado en producción



ANÁLISIS

Referente a los datos del ganado en producción, 17 que corresponde al 100 % son de raza Holstein. En esta finca el ganado que predomina es de raza Holstein.

DATOS DE LA ALIMENTACIÓN			
TIPO DE PASTO	VITAMINAS	BALANCEADOS	ALIMENTOS ADICIONALES
Potrero	Complejo B	Súper leche	Sal mineral
Trébol	Vital fox		
Pasto Azul	Vitamina AD3E		
Alfalfa			
Calcha			
DATOS DE LA LECHE			
Cantidad de leche producida por día:		268 litros	

Anexo 3.

Todos los alimentos, excepto Ray Grass

TODOS LOS ALIMENTOS, EXCEPTO RAY GRASS	
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 1 (≤10lt)	
PROTEINA CRUDA	0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,36
CALCIO	0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0043
NDT	0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,63
FÓSFORO	0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0031
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 2 (10a14lt)	
PROTEINA CRUDA	0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,56
CALCIO	0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0048
NDT	0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,67
FÓSFORO	0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0031
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 3 (14a20lt)	
PROTEINA CRUDA	0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,15
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,71
CALCIO	0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0054
NDT	0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,71
FÓSFORO	0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0038
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 4 (≥20lt)	
PROTEINA CRUDA	0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,16
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,89
CALCIO	0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0054
NDT	0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,75
FÓSFORO	0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0041

Todos los alimentos, excepto pasto azul

TODOS LOS ALIMENTOS, EXCEPTO PASTO AZUL	
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 1 (≤10lt)	
PROTEINA CRUDA	0,057 x1 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,36
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0043
NDT	0,154 x1 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,63
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0031
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 2 (10a14lt)	
PROTEINA CRUDA	0,057 x1 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,56
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0048
NDT	0,154 x1 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,67
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0031
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 3 (14a20lt)	
PROTEINA CRUDA	0,057 x1 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,15
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,71
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0054
NDT	0,154 x1 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,71
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0038
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 4 (≥20lt)	
PROTEINA CRUDA	0,057 x1 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,16
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,89
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0054
NDT	0,154 x1 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,75
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0041

Todos los alimentos, excepto trébol

RESTRICCIONES PARA LA RAZA 1 (≤10lt)		TODOS LOS ALIMENTOS, EXCEPTO TRÉBOL														
PROTEINA CRUDA		0,057	x1 +	0,05	x2 +	0,168	x4 +	0,081	x5 +	0,07	x6 +	0,02	x7 +	0,51983	x8 ≤	0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE		0,68	x1 +	0,98	x2 +	1,56	x4 +	3,06	x5 +	3,8	x6 +	1,96	x7 +	2,957	x8 ≤	2,36
CALCIO		0,0014	x1 +	0,0012	x2 +	0,0013	x4 +	0,0002	x5 +	0,05	x6 +	0,006	x7 +	0,00296	x8 ≤	0,0043
NDT		0,154	x1 +	0,22	x2 +	0,79	x4 +	0,696	x5 +	0,68	x6 +	0,72	x7 +	0,75	x8 ≤	0,63
FÓSFORO		0,0008	x1 +	0,0011	x2 +	0,0099	x4 +	0,0011	x5 +	0,15	x6 +	0,0007	x7 +	0,00971	x8 ≤	0,0031
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 2 (10a14lt)																
PROTEINA CRUDA		0,057	x1 +	0,05	x2 +	0,168	x4 +	0,081	x5 +	0,07	x6 +	0,02	x7 +	0,51983	x8 ≤	0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE		0,68	x1 +	0,98	x2 +	1,56	x4 +	3,06	x5 +	3,8	x6 +	1,96	x7 +	2,957	x8 ≤	2,56
CALCIO		0,0014	x1 +	0,0012	x2 +	0,0013	x4 +	0,0002	x5 +	0,05	x6 +	0,006	x7 +	0,00296	x8 ≤	0,0048
NDT		0,154	x1 +	0,22	x2 +	0,79	x4 +	0,696	x5 +	0,68	x6 +	0,72	x7 +	0,75	x8 ≤	0,67
FÓSFORO		0,0008	x1 +	0,0011	x2 +	0,0099	x4 +	0,0011	x5 +	0,15	x6 +	0,0007	x7 +	0,00971	x8 ≤	0,0031
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 3 (14a20lt)																
PROTEINA CRUDA		0,057	x1 +	0,05	x2 +	0,168	x4 +	0,081	x5 +	0,07	x6 +	0,02	x7 +	0,51983	x8 ≤	0,15
ENERGÍA DIGESTIBLE		0,68	x1 +	0,98	x2 +	1,56	x4 +	3,06	x5 +	3,8	x6 +	1,96	x7 +	2,957	x8 ≤	2,71
CALCIO		0,0014	x1 +	0,0012	x2 +	0,0013	x4 +	0,0002	x5 +	0,05	x6 +	0,006	x7 +	0,00296	x8 ≤	0,0054
NDT		0,154	x1 +	0,22	x2 +	0,79	x4 +	0,696	x5 +	0,68	x6 +	0,72	x7 +	0,75	x8 ≤	0,71
FÓSFORO		0,0008	x1 +	0,0011	x2 +	0,0099	x4 +	0,0011	x5 +	0,15	x6 +	0,0007	x7 +	0,00971	x8 ≤	0,0038
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 4 (≥20lt)																
PROTEINA CRUDA		0,057	x1 +	0,05	x2 +	0,168	x4 +	0,081	x5 +	0,07	x6 +	0,02	x7 +	0,51983	x8 ≤	0,16
ENERGÍA DIGESTIBLE		0,68	x1 +	0,98	x2 +	1,56	x4 +	3,06	x5 +	3,8	x6 +	1,96	x7 +	2,957	x8 ≤	2,89
CALCIO		0,0014	x1 +	0,0012	x2 +	0,0013	x4 +	0,0002	x5 +	0,05	x6 +	0,006	x7 +	0,00296	x8 ≤	0,0054
NDT		0,154	x1 +	0,22	x2 +	0,79	x4 +	0,696	x5 +	0,68	x6 +	0,72	x7 +	0,75	x8 ≤	0,75
FÓSFORO		0,0008	x1 +	0,0011	x2 +	0,0099	x4 +	0,0011	x5 +	0,15	x6 +	0,0007	x7 +	0,00971	x8 ≤	0,0041

Todos los alimentos, excepto afrecho de trigo

RESTRICCIONES PARA LA RAZA 1 (≤10lt)		TODOS LOS ALIMENTOS, EXCEPTO AFRECHILLO DE TRIGO														
PROTEINA CRUDA		0,057	x1 +	0,05	x2 +	0,045	x3 +	0,081	x5 +	0,07	x6 +	0,02	x7 +	0,51983	x8 ≤	0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE		0,68	x1 +	0,98	x2 +	0,6	x3 +	3,06	x5 +	3,8	x6 +	1,96	x7 +	2,957	x8 ≤	2,36
CALCIO		0,0014	x1 +	0,0012	x2 +	0,0028	x3 +	0,0002	x5 +	0,05	x6 +	0,006	x7 +	0,00296	x8 ≤	0,0043
NDT		0,154	x1 +	0,22	x2 +	0,137	x3 +	0,696	x5 +	0,68	x6 +	0,72	x7 +	0,75	x8 ≤	0,63
FÓSFORO		0,0008	x1 +	0,0011	x2 +	0,0007	x3 +	0,0011	x5 +	0,15	x6 +	0,0007	x7 +	0,00971	x8 ≤	0,0031
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 2 (10a14lt)																
PROTEINA CRUDA		0,057	x1 +	0,05	x2 +	0,045	x3 +	0,081	x5 +	0,07	x6 +	0,02	x7 +	0,51983	x8 ≤	0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE		0,68	x1 +	0,98	x2 +	0,6	x3 +	3,06	x5 +	3,8	x6 +	1,96	x7 +	2,957	x8 ≤	2,56
CALCIO		0,0014	x1 +	0,0012	x2 +	0,0028	x3 +	0,0002	x5 +	0,05	x6 +	0,006	x7 +	0,00296	x8 ≤	0,0048
NDT		0,154	x1 +	0,22	x2 +	0,137	x3 +	0,696	x5 +	0,68	x6 +	0,72	x7 +	0,75	x8 ≤	0,67
FÓSFORO		0,0008	x1 +	0,0011	x2 +	0,0007	x3 +	0,0011	x5 +	0,15	x6 +	0,0007	x7 +	0,00971	x8 ≤	0,0031
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 3 (14a20lt)																
PROTEINA CRUDA		0,057	x1 +	0,05	x2 +	0,045	x3 +	0,081	x5 +	0,07	x6 +	0,02	x7 +	0,51983	x8 ≤	0,15
ENERGÍA DIGESTIBLE		0,68	x1 +	0,98	x2 +	0,6	x3 +	3,06	x5 +	3,8	x6 +	1,96	x7 +	2,957	x8 ≤	2,71
CALCIO		0,0014	x1 +	0,0012	x2 +	0,0028	x3 +	0,0002	x5 +	0,05	x6 +	0,006	x7 +	0,00296	x8 ≤	0,0054
NDT		0,154	x1 +	0,22	x2 +	0,137	x3 +	0,696	x5 +	0,68	x6 +	0,72	x7 +	0,75	x8 ≤	0,71
FÓSFORO		0,0008	x1 +	0,0011	x2 +	0,0007	x3 +	0,0011	x5 +	0,15	x6 +	0,0007	x7 +	0,00971	x8 ≤	0,0038
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 4 (≥20lt)																
PROTEINA CRUDA		0,057	x1 +	0,05	x2 +	0,045	x3 +	0,081	x5 +	0,07	x6 +	0,02	x7 +	0,51983	x8 ≤	0,16
ENERGÍA DIGESTIBLE		0,68	x1 +	0,98	x2 +	0,6	x3 +	3,06	x5 +	3,8	x6 +	1,96	x7 +	2,957	x8 ≤	2,89
CALCIO		0,0014	x1 +	0,0012	x2 +	0,0028	x3 +	0,0002	x5 +	0,05	x6 +	0,006	x7 +	0,00296	x8 ≤	0,0054
NDT		0,154	x1 +	0,22	x2 +	0,137	x3 +	0,696	x5 +	0,68	x6 +	0,72	x7 +	0,75	x8 ≤	0,75
FÓSFORO		0,0008	x1 +	0,0011	x2 +	0,0007	x3 +	0,0011	x5 +	0,15	x6 +	0,0007	x7 +	0,00971	x8 ≤	0,0041

Todos los alimentos, excepto Harina de maíz

TODOS LOS ALIMENTOS, EXCEPTO MAÍZ	
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 1 (≤10lt)	
PROTEÍNA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,07 x6 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,8 x6 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,36
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,05 x6 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0043
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,68 x6 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,63
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0031
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 2 (10a14lt)	
PROTEÍNA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,07 x6 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,8 x6 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,56
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,05 x6 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0048
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,68 x6 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,67
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0031
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 3 (14a20lt)	
PROTEÍNA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,07 x6 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,15
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,8 x6 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,71
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,05 x6 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0054
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,68 x6 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,71
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0038
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 4 (≥20lt)	
PROTEÍNA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,07 x6 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,16
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,8 x6 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,89
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,05 x6 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0054
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,68 x6 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,75
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0041

Todos los alimentos, excepto Harina de arroz

TODOS LOS ALIMENTOS, EXCEPTO HARINA DE ARROZ	
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 1 (≤10lt)	
PROTEÍNA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,36
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0043
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,63
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0031
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 2 (10a14lt)	
PROTEÍNA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,56
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0048
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,67
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0031
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 3 (14a20lt)	
PROTEÍNA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,15
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,71
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0054
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,71
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0038
RESTRICCIONES PARA LA RAZA 4 (≥20lt)	
PROTEÍNA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,02 x7 + 0,51983 x8 ≤ 0,16
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 1,96 x7 + 2,957 x8 ≤ 2,89
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,006 x7 + 0,00296 x8 ≤ 0,0054
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,72 x7 + 0,75 x8 ≤ 0,75
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,0007 x7 + 0,00971 x8 ≤ 0,0041

Todos los alimentos, excepto Melaza de caña

RESTRICIONES PARA LA RAZA 1 (≤10lt)	
PROTEINA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,51983 x8 ≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 2,957 x8 ≤ 2,36
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,00296 x8 ≤ 0,0043
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,75 x8 ≤ 0,63
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,00971 x8 ≤ 0,0031
RESTRICIONES PARA LA RAZA 2 (10a14lt)	
PROTEINA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,51983 x8 ≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 2,957 x8 ≤ 2,56
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,00296 x8 ≤ 0,0048
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,75 x8 ≤ 0,67
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,00971 x8 ≤ 0,0031
RESTRICIONES PARA LA RAZA 3 (14a20lt)	
PROTEINA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,51983 x8 ≤ 0,15
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 2,957 x8 ≤ 2,71
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,00296 x8 ≤ 0,0054
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,75 x8 ≤ 0,71
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,00971 x8 ≤ 0,0038
RESTRICIONES PARA LA RAZA 4 (≥20lt)	
PROTEINA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,51983 x8 ≤ 0,16
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 2,957 x8 ≤ 2,89
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,00296 x8 ≤ 0,0054
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,75 x8 ≤ 0,75
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,00971 x8 ≤ 0,0041

Todos los alimentos, excepto Harina de Soya

RESTRICIONES PARA LA RAZA 1 (≤10lt)	
PROTEINA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,02 x7 ≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 1,96 x7 ≤ 2,36
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,006 x7 ≤ 0,0043
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,72 x7 ≤ 0,63
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 ≤ 0,0031
RESTRICIONES PARA LA RAZA 2 (10a14lt)	
PROTEINA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,02 x7 ≤ 0,14
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 1,96 x7 ≤ 2,56
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,006 x7 ≤ 0,0048
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,72 x7 ≤ 0,67
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 ≤ 0,0031
RESTRICIONES PARA LA RAZA 3 (14a20lt)	
PROTEINA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,02 x7 ≤ 0,15
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 1,96 x7 ≤ 2,71
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,006 x7 ≤ 0,0054
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,72 x7 ≤ 0,71
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 ≤ 0,0038
RESTRICIONES PARA LA RAZA 4 (≥20lt)	
PROTEINA CRUDA	0,057 x1 + 0,05 x2 + 0,045 x3 + 0,168 x4 + 0,081 x5 + 0,07 x6 + 0,02 x7 ≤ 0,16
ENERGÍA DIGESTIBLE	0,68 x1 + 0,98 x2 + 0,6 x3 + 1,56 x4 + 3,06 x5 + 3,8 x6 + 1,96 x7 ≤ 2,89
CALCIO	0,0014 x1 + 0,0012 x2 + 0,0028 x3 + 0,0013 x4 + 0,0002 x5 + 0,05 x6 + 0,006 x7 ≤ 0,0054
NDT	0,154 x1 + 0,22 x2 + 0,137 x3 + 0,79 x4 + 0,696 x5 + 0,68 x6 + 0,72 x7 ≤ 0,75
FÓSFORO	0,0008 x1 + 0,0011 x2 + 0,0007 x3 + 0,0099 x4 + 0,0011 x5 + 0,15 x6 + 0,0007 x7 ≤ 0,0041

Anexo 4.

REQUERIMIENTO Y COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

Requerimiento del ganado lechero

NUTRIENTES	PESO VIVO	PRODUCCION DE LECHE DIARIO (litros L)			
	400 kg	≤ 10	10 a 14	14 a 20	≥ 20
	500 kg	≤ 12	12 a 18	18 a 24	≥ 24
Proteína cruda (%)		14,00	14,00	15,00	16,00
Energía (Mcal /kg)		2,36	2,56	2,71	2,89
Calcio (%)		0,43	0,48	0,54	0,54
NDT (%)		63,00	67,00	71	75
Fosforo (%)		0,31	0,31	0,38	0,41

Composición Nutricional del Ray grass

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	24
NDT	%	15,4
Energía digestible	Mcal/kg	0,68
Energía metabolizable	Mcal/kg	0,58
Proteína (TCO)	%	5,7
Calcio (TCO)	%	0,14
Fósforo total (TCO)	%	0,08
Grasa (TCO)	%	0,8
Humedad	%	70

Composición Nutricional del Pasto Azul

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	35
NDT	%	22
Energía digestible	Mcal/kg	0,98
Energía metabolizable	Mcal/kg	0,83
Proteína (TCO)	%	5
Calcio (TCO)	%	0,12
Fósforo total (TCO)	%	0,11
Grasa (TCO)	%	1,6

Composición Nutricional del Trébol

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	21
NDT	%	13,7
Energía digestible	Mcal/kg	0,6
Energía metabolizable	Mcal/kg	0,5
Proteína (TCO)	%	4,5
Calcio (TCO)	%	0,28
Fósforo total (TCO)	%	0,07
Grasa (TCO)	%	0,7
Ceniza (TCO)	%	2,8
Fibra (TCO)	%	3,4

Composición Nutricional de la Alfalfa

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	38,00
NDT	%	21,00
Energía digestible	Mcal/kg	0,96
Energía metabolizable	Mcal/kg	0,80
Proteína (TCO)	%	5,90
Calcio (TCO)	%	0,52
Fósforo total (TCO)	%	0,12
Grasa (TCO)	%	1,20
Ceniza (TCO)	%	3,00
Fibra (TCO)	%	11,40

BASES DE DATOS PARA FORMULACION DE DIETAS

Composición química de alimentos zootécnicos ecuatorianos (g/kg)									
Componente	Humedad	Ceniza	Proteína	Grasa	Fibra	ENN	Calcio	Fósforo	Energía (cal)
Afrecho de maíz (AF. MAIZ)	748	3	23	22	27	141	-	-	862
Afrechillo de trigo (AFR. TRI)	102	49	158	45	100	546	1.600	8.150	3,619

Arrocillo boliche (ARR. BOL)	57	48	85	16	66	730	0.680	1.420	3,668
Arrocillo costa (ARR. COS)	104	37	97	114	27	621	0.500	1.250	4,006
Conchilla (CONCHIL)	-	-	-	-	-	-	445.591	0.015	-
Germen de maíz (GE. MAIZ)	91	7	113	24	139	259	0.830	1.920	2,359
Germen de trigo (GE. TRIGO)	124	37	241	35	94	469	2.540	4.621	3,531
Gluten de maíz (GL. MAIZ)	83	8	352	79	30	448	0.720	1.730	4,031
Harina de banano (H. BANAN)	105	39	35	7	8	806	0.230	0.650	3,459
Harina de maíz (H. MAIZ)	87	14	94	39	12	744	1.050	3.180	3,751
Harina de trigo (H. TRIG)	142	6	128	34	5	695	0.410	1.295	3,528
Harina de huesos (H. HUES)	-	-	-	-	-	-	358.310	135.160	-
Harina de carne y huesos (H. CARNH)	56	309	351	110	12	162	9.492	5.974	3,090
Harina de pes cado Jambelí (H. PES CJ)	48	201	852	63	5	32	5.939	1.894	3,305
Levadura (LEVADU)	21	40	390	0	5	544	1.300	14.600	3,760
Maíz (MAIZ)	119	15	88	37	21	720	1.050	3.180	3,649
Melaza (MELAZA)	325	113	37	3	0	522	11.060	1.120	2,263
Palmiste (PALMIS)	80	41	134	27	360	358	-	-	3,651
Polvillo fino (PO. FIN)	88	90	139	107	111	465	1.650	9.930	3,823
Sorgo rico (S. RICO)	127	20	100	46	44	653	2.920	9.540	3,602

Torde de algodón (T. ALGODON)	75	76	511	48	87	223	12.000	20.400	4,150
Torde de soya ales (T. SOYYA)	88	71	437	20	75	309	5.330	6.030	3,460
Trigo (TRIGO)	116	19	136	10	25	694	0.640	3.670	3,486
Yuca deshidratada (YUCA. D.)	79	32	43	11	25	810	0.890	2.310	3,611
Harina de cabezas de camarones (H. CAMARONES)	88	190	500	790	145	713	7.800	2.00	-
Harina de hígado de calamar (H. HI. CA)	100	78	530	160	0	132	0.040	0.250	-
Aceite de pescado (AC. PESC)	10	-	-	990	-	-	-	-	-
Harina de krill (H. KRILL)	10	100	620	180	28	62	2.400	1.250	-