

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



DOCTORADO EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

TESIS

MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN LECHERA DE
UN PREDIO EN UN CONTEXTO DE ACTIVIDAD MINERA EN
HUALGAYOC - CAJAMARCA

Para optar el Grado Académico de
DOCTOR EN CIENCIAS

Presentada por:

Walter Terán Ramírez

Asesor:

Corpus Cerna Cabrera

Cajamarca, Perú

Diciembre de 2013

COPYRIGHT © 2013 BY
WALTER TERÁN RAMÍREZ
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



DOCTORADO EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

TESIS APROBADA:

MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN LECHERA DE
UN PREDIO EN UN CONTEXTO DE ACTIVIDAD MINERA EN
HUALGAYOC - CAJAMARCA

Para optar el Grado Académico de
DOCTOR EN CIENCIAS

Presentada por:
Walter Terán Ramírez

Comité Científico:

Ph.D. Luis Vallejos Fernández
Presidente Jurado Evaluador

Dr. Jorge Piedra Flores
Jurado Evaluador

Dr. José Mantilla Guerra
Jurado Evaluador

Dr. Corpus Cerna Cabrera
Asesor

Fecha: diciembre 2013

A:

Mi esposa e hija, por su apoyo, paciencia
y por tomar de su tiempo,
sin lo cual no hubiera alcanzado esta meta

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Corpus Cerna Cabrera, por su orientación y alcances en el desarrollo de la presente investigación.

A los propietarios del predio, por facilitar su información y apoyo para la elaboración de esta investigación.

Al Dr. Manuel Paredes Arana, por sus aportes y colaboración en la culminación de este trabajo de tesis.

CONTENIDO

Item	Página
AGRADECIMIENTOS.....	iii
LISTA DE ABREVIACIONES.....	iv
LISTA DE LUSTRACIONES.....	v
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
Capítulo 1. Introducción.....	1
Capítulo 2. Marco teórico.....	4
Antecedentes de la investigación.....	4
Bases teóricas.....	6
Modelo de optimización	6
Componentes del modelo.....	23
Eficiencia de la producción.....	67
El desarrollo económico.....	68
Hipótesis de investigación.....	73
Capítulo 3. Diseño de la contrastación de la hipótesis.....	74
Definición operacional de variables.....	74
Unidad de análisis, universo y muestra.....	75
Tipo y descripción del diseño de contrastación de la hipótesis...	76
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	76
Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.....	77
Modelo econométrico: Función de producción Cobb Douglas.....	77
Indicadores de producción.....	80
Análisis de costos.....	81
Punto de equilibrio.....	81
Capítulo 4. Resultados y discusión.....	82
Comportamiento de la producción lechera del predio.....	82
Factores de producción más relevantes del predio.....	86
Alimentación.....	86
Composición proximal.....	88

Ordeño e infraestructura.....	89
Genética.....	90
Sanidad.....	92
Reproducción.....	93
Producción.....	94
Fertilización del suelo.....	100
Factores climáticos.....	101
Costos.....	104
Punto de equilibrio.....	110
Modelo matemático y optimización de la producción lechera del predio.....	113
Modelo matemático de optimización de alimentos.....	113
Modelo matemático de maximización de beneficios económicos.....	118
Interacciones de los componentes en el modelo de optimización...	122
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones.....	131
Conclusiones.....	131
Recomendaciones.....	132
LISTA DE REFERENCIAS	133
APÉNDICES.....	142

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figuras	Página
1. Diagrama 1: El proceso de construcción de un modelo.....	8
2. Gráfica 1: Solución del ejemplo de modelo de optimización.....	14
3. Gráfica 2: Distribución del ganado.....	92
4. Gráfica 3: Sólidos totales 2012.....	95
5. Gráfica 4: Sólidos totales 2012.....	95
6. Gráfica 5: Punto de equilibrio del escenario 1.....	112
7. Gráfica 6: Punto de equilibrio del escenario 2.....	112
8. Figura 1: Solución del modelo, usando el POM.....	115
9. Figura 2: Solución del modelo, usando Solver.....	116
10. Figura 3: Análisis de sensibilidad, usando POM.....	117
11. Figura 4: Análisis de sensibilidad, usando Solver.....	117
12. Figura 5: Resolución de modelo que maximiza los beneficios económicos.....	120
13. Figura 6: Resolución de modelo que maximiza los beneficios económicos.....	121
14. Diagrama 2: Interacción de los componentes del modelo de optimización.....	123

Tablas	
1. Tabla 1: Iteración N° 01.....	18
2. Tabla 2: Cálculo de la nueva fila.....	20
3. Tabla 3: Iteración N° 02.....	20
4. Tabla 4: Iteración N° 04.....	21
5. Tabla 5: Iteración N° 05.....	22
6. Tabla 6: Clasificación NRC de los Alimentos (Academia Nacional de Ciencias).....	25
7. Tabla 7: Composición de la leche de diferentes especies (por cada 100 gr).....	53
8. Tabla 8: Temperaturas críticas en ganado vacuno según condiciones ambientales.....	60
9. Tabla 9: Operacionalización de variables.....	75
10. Tabla 10: Producción de leche del predio.....	82
11. Tabla 11: Estadísticas de la regresión.....	82

12. Tabla 12: Análisis de varianza de la regresión.....	83
13. Tabla 13: Análisis de la regresión con el uso la prueba t Student.....	84
14. Tabla 14: Análisis proximal de pasturas del predio.....	89
15. Tabla 15: Criterios de selección del semental.....	90
16. Tabla 16: Producción del predio por quincena.....	94
17. Tabla 17: Porcentaje de vacas en producción.....	99
18. Tabla 18: Promedio diario de producción.....	100
19. Tabla 19: Análisis de suelos del predio.....	100
20. Tabla 20: Temperatura y humedad.....	103
21. Tabla 21: Costo mensual de materiales del predio.....	104
22. Tabla 22: Costo de mano de obra del predio.....	105
23. Tabla 23: Costos indirectos de producción.....	106
24. Tabla 24: Costos por impacto minero.....	107
25. Tabla 25: Deducciones.....	107
26. Tabla 26: Resumen de los costos.....	108
27. Tabla 27: Cálculo del punto de equilibrio.....	111
28. Tabla 28: Costo (S/.) por Kg de los pastos del predio.....	113
29. Tabla 29: Datos para optimizar la ración alimenticia.....	114
30. Tabla 30: Costos mensuales que incurre el predio.....	118
31. Tabla 31: Reporte de análisis de agua del manantial La Hualla.....	128
32. Tabla 32: Reporte de evaluación sanitaria cuenca del rio Llaucano.....	128
33. Tabla 33: Reporte de parámetros de agua de consumo humano.....	129
34. Tabla 34: Informe de ensayo microbiológico.....	129
35. Tabla 35: Análisis de metales pesados en agua, leche y pasto.....	130

LISTA DE ABREVIACIONES

AID:	Área de influencia directa
CONDESAN:	Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina
C.V:	Coefficiente de variación
DAM:	Drenaje de la minería ácida
D.E:	Desviación estándar
DESA:	Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental
DIGESA:	Dirección General de Salud
DRA :	Drenaje de roca ácida
DRS:	Dirección Regional de Salud
ECA:	Estándar de la calidad ambiental
ELAW:	Environmental Law Alliance Worldwide
FAO:	Food and Agriculture Organization
GMD:	Ganancia media diaria
HR:	Humedad relativa
IO:	Investigación de operaciones
IPNI:	International Plant Nutrition Institute
LASACI-UNT:	Laboratorio de Servicios y Análisis a la Comunidad e Investigación de la Universidad Nacional de Trujillo
MCO:	Mínimos cuadrados ordinarios
NRC:	National Research Sciences
PMe:	Productividad media
PMg:	Productividad marginal
POM:	Production and Operations Management
PUCP:	Pontificia Universidad Católica del Perú
SENASA:	Servicio Nacional de Sanidad Agraria
SINP:	Sistema Integrado de Nutrición de las Plantas
RMV:	Remuneración mínima vital
TCI:	Temperatura crítica inferior
TCS:	Temperatura crítica superior

RESUMEN

Título: Modelo de optimización de la producción lechera de un predio en un contexto de actividad minera en Hualgayoc – Cajamarca.

Autor: Walter Terán Ramírez.

Asesor: Corpus Cerna Cabrera.

La presente investigación tuvo por finalidad, la construcción de un modelo matemático de optimización, que permita obtener volúmenes óptimos de producción lechera y; que a su vez, conduzca a la maximización de los beneficios económicos de un predio lechero, enmarcado en un contexto minero. El modelo, tiene los siguientes componentes: alimentación, consumo de agua, periodo de lactación, manejo, peso del ganado, vida útil, producción lechera, área del terreno, distribución de pastos y composición proximal y costos. A este modelo, se adiciona un segundo modelo de optimización de raciones. Para dar solución a dichos modelos, se usó la programación lineal, teniendo como resultado la solución óptima en cuanto a la ración, mas no así, sucedió con la maximización de los beneficios económicos, puesto que, los comportamientos como el consumo de alimentación, producción lechera no necesariamente son lineales. Se utilizó la función Cobb Douglas, para comprender el comportamiento de la producción lechera, en base a las variables exógenas: número de vacas lecheras, días de producción, temperatura y humedad; los resultados, expresan que las variables exógenas consideradas, explican el comportamiento de la producción lechera en un 83.33%, según el coeficiente de determinación ajustado y el modelo es consistente según lo demuestran las pruebas estadísticas: “t” y “F”. Por tanto, se tiene como principal aporte, el uso de la metodología, puesto que, es una de las primeras investigaciones en el tema.

Palabras clave: Modelo de optimización, maximización de beneficios económicos, optimización de raciones y función de producción Cobb Douglas.

ABSTRACT

Title: Optimization model of milk production of a property in the context of mining activity in Hualgayoc - Cajamarca.

Author: Walter Terán Ramírez.

Advisor: Corpus Cerna Cabrera.

This study was aimed at the construction of a mathematical optimization model for obtaining maximum milk production and, at the same time, maximizing the economic profit of a dairy farm, all in the framework of mining activities. The model had the following components: livestock feeding, water intake, nursing period, management, cattle weight, milk production lifespan, land area, chemical proximate (feed) components, the distribution of pastures on the farm and costs. To this model was added a rations optimization sub model. To put these models into action a linear programming method was used, resulting in an optimal solution related to rations. However, the results obtained regarding maximizing economic profit were not the same since, for example, such components as feed consumption and milk production are not necessarily linear. The Cobb Douglas Function was used to understand the performance of milk production, based on the exogenous variables: number of dairy cows, production days, temperature and humidity. The results found that the exogenous variables under consideration explain the behavior of milk production by up to 83.33 %, using a standard adjustment parameter, and the model has been shown to be reliable through F and t statistical testing. Therefore, the main contribution of this study is the methodology used, since it is one of the first pieces of research on the subject.

Keywords: Optimization model, maximizing profits, optimization of rations, Cobb Douglas production function.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La investigación desarrollada, corresponde, a la construcción de un modelo de optimización de la producción lechera de un predio en un contexto de actividad minera, ubicado en una de las áreas de influencia directa de la empresa minera Gold Fields La Cima S.A, el cual es Coymolache. Éste es un caserío del distrito y provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, ubicado a 90 km de la ciudad de Cajamarca y a una altitud de 3400 msnm. Dicha zona, se caracteriza por el desarrollo de la actividad minera, la misma que, se desarrolló desde la época de los incas; el yacimiento fue descubierto por el español Rodríguez de Ocaña en 1771, y mediante su explotación, se obtuvo como: oro, plata, cobre, zinc y plomo.

En otro contexto, la problemática de la ciudad de Hualgayoc, hoy en día, se refleja en el tema ambiental; expresándose, en el debilitamiento de la infraestructura de las viviendas, en la calidad del agua y en la producción lechera, pudiendo existir otro tipo de externalidades negativas. Ahora bien, uno de los factores de producción, relevante para la producción lechera, es el elemento vital agua, el mismo que es de suma importancia, no solo para las actividades agropecuarias, sino también para la población; puesto que, su consumo, es posible por el uso de dos fuentes; la más importante tiene su origen en el predio de estudio, el cual colinda con el área en la que se realizan las actividades mineras, perteneciente a la empresa minera Gold Fields La Cima S.A. El proyecto Cerro Corona, de la empresa antes escrita, se ubica en la parte alta de las cuencas de los ríos Hualgayoc y el Tingo, los mismos que son tributarios del río Llaucano, el cual desemboca en el río Marañón. El tipo de minería que practica la empresa, es de tajo abierto, extrayendo oro y cobre, también se efectúa prácticas de tratamiento de minerales de sulfuros, mediante el procedimiento de flotación de un concentrado de cobre y oro.

El uso del agua por parte del caserío de Coymolache, es destinada a la producción agrícola, ganadera (producción lechera) y consumo humano, tanto para ellos como para la población de Hualgayoc. Sin embargo los principales productores de leche han experimentado una reducción, en cuanto a su producción, afectándoles económicamente no sólo por la disminución de la producción, sino también porque su costo de oportunidad ha disminuido, es decir, el agua que se tenía en el predio, bien podría haberse utilizado en la producción de agua mineral, por ejemplo.

Por otro lado, se tiene que, determinadas áreas de tierras vienen siendo erosionadas y experimentan reducción de humedad, lo cual perjudica directamente la cantidad de producción y calidad de los pastos destinados para la ganadería y el empleo de las tierras para los cultivos. Un aspecto relevante en cuanto a las prácticas de la ganadería en el predio en estudio, está referido a la disponibilidad del agua para el ganado, es decir, antes que se desarrollen las actividades mineras, el predio contaba con agua suficiente, la misma que se empleaba para abrevar al ganado, bajo la modalidad de acequias y se contaba con la disponibilidad necesaria. Hoy en día, esta práctica se ha modificado, puesto que, parte del predio, para acceder al líquido elemento, es posible el empleo de captaciones; para lo cual, hay un control de piletas; y, la obtención de agua, se hace bajo un determinado horario y previa solicitud a la empresa minera.

Bajo estas condiciones, se ha evidenciado que, inicialmente el ganado no quería beber el agua, pero, posteriormente se ha adaptado a las condiciones; en lo que se refiere a reproducción, se ha observado un retraso de la misma, en razón de ello, se procedió a incentivar la reproducción; a través de asistencia técnica por parte de la empresa minera; entre una de las labores se efectuó la inseminación, obteniéndose 50 partos como resultado, de los cuales se obtuvieron el nacimiento de 49 toros y una ternera, la misma que murió a los 15 días de nacida, en virtud de ello, hoy en día no se recibe asistencia técnica. Un aspecto no menos importante, es el traslado del polvo como producto de las voladuras que se realizan, al momento de efectuar los movimientos de tierras por parte de la empresa minera, produciendo enfermedades que han afectado al ganado en cuanto a la vista y a la piel; la ganadería del predio ha tenido vacunos que han muerto, los casos que han sido conciliadas y valorizadas con la empresa minera.

La presencia de los problemas señalados, puede tener serias implicaciones desde el punto de vista ambiental, económico, social, salud pública, etc. Si los problemas siguen presentándose y no se toman las medidas pertinentes para mitigarlas y revertirlas, pueden afectar seriamente a la salud de la población y a las actividades que se desarrollan, trayendo consigo, la reducción del bienestar de los involucrados.

Ante el escenario descrito, se debe tomar medidas oportunas, las mismas que deben ser orientadas al mejoramiento de la cantidad y calidad del agua; asimismo, para quienes realizan actividades agropecuarias, se deben buscar alternativas compensatorias en aras de no perjudicar a los productores, desde el punto de vista del costo de oportunidad. La investigación desarrollada, se centra en el aspecto económico – productivo; de manera puntual, en la optimización de la producción lechera en un contexto minero.

Por lo manifestado, la presente investigación tuvo como intención principal resolver el siguiente problema: ¿Cuáles son los componentes y las interacciones de un modelo para optimizar la producción lechera en un contexto minero?

El objetivo general de la investigación fue:

Caracterizar los componentes y las interacciones de un modelo que permita optimizar la producción lechera en un contexto de minería.

En relación al alcance de la investigación; la misma, presenta como alcances: la resolución de un tema práctico, el cual es de carácter productivo, económico, social y ambiental; en virtud de ello, contribuye al bienestar de los diversos agentes que residen en la delimitación espacial de la investigación. Otro de los alcances del estudio es la generación de un nuevo conocimiento, concerniente al tema tratado, en razón de lo cual, su alcance también es visto desde el punto de vista teórico. La mayor limitación del trabajo, fue los pocos registros de información.

En cuanto a estructura, el trabajo consta de cinco capítulos, los mismos que se detallan a continuación:

El capítulo uno hace referencia a la problemática de la investigación así como a los aspectos metodológicos generales. El dos se hace la fundamentación teórica, y el mismo que brinda soporte al desarrollo de la investigación. En el tres el diseño de contrastación de la hipótesis. El capítulo cuatro muestra los resultados y discusión de los mismos. Finalmente, el capítulo cinco tiene a las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

En cuanto a los antecedentes de la investigación, se cuenta con información primaria muy limitada, la cual ha sido desarrollada por la empresa minera Gold Fields La Cima S.A. La empresa minera desarrolla sus actividades en las partes altas de las cuencas de los ríos Tingo/Maygasbamba y Hualgayoc/Arascorgue, los mismos que son tributarios de los ríos Llaucano, Marañón y Amazonas, desembocando en el océano Atlántico.

El caserío de Coymolache, posee diversos manantiales, proveyendo del líquido elemento para el consumo de su población y actividades agropecuarias; en virtud de ello, La microcuenca Corona tiene un caudal promedio anual de 5 L/s en año normal. En años secos este caudal baja a 2,6 L/s y en años húmedos supera los 9 L/s. El menor caudal promedio mensual calculado en Cerro Corona es 0,7 L/s, se presenta en julio de un año seco, en cambio el mayor caudal promedio mensual en un año húmedo puede llegar a 21,9 L/s en marzo (**Sociedad Minera La Cima S.A. 2005, 11**).

Las actividades mineras se desarrollan en la parte alta del caserío de Coymolache, y, en buena medida, las actividades agropecuarias son llevadas a cabo en la parte baja del caserío; en atención a ello se debe considerar:

La elevación de las aguas subterráneas y la dirección del flujo en el emplazamiento parecen ser controlados por la geología y la topografía, siendo la topografía la principal variable de control. Con pocas excepciones, el nivel freático en el emplazamiento es un reflejo de la topografía. El flujo de agua subterránea, por lo general, está controlado topográficamente, con rutas de flujo desde Cerro Corona que emanan en todas las direcciones desde las alturas topográficas. Adicionalmente, las aguas subterráneas descargan a los drenajes (quebradas Hualgayoc, Las Gordas y Las Águilas). Esto significa que el flujo de agua subterránea proveniente de Cerro Corona contribuye a los manantiales y quebradas en todo el emplazamiento, tal vez aún hasta el este en dirección a la quebrada Las Gordas a lo largo de la divisoria del drenaje inferior.

Las áreas de descarga de agua subterránea son los manantiales. El flujo de los manantiales desde el futuro emplazamiento es variable, pero cerca del futuro tajo abierto el flujo del manantial promedio es de aproximadamente 13 L/s (**Sociedad Minera La Cima S.A. 2005, 12**).

En cuanto a la microcuenca Corona, se tiene que: Esta quebrada se forma en las faldas del Cerro Corona y discurre directamente al río Hualgayoc; drena un área de microcuenca correspondiente a 0.373 km². La parte alta de esta microcuenca corresponde al área sureste del cerro Corona, con áreas muy perturbadas por actividades de exploración por lo que debe considerarse alta erosión y arrastre de sólidos.

Casi la totalidad de su curso principal está fuera de la concesión del Proyecto Corona y es un cauce estrecho con taludes de altas pendientes y fuertes procesos de erosión. Puede considerarse un curso efímero que ingresa al río Hualgayoc cerca de los 3,570 msnm (**Gold Fields La Cima S.A, 2008, 34**).

Asimismo se cuenta con una línea de base, elaborada por la familia Regalado Díaz, residentes del caserío Coymolache, el mismo que fue presentado al Ministerio de Energía y Minas y a la empresa minera. Dicho documento, manifiesta que, al desarrollarse las actividades de construcción y producción, se producirán impactos ambientales físicos como:

- En la preparación del tajo se alterará la corteza del terreno de fundación y por lo tanto la alteración del cordón capilar, el nivel freático y lo mismo los acuíferos o zonas de saturación del Cerro Corona serán afectados, desaparecerán los acuíferos y por lo tanto los manantiales se secarán.
- En forma general serán afectados todos los terrenos que se ubican en las partes bajas del Cerro Corona por la pérdida de manantiales y por la contaminación de aguas mineralizadas y reactivos químicos (**Observaciones a Sociedad Minera La Cima S.A, 2005, 2-3**).

Se ha podido revisar el Estudio de Suelos del Fundo “El Mirador”, del cual extraemos algunas de las conclusiones y recomendaciones relevantes para el presente estudio:

- La mayor parte de los suelos son aptos para cultivo permanente (pastos cultivados), debido a la presencia de puquios u ojos de agua en las unidades 1, 2, 4, 5 y 6 y buenas características de suelo.
- La mayor parte de los suelos son bien desarrollados ricos en materia orgánica, bien estructurados y con alta capacidad de retención de humedad.
- Por encontrarse en la propiedad, más de 100 puquios o afloramientos de agua, estas tierras deben ser protegidas como acuíferos naturales, de donde incluso a través de dos (2) puquios se capta el agua potable para Hualgayoc (**Poma Miranda y Poma Rojas 2005, 29-30**).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1 Modelo de optimización

El estudio tuvo por finalidad, determinar los niveles óptimos de producción de leche, bajo el uso de la técnica de programación lineal; en razón de ello, se parte de la comprensión y construcción de un modelo de optimización.

a) Proceso de construcción del modelo

Como una consecuencia de utilizar el método científico, la Investigación de Operaciones, recurre a la representación de una realidad mediante un “modelo”.

Un modelo en IO se define como la representación de un sistema real. La complejidad de un sistema real, que a menudo está compuesto de un número muy grande de variables, hace que sea difícil su control; para ello muchas veces es necesario concentrarse en las variables dominantes y las relaciones que los gobiernan (**Lecca 1990, 10**).

En relación a lo manifestado por el autor y antes indicado, se tiene que, el presente estudio, al optimizar la producción lechera, lo hace teniendo en consideración los costos que incurre en la producción; pero además, considera una gama de variables de las cuales se determinó las más relevantes, es decir, se considera variables determinantes para la producción lechera como: la raza de las vacas, la alimentación, la sanidad animal, el consumo de agua, los pastos, la edad, el tipo de ordeño, el clima, etc; todas estas variables son consideradas en un contexto de minería, las mismas que son parte del modelo desarrollado.

El modelo que se desarrolla en el presente trabajo es del tipo simbólico, determinístico y lineal. Los modelos simbólicos son aquellos que están expresados en forma concisa a través de símbolos matemáticos. Los modelos simbólicos pueden ser representados en forma analítica o en forma gráfica, vía un conjunto de funciones en la forma de ecuaciones e inecuaciones. También pueden ser presentados mediante un algoritmo compuesto por un conjunto de pasos interrelacionados, como es el caso de los diagramas de flujo.

Modelo determinístico. Son aquellos que no incluyen propiedades relacionadas con fenómenos aleatorios (probabilísticos). Modelo lineal. Son aquellos que incluyen solamente funciones lineales (**Alvarez 1995, 11 - 13**).

El diagrama 1, muestra el proceso de modelación, en razón de ello observe que el diagrama está dividido en dos mitades, superior e inferior, separadas por una línea interrumpida. Debajo de dicha línea se encuentra el mundo real y caótico de todos los días, al cual se enfrentan los gerentes cuando están obligados a decidir cómo lidiar con el reto de una situación, como por ejemplo a quién se le asignan los recursos para llevar a cabo las tareas, la programación de actividades o el diseño de una estrategia de comercialización. El proceso comienza con el ángulo izquierdo, con el reto de la situación administrativa.

El proceso de modelación, representado por el “mundo simbólico” en la mitad de la figura ubicada sobre la línea interrumpida, recomienda un curso de acción para complementar (no sustituir) el uso de la intuición en la toma de decisiones.

Una vez que el modelo (cuantitativo) ha sido construido, se somete a un análisis para generar resultados o conclusiones que emanen exclusivamente de él, es decir, sin considerar las abstracciones que hayamos realizado con anterioridad. A continuación se realiza la interpretación de los resultados basados en el modelo, para relacionarlos de nuevo con la situación del mundo real, tomando en cuenta con los factores que habíamos suprimido durante la fase previa de abstracción (**Eppen et al. 2000, 4**).

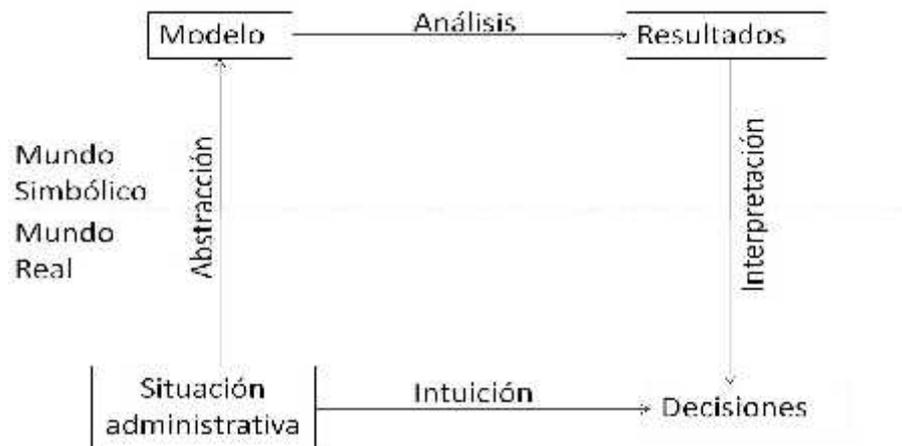


Diagrama 1. El proceso de construcción de un modelo (Eppen et al. 2000, 4).

b) Estructura del modelo

Cualquier problema de programación lineal, requiere identificar cuatro componentes básicos:

1. El conjunto de datos.
2. El conjunto de variables identificadas en el problema, junto con sus dominios respectivos de definición.
3. El conjunto de restricciones lineales del problema que definen el conjunto de soluciones factibles.
4. La función lineal que debe ser optimizada (minimizada o maximizada) (**Castillo et al. 2002, 3-4**).

Los componentes antes escritos, permiten la construcción del modelo a optimizar, arribar al modelo deseado implica seguir un proceso, el mismo que se describió brevemente en el diagrama 1.

Una vez que se logra comprender el problema, se puede plasmar en un modelo, el mismo que relacionará los diversos factores de producción, costos y producción lechera, para ello, es necesario plasmarlo en un modelo de programación lineal.

Un problema de programación lineal, es un programa matemático en el que, tanto la función objetivo como las funciones que definen las restricciones, son lineales. Las restricciones pueden ser de igualdad o desigualdad, no estricta. Por tanto la formulación general es:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Opt } C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n & \\
 \text{s.a } a_{11}X_1 + \dots + a_{1n}X_n & b_1 \\
 a_{21}X_1 + \dots + a_{2n}X_n & b_2 \\
 \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot \\
 a_{m1}X_1 + \dots + a_{mn}X_n & b_m \\
 d_{11}X_1 + \dots + d_{1n}X_n & S_1 \\
 \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot \\
 d_{k1}X_1 + \dots + d_{kn}X_n & S_k \\
 e_{11}X_1 + \dots + e_{1n}X_n & = T_1 \\
 \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot \\
 e_{l1}X_1 + \dots + e_{ln}X_n & = T_l \\
 X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_n \geq 0 &
 \end{array}$$

Que en forma matricial es:

$$\begin{array}{l}
 \text{Opt } CX \\
 \text{s.a } AX \leq B \\
 DX \leq S \\
 EX = T \\
 X \geq 0
 \end{array}$$

donde $C \in \mathbb{R}^n$, $B \in \mathbb{R}^m$, $S \in \mathbb{R}^k$, $T \in \mathbb{R}^t$ A, D y E son matrices de orden $m \times n$, $k \times n$ y $l \times n$ respectivamente (**Barbolla 2001, 334**).

Del programa señalado anteriormente, en su forma matricial se puede saber que:

X: Son variables de decisión, las cuales van a ser determinadas por el modelo.

C: Es un vector de la función objetivo, que adopta una serie de valores que vienen a ser los coeficientes de las variables de decisión.

A, D, E, B, S y T: Son vectores que contienen los valores de las restricciones del programa matemático.

Se debe tener en consideración que una vez planteado en términos formales el programa a optimizar, se debe comprender las relaciones que existen entre variables; para ello, buscamos la comprensión de los diversos elementos fundamentales del modelo, a considerar, son cuatro los más importantes: la producción lechera, la cual es resultado de la combinación de los diversos factores de producción, que intervienen en la producción lechera, los costos que se incurre en la adquisición de insumos, medicinas, etc; y, el último, es el tema ambiental, siendo fundamental para la producción, puesto que el presente trabajo se desarrolla en un contexto en el cual existe presencia de actividad minera.

La principal actividad de todas las empresas es convertir los factores en productos. Dado que a los economistas les interesan las decisiones que toman las empresas para conseguir este objetivo, pero desean evitar analizar muchas de las complejidades técnicas que implican, han optado por elaborar un modelo abstracto de producción, en el cual la relación entre los factores y los productos se formaliza por medio de una función de producción (**Nicholson 1997, 203**).

En el proceso de producción, las empresas convierten insumos, a los que también se denomina factores de producción, en resultados (o productos).

Se pueden dividir los insumos en las amplias categorías de mano de obra, materiales y capital, cada uno de los cuales podría incluir subdivisiones más detalladas. Los insumos de mano de obra incluyen trabajadores capacitados y

trabajadores no capacitados, así como también los esfuerzos empresariales de los administradores de la firma. Los materiales incluyen acero, plástico, electricidad, agua y todos y cada uno de otros bienes que la empresa compre y transforme en un producto final. El capital incluye edificios, equipos e inventarios.

La relación de los insumos con el proceso de producción y los productos resultantes se describe mediante una función de producción. La función de producción permite combinar los insumos en diversas proporciones para dar como resultado producción en muchas formas. Las funciones de producción describen lo que es técnicamente factible cuando la empresa opera eficientemente, es decir, cuando la empresa utiliza cada combinación de insumos en forma efectiva cómo es posible.

Como las funciones de utilidad describen la producción máxima factible, se sigue que no se utilizan insumos si disminuyen la producción. Esta suposición de que la producción es siempre eficiente en términos técnicos no siempre debe ser aplicable, pero es razonable esperar que las empresas lucrativas no desperdicien recursos **(Pindyck y Rubinfeld 1997, 188-189)**.

La función de producción muestra la relación existente entre los insumos o factores y el producto total, X, dado un nivel determinado de tecnología, lo que se denota frecuentemente como,

$$X=f(F_1,F_2,F_3,\dots F_n)$$

Donde $F_1,F_2,F_3,\dots F_n$ son los distintos factores e insumos **(Kafka 1994, 205)**.

La técnica de programación lineal, tiene una aplicación fundamental en la formulación de raciones balanceadas para animales con la finalidad de minimizar los costos de una ración y maximizar los ingresos por encima de los costos de alimentación, y también porque permite combinar, en un período muy corto de tiempo, los insumos alimenticios en cantidades apropiados en una fórmula que debe satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales **(Córdova Alva 1993, 187)**.

En el trabajo de investigación: *empleo de la programación lineal en la formulación de raciones al mínimo costo para la suplementación de rumiantes a pastoreo*; el modelo empleado considera la interacción biológica forraje - suplemento y cuantifica su efecto sobre el consumo de la dieta base, permitiendo al resolver el problema lineal obtener teóricamente una ración al mínimo costo adecuada para los sistemas pastoriles (Soto Silva y Reinoso Ortiz, 2004, 5).

c) Solución del modelo de optimización

La solución de un modelo de optimización de programación lineal (PL), es posible realizarlo a través de la aplicación de diversos métodos; a continuación se detallan los más comunes:

Método gráfico

Para Waner S. (2007), solucionar un problema de programación lineal es el siguiente:

1. Dibuje la región factible de las restricciones.
2. Calcule las coordenadas de los puntos extremos (puntos de esquina).
3. Sustituya las coordenadas de los puntos de esquina en la función objetivo para ver cual da el valor óptimo. Este punto da la solución del problema de programación lineal.
4. Si la región factible no es acotada, este método puede ser erróneo: soluciones óptimas siempre existen cuando la región factible está acotada, pero pueden no existir en el caso no acotado.

Si la región factible no es acotada, estamos *minimizando* una función objetivo cuyos coeficientes son no negativos, entonces existe una solución dado por este método.

Para determinar si existe una solución en el caso general no acotado:

- i. Acote la región por añadir una recta horizontal por encima del punto de esquina más arriba, y una recta vertical a la derecha del punto de esquina que esté más hacia la derecha.

- ii. Calcule las coordenadas de los puntos nuevos de esquina que se obtiene.
- iii. Halle el punto de esquina donde ocurre el valor óptimo de la función objetivo.
- iv. Si el valor óptimo se ocurre a un punto de esquina de la región *original* (no acotada) entonces existe la solución óptima a aquel punto. Si ocurra el valor óptimo solo a un punto nuevo de esquina, entonces el problema de programación lineal no tiene soluciones.

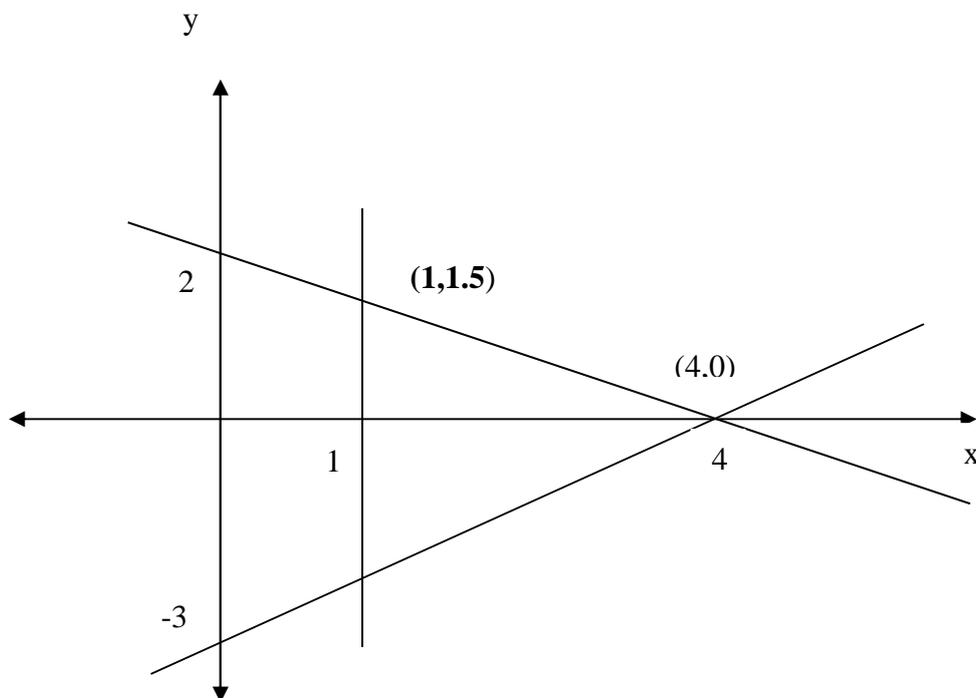
Ejemplo

$$\text{Minimizar } C = 3x + 4y$$

sujeta a:

$$\begin{aligned} 3x - 4y &= 12, \\ x + 2y &= 4 \\ x &\geq 1, \quad y &\geq 0. \end{aligned}$$

La región factible para este conjunto de restricciones fue mostrada más arriba. Aquí está otra vez con los puntos de esquinas indicados.



Gráfica 1: Solución del ejemplo de modelo de optimización (Waner S. 2007)

Aunque no es acotada la región factible, estamos minimizando $C = 3x + 4y$, cuyas coeficientes son no negativos. Entonces existe una solución obtenida por el método más arriba a la izquierda.

El gráfico, muestra dos puntos que pueden ser la solución óptima, pero para determinar cuál es el punto óptimo se reemplaza los puntos (1, 1.5) y (4,0) en la función objetivo (C), la misma que arroja los valores de 9 y 12, respectivamente.

La solución es el par ordenado (1, 1.5): $x = 1$, $y = 1.5$ permitiendo minimizar: $C = 9$, como el menor valor.

Cuando se tiene un modelo lineal sin restricciones es posible su solución, mediante la aplicación del análisis matemático, para ello nos valemos del uso de la derivada; claro está que en estos casos el valor óptimo siempre será el valor de la pendiente de la variable en estudio. Por ejemplo: se tiene la siguiente función objetivo:

$$\text{Optimizar } F(X,Y) = 2Y - 20 - 10X$$

Deduciendo se tiene la ecuación:

$$Y = 10 + 5X$$

Al aplicar la primera derivada se obtiene:

$$\frac{\partial Y}{\partial X} = 5$$

El valor de 5 significa, que es el valor óptimo que asume la función $F(X,Y)$ a lo largo de la recta.

Método algebraico

Este método como bien lo señala su nombre se vale del algebra como herramienta para dar solución a un modelo de optimización; este método surge como respuesta a brindar solución a los modelos en los cuales superan las dos variables, puesto que un plano de dos dimensiones implica el uso de dos variables, pero en la práctica tanto a nivel teórico como empírico se hace difícil encontrar soluciones con el método gráfico (aunque es posible utilizar tres variables).

El método algebraico, en el tiempo se llega a convertir en el famoso método simplex. El algoritmo de este método consiste:

1. Hallar una solución básica y factible (Solución inicial)
 - a) Expresar las inecuaciones (desigualdades) como ecuaciones (igualdades).
 - b) Hallar una variable básica para cada ecuación
 - c) Organizar el sistema de ecuaciones lineales
2. Escoger la variable que entra
3. Escoger la variable que sale
4. Reorganizar el sistema de ecuaciones
5. Repetir los pasos 2, 3 y 4 hasta encontrar la solución (**Chediak 2002, 66**).

Por lo manifestado, se debe decir que el método se vale de un conjunto de soluciones posibles y de ello selecciona una solución factible, ignorando las demás, para ir probando cuál de ellas permite optimizar la función objetivo, hasta alcanzar la mejor solución.

Método Simplex

Este método es considerado por **Bellini M. (2004)** como un procedimiento iterativo que permite ir mejorando la solución a cada paso. El proceso concluye cuando no es posible seguir mejorando más dicha solución.

Partiendo del valor de la función objetivo en un vértice cualquiera, el método consiste en buscar sucesivamente otro vértice que mejore al anterior. La búsqueda se hace siempre a través de los lados del polígono (o de las aristas del poliedro, si

el número de variables es mayor). Como el número de vértices (y de aristas) es finito, siempre se podrá encontrar la solución.

El método del simplex se basa en la siguiente propiedad: si la función objetivo, f , no toma su valor máximo en el vértice A, entonces hay una arista que parte de A, a lo largo de la cual f aumenta.

Con miras a conocer la metodología que se aplica en el Método SIMPLEX, vamos a resolver el siguiente problema:

$$\begin{array}{ll} \text{Maximizar} & Z = f(x,y) = 3x + 2y \\ \text{sujeto a:} & 2x + y \leq 18 \\ & 2x + 3y \leq 42 \\ & 3x + y \leq 24 \\ & x \geq 0, y \geq 0 \end{array}$$

Se consideran las siguientes fases:

1°. Convertir las desigualdades en igualdades

Se introduce una *variable de holgura* por cada una de las restricciones, para convertirlas en igualdades, resultando el sistema de ecuaciones lineales:

$$\begin{array}{l} 2x + y + h = 18 \\ 2x + 3y + s = 42 \\ 3x + y + d = 24 \end{array}$$

2°. Igualar la función objetivo a cero

$$-3x - 2y + Z = 0$$

3°. Escribir la tabla inicial simplex

En las columnas aparecerán todas las variables del problema y, en las filas, los coeficientes de las igualdades obtenidas, una fila para cada restricción y la última fila con los coeficientes de la función objetivo:

Tabla 1. Iteración 1

Base	Variable de decisión		Variable de holgura			Valores solución
	X	y	H	s	d	
h	2	1	1	0	0	18
s	2	3	0	1	0	42
d	3	1	0	0	1	24
Z	-3	-2	0	0	0	0

Fuente: Bellini M. (2004)

4°. Encontrar la variable de decisión que entra en la base y la variable de holgura que sale de la base

- A. Para escoger la variable de decisión que entra en la base, nos fijamos en la última fila, la de los coeficientes de la función objetivo y escogemos la variable con el coeficiente negativo mayor (en valor absoluto).

En nuestro caso, la variable x de coeficiente - 3.

Si existiesen dos o más coeficientes iguales que cumplan la condición anterior, entonces se elige uno cualquiera de ellos.

Si en la última fila no existiese ningún coeficiente negativo, significa que se ha alcanzado la solución óptima. Por tanto, lo que va a determinar el final del proceso de aplicación del método del simplex, es que en la última fila no haya elementos negativos.

La columna de la variable que entra en la base se llama *columna pivote*.

- B. Para encontrar la variable de holgura que tiene que salir de la base, se divide cada término de la última columna (valores solución) por el término correspondiente de la columna pivote, siempre que estos últimos sean mayores que cero. En nuestro caso:

$$18/2 [=9], 42/2 [=21] \text{ y } 24/3 [=8]$$

Si hubiese algún elemento menor o igual que cero no se hace dicho cociente. En el caso de que todos los elementos fuesen menores o iguales a cero, entonces tendríamos una solución no acotada y no se puede seguir.

El término de la columna pivote que en la división anterior dé lugar al menor cociente positivo, el 3, ya 8 es el menor, indica la fila de la variable de holgura que sale de la base, d . Esta fila se llama *fila pivote*.

Si al calcular los cocientes, dos o más son iguales, indica que cualquiera de las variables correspondientes puede salir de la base.

- C. En la intersección de la fila pivote y columna pivote tenemos el elemento pivote operacional, **3**.

5°. Encontrar los coeficientes de la nueva tabla.

Los nuevos coeficientes de x se obtienen dividiendo todos los coeficientes de la fila d por el pivote operacional, 3, que es el que hay que convertir en 1.

A continuación mediante la reducción gaussiana hacemos ceros los restantes términos de su columna, con lo que obtenemos los nuevos coeficientes de las otras filas incluyendo los de la función objetivo Z .

También se puede hacer utilizando el siguiente esquema:

Fila del pivote:

Nueva fila del pivote = (Vieja fila del pivote) : (Pivote)

Resto de las filas:

Nueva fila = (Vieja fila) - (Coeficiente de la vieja fila en la columna de la variable entrante) X (Nueva fila del pivote)

Veámoslo con un ejemplo una vez calculada la fila del pivote (fila de x en la Tabla II):

Tabla 2. Cálculo de la nueva fila

Vieja fila de s	2	3	0	1	0	42
	-	-	-	-	-	-
Coefficiente	2	2	2	2	2	2
	X	x	x	X	x	X
Nueva fila pivote	1	1/3	0	0	1/3	8
	=	=	=	=	=	=
Nueva fila de s	0	7/3	0	1	-2/3	26

Fuente: Bellini M. (2004)

Tabla 3. Iteración 2

Base	Variable de decisión		Variable de holgura			Valores solución
	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>H</i>	<i>s</i>	<i>D</i>	
<i>H</i>	0	1/3	1	0	-2/3	2
<i>S</i>	0	7/3	0	1	-2/3	26
<i>X</i>	1	1/3	0	0	1/3	8
<i>Z</i>	0	-1	0	0	1	24

Fuente: Bellini M. (2004)

Como en los elementos de la última fila hay uno negativo, -1, significa que no hemos llegado todavía a la solución óptima. Hay que repetir el proceso:

- A. La variable que entra en la base es *y*, por ser la variable que corresponde al coeficiente -1
- B. Para calcular la variable que sale, dividimos los términos de la última columna entre los términos correspondientes de la nueva columna pivote:
 $2:1/3$ [=6], $26:7/3$ [=78/7] y $8:1/3$ [=8]
 y como el menor cociente positivo es 6, tenemos que la variable de holgura que sale es *h*.

- C. El elemento pivote, que ahora hay que hacer 1, es **1/3**.

Operando de forma análoga a la anterior obtenemos la tabla:

Tabla 4. Iteración 4

Base	Variable de decisión		Variable de holgura			Valores solución
	x	y	H	s	D	
Y	0	1	3	0	-2	6
S	0	0	-7	0	4	12
X	1	0	-1	0	1	6
Z	0	0	3	0	-1	30

Fuente: Bellini M. (2004)

Como en los elementos de la última fila hay uno negativo, -1, significa que no hemos llegado todavía a la solución óptima. Hay que repetir el proceso:

- La variable que entra en la base es d , por ser la variable que corresponde al coeficiente -1
- Para calcular la variable que sale, dividimos los términos de la última columna entre los términos correspondientes de la nueva columna pivote:

$$6/(-2) [= -3], 12/4 [= 3], \text{ y } 6:1 [= 6]$$

y como el menor cociente positivo es 3, tenemos que la variable de holgura que sale es s .

- El elemento pivote, que ahora hay que hacer 1, es **4**.

Obtenemos la tabla:

Tabla 5. Iteración 5

Base	Variable de decisión		Variable de holgura			Valores solución
	x	y	h	s	D	
Y	0	1	-1/2	0	0	12
D	0	0	-7/4	0	1	3
X	1	0	-3/4	0	0	3
Z	0	0	5/4	0	0	33

Fuente: Bellini M. (2004)

Como todos los coeficientes de la fila de la función objetivo son positivos, hemos llegado a la solución óptima.

La solución óptima viene dada por el valor de Z en la columna de los valores solución, en nuestro caso: **33**. En la misma columna se puede observar el vértice donde se alcanza, observando las filas correspondientes a las variables de decisión que han entrado en la base: **D (3,12)**

d) Análisis de sensibilidad

Un modelo de PL es una instancia de una situación real en la cual los parámetros del modelo (coeficientes del objetivo y de restricción) asumen valores estáticos. Parece natural que estudiemos el efecto de hacer cambios en los parámetros del modelo en una solución óptima determinada de PL. Este tipo de investigación se llama análisis de sensibilidad (**Taha 1998, 22**).

Una vez que el modelo ha sido construido y ha logrado optimizar la función objetivo, cabe plantearse la siguiente cuestión: ¿Qué sucederá con el resultado obtenido, si se modifica una o más variables?, la respuesta preliminar es que, en definitiva el resultado se vería modificado; es por ello que el análisis de sensibilidad cobra relevancia cuando mida estos cambios ocurridos. La riqueza del análisis de sensibilidad permite: conocer cuáles son las variables más críticas para el modelo, elaborar posibles escenarios y analizar determinados comportamientos, teniendo en consideración el uso de supuestos.

Si la solución óptima sólo es válida para las condiciones establecidas y estas pueden cambiar en el problema real, es preciso realizar un análisis post - optimal o análisis de sensibilidad. Este análisis informa de lo que ocurre con la solución óptima cuando varía los parámetros del modelo.

Se pueden dar los casos siguientes:

- a) Variaciones en los coeficientes de la función objetivo. Es el caso más habitual, ya que la función objetivo suele ser económica y eso se produce, por ejemplo cuando hay una modificación del precio.
- b) Cambios en los límites de las restricciones. Es el caso de cuando se produce una variación del límite de un recurso.

c) Modificaciones en los coeficientes técnicos. Sería por ejemplo el caso de cambio de técnica o rendimiento de un proceso, etc. Pero en muchas ocasiones en que se emplea la programación lineal no se dispone más que de una información aproximada de uno o varios coeficientes técnicos; si se consigue el valor exacto, lógicamente habrá que cambiar ese dato y obtener una nueva solución (v.gr.: en el cálculo de raciones muchas veces se usa el valor de las tablas de composición de los alimentos porque no se dispone de la composición real; si se realiza el análisis de algún producto, hay que modificarlo al objeto de conseguir una mejor aproximación) (Maroto et al. 1997, 34).

2.2.2 Componentes del modelo

El modelo de optimización, está constituido principalmente por la función objetivo y las restricciones que se deben cumplir para optimizar la función objetivo, en razón de ello, se describen ambos componentes del modelo, teniendo en consideración:

a) Función objetivo

La función objetivo, finalmente, es lo que se desea optimizar; en la investigación, responde a un caso de maximización de beneficios económicos que debe obtener el predio en estudio, para ello, se considera los costos que se incurre en el predio para producir leche, así como, las diferentes variables que intervienen en la producción lechera.

b) Restricciones

A la pregunta: ¿Qué determina una producción eficiente? La producción eficiente de leche es sólo parcialmente una consecuencia de la nutrición correcta. El manejo completo del ganado es importante. Evidente razones que pueden influir en un determinado rebaño, bajo un nivel establecido de habilidad empresarial, son las limitaciones genéticas, el nivel de alimentación y el equilibrio de los nutrientes de la ración (McCullough 1976, 138).

Existe un sin número de factores que afectan y modifican la producción y composición de la leche, entre ellos encontramos: factores genéticos, sanitarios, ambientales, de manejo y alimentarios; estos dos últimos, afectan en mayor porcentaje la producción láctea. En la cuenca lechera de Cajamarca, el factor alimentación es el más influyente en la productividad lechera (**Piedra 2010, 1**).

En razón de ello, se hace necesaria la comprensión de las diferentes variables o factores que intervienen en la producción lechera, para la presente investigación se ha considerado:

Alimentación

La alimentación es uno de los factores determinantes y de gran relevancia para la producción lechera puesto que, éstos cumplen con dos objetivos fundamentales para el organismo:

1° Proporcionar materiales para construir y desarrollar las estructuras corporales.

2° Para producir calor y energía.

Un *tercer* propósito, el de integrar diversos reguladores de las funciones orgánicas, se separa a menudo de las otras funciones.

Los nutrientes se extraen del alimento cuando tiene lugar la digestión y por la sangre se transporta hasta las células. Los nutrientes se necesitan en varias formas y cantidades para cumplir la mayoría de las funciones. Entre los nutrientes, la proteína y el calcio son, principalmente, materiales para construir y desarrollar las estructuras corporales, mientras que otros como el almidón, el azúcar, y la grasa producen, sobre todo, calor y energía (**Concellon 1978, 11-12**).

A continuación, en la tabla 6 se presenta la clasificación de los alimentos:

Tabla 6. Clasificación NRC de los Alimentos (Academia Nacional de Ciencias)

Item	Código y clase	Productos típicos
1	Forraje o pienso grosero seco	Heno, paja, cáscaras de semillas, forraje (parte aérea con espigas o vainas).
2	Forraje o pienso grosero	Pastizales, plantas de explotaciones extensivas, cosechas en el suelo, en verde.
3	Ensilados	Ensilados de cereales, ensilados de gramíneas pratenses.
4	Alimentos energéticos	Cereales y semillas, pobres o ricos en celulosa. Subproductos de molinería pobres en celulosa, frutos, frutos secos, raíces.
5	Suplementos protéicos	Subproductos animales, marinos, de las aves, vegetales.
6	Suplementos minerales	Elementos naturales o puros.
7	Suplementos vitamínicos	Sustancias naturales o puras.
8	Aditivos	Ambióticos, materias colorantes, productos olorosos, hormonas, medicamentos.

Fuente: (Flores Menéndez 1986, 33)

Según esta clasificación, los productos que contienen más de 18% de fibra bruta una vez secos se clasifican como alimentos groseros; los que presentan el 20% o más proteína como suplementos protéicos; los que contienen menos del 20% de proteína y menos del 18% de fibra bruta como alimentos energéticos **(Flores Menéndez 1986, 33)**.

La alimentación, cobra mayor importancia cuando se procede a realizar el balanceo de raciones, en razón de ello se tiene que el proceso de balancear una dieta tiene como objetivo lograr que cada vaca coma lo que necesita para mantener un crecimiento y reproducción óptimo y además producir leche sin afectar otras funciones vitales. El proceso se divide en dos: conocer los requerimientos nutricionales de las vacas y empatarlo con el conocimiento que se tiene de los ingredientes que se van a utilizar en la dieta. Por un lado la vaca tiene requerimientos de alimento (materia seca), energía, proteína, fibra, minerales, vitaminas y agua. Por otro lado, los alimentos ofrecen los mismos nutrientes, pero no existe ningún alimento que pueda proveer de los nutrientes exactos a cada animal durante todas las etapas de su vida. Es por esto que se requiere de mezclar

los diferentes alimentos, hasta encontrar una mezcla que provee los nutrientes mínimos, y de preferencia, a un buen costo (**Gutierrez y Häubi 2010, 159**).

Concentrados

Se puede producir leche sin piensos concentrados, pero el nivel de producción basado solamente en piensos ricos en fibra es limitado. Los términos concentrados, grano, mezcla de granos y pienso para el ganado lechero se usan indistintamente, y significan granos, semillas y sus subproductos para piensos. Comparados con los forrajes son pobres en fibras y ricos en energía. Asimismo, como regla, los concentrados son más ricos en fósforo y más pobres en calcio que los forrajes.

Se alimenta a la vaca con concentrados para que pueda usar más nutrientes de los piensos y, en consecuencia, se aproxime más a su capacidad máxima de producción de leche (**Etgen y Reaves 1989, 155**).

Materia fresca o forrajes

Según **Wattiaux M. (1999)**, manifiesta que en general, los forrajes son las partes vegetativas de las plantas gramíneas o leguminosas que contienen una alta proporción de fibra (más de 30% de fibra neutro detergente). Son requeridos en la dieta en una forma física tosca (partículas de más de 1 o 2 mm. de longitud).

Usualmente los forrajes se producen en la finca. Pueden ser pastoreados directamente, o cosechados y preservados como ensilaje o heno. Según la etapa de lactancia, pueden contribuir desde casi 100% (en vacas no-lactantes) a no menos de 30% (en vacas en la primera parte de lactancia) de la materia seca en la ración. Las características generales de forrajes son las siguientes:

* Volumen: El volumen limita cuanto puede comer la vaca. La ingestión de energía y la producción de leche pueden ser limitadas si hay demasiado forraje en la ración. Sin embargo, alimentos voluminosos son esenciales para estimular la rumiación y mantener la salud de la vaca.

- * Alta Fibra y Baja Energía: Forrajes pueden contener de 30 hasta 90% de fibra (fibra neutro detergente). En general, el más alto en contenido de fibra, más bajo el contenido de energía del forraje.
- * Contenido de proteína es variable: Según la madurez, las leguminosas pueden tener 15 a 23% de proteína cruda, gramíneas contienen 8 a 18% proteína cruda (según el nivel de fertilización con nitrógeno) y los residuos de cosechas pueden tener solo 3 a 4% de proteína cruda (paja).

Desde un punto de vista nutricional, los forrajes pueden variar entre alimentos muy buenos (pasto joven y succulento, leguminosas en su etapa vegetativa) a muy pobre (pajas y ramoneos).

Forrajes de alta calidad pueden constituir dos tercera partes de la materia seca en la ración de vacas, que comen 2.5 a 3% de su peso corporal como materia seca (ejemplo, una vaca de 600 kg. puede comer 15 a 18 kg. de materia seca en un forraje buena). Las vacas comen más de una leguminosa que un pasto en la misma etapa de madurez. Sin embargo, forrajes de buena calidad, alimentados en raciones balanceadas, suministran mucho de la proteína y energía necesarias para la producción de leche.

Las condiciones de suelos y clima típicamente determinan los tipos de forrajes más comunes en una región. Tanto pastos (raygrass, brome, bermuda, festuca y orchoro) y leguminosas (alfalfa, trébol, lespedeza) son ampliamente conocidos alrededor del mundo. Los pastos necesitan fertilizantes nitrogenados y condiciones adecuadas de humedad para crecer bien. Sin embargo, las leguminosas son más resistentes a la sequía y pueden agregar 200kg de nitrógeno /año/hectárea al suelo porque conviven asociados con bacteria que pueden convertir nitrógeno del aire a fertilizante nitrogenado.

El valor nutritivo de forrajes es altamente influido por la etapa de crecimiento cuando son cosechados o pastoreados. El crecimiento puede ser dividido en tres etapas sucesivas:

- * Etapa vegetativa.
- * Etapa de floración.
- * Etapa de formación de semillas.

Usualmente, el valor nutritivo de un forraje es más alto durante el crecimiento vegetativo y más bajo en la etapa de formación de semillas. Con la avanza de madurez, la concentración de proteína, energía, calcio, fósforo y materia seca digestible en la planta se reducen mientras la concentración de fibra aumenta. Mientras aumenta la fibra, aumenta el contenido de lignina, así haciendo los carbohidratos menos disponibles a los microbios del rumen. Como resultado, el valor energético del forraje se reduce.

Así, cuando los forrajes son producidos con el propósito de alimentar ganado, deben ser cosechados o pastoreados en una etapa joven. El maíz y el sorgo, cosechados para ensilaje son dos excepciones, porque a pesar que el valor nutritivo de las partes vegetativas de la planta (tallos y hojas), en la formación de semillas una cantidad alta de almidón digestible acumula en los granos.

El rendimiento máximo de materia seca digestible de una cosecha forrajera se obtiene:

- * En la etapa de bota durante la primera parte de madurez en el caso de gramíneas.
- * En la etapa de medio a madura botón para leguminosas.
- * Antes de que los granos son completamente indentados en el caso de maíz y sorgo.

Hay poco que se puede hacer para prevenir la pérdida de valor nutritivo de un forraje con el avance de su madurez. Por cada día de atraso de la cosecha después del momento óptimo de madurez, la producción lechera potencial de las vacas que come el forraje será penalizada. Sin embargo, hay varias estrategias que son disponibles para mantener la disponibilidad de forrajes con buen valor nutritivo:

- 1) Desarrollar una estrategia de pastoreo que corresponde al número de animales en los potreros y la tasa de crecimiento del pasto.
- 2) Sembrar una mezcla de pastos y leguminosas que tiene tasas diferentes de crecimiento y madurez durante la estación.
- 3) Cosechar en una etapa temprana de madurez y preservar como heno o ensilaje.
- 4) Alimentar los forrajes de menor calidad a las vacas secas o las vacas en las últimas etapas de lactancia y los forrajes buenos a las vacas iniciando su lactancia.

De no disponer la planta de todos los elementos nutritivos requeridos por la especie, la materia orgánica elaborada resultará deficiente, y esta deficiencia se transmitirá al animal que la consuma y, según sea su importancia, puede ser motivo de trastornos en su organismo, y causa de enfermedades tan difíciles de diagnosticar como de corregir.

La calidad biológica de las hierbas y de los forrajes en particular, depende de si la planta ha podido elaborar su materia orgánica sin dificultades, por haber encontrado en las fuentes naturales del suelo o aportados como fertilizantes todos los elementos necesarios para su desarrollo y elaboración de materia. De no ser así, su materia orgánica estará afectada de alguna carencia, y como una máquina que le falte un solo tornillo, puede ser motivo de accidente para el animal que lo consuma.

Al no tener todas las especies vegetales las mismas necesidades nutritivas, variables según la naturaleza y el contenido químico del suelo, las hierbas y forrajes tampoco contienen un mismo valor nutritivo como alimento para el animal. Además, este valor nutritivo aumenta o disminuye en las hierbas y forrajes según el estado de los mismos en el momento de ser cortados para ser consumidos en verde, henificados, deshidratados o ensilados (**Juscafresa 1980, 18**).

A continuación se describe los principales pastos utilizados para la alimentación del ganado, lo cuales son:

a. Trébol blanco: Es una planta permanente que crece en climas templados cálidos. Tiene buen gusto y un alto valor nutritivo. Crece mejor en lugares con lluvias relativamente altas y en suelos arcillosos. Como el trébol rojo, requiere de una buena fertilización. Se usa para pastoreo, henificación, como abono verde y control de la erosión.

b. Trébol rojo: Es una planta permanente o dura dos años. Se encuentra principalmente en regiones templadas. Crece bien en suelos arcillosos, fértiles, bien drenados y con alto contenido de calcio. También necesita de una buena fertilización. Se adapta para henificación, pastoreo y también como abono verde.

c. Avena forrajera: Es una gramínea que se cultiva principalmente para alimento de ganado mayor, como las vacas; y menor, como ovejas, cuyes y conejos. Se usa en forraje verde, henificada y en grano.

d. Rye grass

i. Rye grass italiano. Es una planta anual o bianual, de clima templado. Se adapta a diferentes tipos de suelos, pero mejor a los suelos fértiles. Produce un forraje de buena calidad para la henificación. Se puede cortar varias veces al año, siempre y cuando la fertilización sea adecuada.

ii. Rye grass perenne. Es una planta perenne de clima cálido, que crece lateral y después verticalmente. Se reproduce por semillas y se extiende en nudos que tocan el suelo. Crece mejor en suelos húmedos y sombreados.

e. Dactylis glomerata o pasto ovido: Es una planta perenne de clima templado y húmedo. Se propaga por semillas. Tiene rizomas cortos. Se adapta a diversos suelos y lugares sombreados. Tiene una alta producción forrajera para pastoreo, henificación y ensilaje.

f. Vicia: Es una planta anual o permanente de clima templado, con hojas finas que terminan en zarcillos largos y con muchas semillas ovoides de color oscuro. Se encuentra en las laderas bajas y medianas, entre los 2800 y los 3300 metros sobre el nivel del mar.

g. Chiriquegua, cebadilla: Es una planta derecha o ligeramente inclinada, que dura dos años o permanente. De vida corta, forma macollos no muy densos. Los tallos alcanzan hasta 70 centímetros de altura. Crece en las laderas bajas hasta la jalca. Su época de floración es la estación de lluvias (febrero a mayo). Este pasto es muy consumido por el ganado vacuno y ovino, y por animales menores. También se cosecha para forraje fresco y se asocia con pastos cultivados. Aparte del uso forrajero, se aprovecha en la medicina tradicional.

h. Paja hualte: Es una planta perenne de 15 a 25 centímetros de altura, con macollos densos y tallos sin nudos. Esta especie domina la jalca baja. Sus

macollos, no muy altos, dan el aspecto de pajonal más o menos denso. Está en floración durante todo el tiempo de lluvias (enero a mayo) (**Blanco, Malaver, Pezo 2003, 17-18**).

Materia seca

La materia seca está compuesta por los elementos nutritivos que el animal necesita para mantener el funcionamiento normal de su organismo, su producción y su reproducción; por tanto un mayor contenido de materia seca determina mayor porcentaje de nutrientes.

Para conocer la proporción de materia seca en un alimento se debe determinar su humedad; con tal fin puede emplearse diferentes métodos, los cuales expresan el contenido de materia seca y el de agua como porcentajes del peso total de la muestra (la suma de los datos siempre debe ser igual a 100%). Así, por ejemplo, si un forraje tiene 18% de materia seca su nivel de humedad será de 82% (**Agudelo Gonzáles 2001, 1**).

La cantidad de materia seca que puede ingerir un animal es limitada, de modo que para cubrir sus necesidades energéticas es necesario suministrarle una ración suficientemente concentrada.

La cantidad de materia seca que puede ingerir un animal es variable. Existen en esta cuestión factores que dependen del propio animal: el peso, el estado fisiológico (el apetito de la vaca es escaso al final de la gestación y durante el parto, aumentando regularmente en el curso del primer mes de lactación), diferencias individuales y otros factores relacionados con el alimento (**Besse 1986, 162 - 163**).

Índice de conversión

Se describe como los kilogramos de alimento requeridos para alcanzar un kilogramo de producto. La conversión es mejor mientras más baja sea, es decir, una conversión alimenticia de 2.0 es mejor que una de 2.2. La conversión alimenticia ideal para vacas lecheras en producción es de 3.0 (**Shimada Miyasaka 2003, 19**).

Peso del ganado

Aunque los animales mayores comen más que los animales más pequeños, existen otros factores que modifican la relación general entre tamaño corporal y consumo de pienso. Por ejemplo con pesos similares, las vacas con elevados rendimientos comen más pienso que las vacas con bajas rendimientos. En otras palabras comen más por unidad de peso vivo. Esto sugiere que las vacas comen para satisfacer sus demandas de energía. Los animales delgados tienden también a comer más por unidad de por peso vivo que los animales cebados. No existe evidencia de que los rumiantes coman buscando un determinado nutriente con la excepción del sodio.

Si existe un mecanismo (homeostático) a largo plazo que controle el consumo de pienso y el peso corporal, el mecanismo resulta impreciso cuando la vaca es capaz de ganar o perder cantidades considerables de peso corporal durante un plazo de tiempo relativamente corto, por ejemplo una lactación única (**Chamberlain y Wilkinson 2002, 62**).

Consumo de agua

Uno de los elementos determinantes en la producción lechera es el uso del agua, esto es por el alto porcentaje de composición de la leche. El agua posee diversas definiciones, las mismas que pueden ser realizadas desde los puntos de vista: económico, legal, cultural, etc; estas definiciones son:

- "El agua debería considerarse un recurso finito que tiene un valor económico del que se derivan consecuencias sociales y económicas considerables, como reflejo de la importancia que tiene satisfacer las necesidades básicas" (**IDEA-PUCP 1998, 360**)
- El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación (**La ley de Recursos Hídricos N° 29338**).
- Desde el punto de vista cultural, el agua es más que un recurso hídrico, es decir, puede ser visto el agua como: ser vivo, ser divino, base de la reciprocidad y

complementariedad, derecho universal y comunitario, expresión de flexibilidad y adaptabilidad, ser creador y transformador, y como recreación social (CONDESAN 2003, 2-3).

El agua es necesaria para el mantenimiento de los fluidos corporales y el balance iónico adecuado. Es vehículo de la digestión, absorción, el metabolismo y transporte de los nutrientes hacia y desde los tejidos. Participa en la eliminación por heces y evita el exceso de calor producido por el organismo, provee el entorno fluido para las heces, orina y saliva. Interviene en la regulación de la sudoración, la evaporación de la superficie corporal y la respiración.

Las vacas lecheras en su composición corporal tienen de 55 a 65 % de agua y sus requerimientos están en función de la actividad del animal, si está estabulado o en pastoreo, temperatura ambiente, humedad ambiente, frecuencia respiratoria, estado fisiológico, composición de la dieta, consumo de materia seca y nivel de producción. La leche contiene 87 % de agua, sin agua, no hay leche. La restricción de agua reduce la producción de leche (Lagger et al. 2000, 1).

El contenido en agua del organismo animal varía con la edad. Los animales recién nacidos contienen entre 750 y 800 g de agua por kg, que descienden hasta, aproximadamente, 500 g/kg en los animales adultos engrasados. Resulta esencial para la vida del organismo que se mantenga el nivel de agua en el cuerpo; la muerte de los animales se produce antes si carecen de agua que si carecen de alimentos. El agua funciona en el organismo como solvente en el que se transportan los nutrientes por todo el cuerpo y en el que se excretan los productos de desecho. La mayoría de las reacciones químicas en que intervienen las enzimas tienen lugar en solución y son procesos hidrolíticos. Debido al alto calor específico del agua, pueden tener lugar grandes cambios en la producción de calor en el animal, sin que se altere apreciablemente la temperatura corporal. Así mismo, el agua tiene un alto calor latente de evaporación, de modo que la evaporación a través de los pulmones y de la piel la permite intervenir en la regulación de la temperatura corporal.

Los animales obtienen agua de tres orígenes: agua de bebida, agua presente en los alimentos y agua metabólica, formándose esta última durante el metabolismo, al oxidarse los nutrientes orgánicos que contienen hidrógeno. El contenido de agua en los alimentos es muy variable, pudiendo oscilar entre 60 g/kg en los concentrados y más de 900 g/kg en algunas raíces. Debido a estas grandes variaciones en el contenido en agua, la composición de los alimentos suele expresarse sobre la materia seca, lo que permite realizar comparaciones válidas de los contenidos en nutrientes.

El contenido en agua de las plantas en crecimiento guarda relación con la fase de desarrollo, siendo mayor en las plantas jóvenes que en las maduras. En las zonas de clima templado no suele ser problema la obtención de agua de bebida, de modo que los animales la encuentran a libre disposición. No existen pruebas de que, en condiciones normales, el exceso en la ingestión de agua resulte perjudicial y normalmente los animales consumen la cantidad que desean (**McDonald et al. 2006, 2**).

El consumo de agua de la ganadería, del predio en estudio, siempre ha sido a través de fuentes o manantiales en condiciones naturales, pero las condiciones ha cambiado debido a la presencia minera, en razón de ello se debe considerar que: la mayoría de las aguas naturales están dentro de los límites de PH 6 a 9. El agua de algunos manantiales llega a tener un PH superior a 9, y como consecuencia de reacciones de oxidación del azufre puede tener un PH inferior a 6, por ejemplo el drenaje de las minas. Los niveles de 6 a 9 son aparentemente satisfactorios para el ganado vacuno (**National Research Council 1974**).

Ensilaje

El ensilado es el sistema de conservación de forrajes, subproductos agrícolas o industriales aptos para la alimentación del ganado, tubérculos, raíces y granos, mediante el aislamiento del oxígeno del aire, al introducir dichos alimentos en receptáculos o montones cuya principal condición es evitar el contacto con la atmósfera. Pueden emplearse en esta conservación distintos productos químicos a

título de conservadores o reguladores de determinadas fermentaciones, pero el hecho fundamental del ensilado es evitar el contacto con el oxígeno atmosférico con la masa a conservar (**Romagosa Vila 1982, 320**).

El ensilado se conserva gracias a las condiciones de acidez que se crean por el desdoblamiento de los azúcares solubles contenidos en el forraje, llevado a cabo por ciertos microorganismos. En muchos aspectos, la fermentación inicial del forraje se parece a la fermentación que tiene lugar en la panza de los rumiantes. Como quiera que el ácido no es eliminado del forraje, las bacterias lácticas tienden a predominar, ya que son capaces de sobrevivir a un pH muy bajo, deteniéndose por último todo el proceso cuando el pH desciende por debajo de 4.0 (**Ørskov 1990, 65**).

Composición proximal

Harris y Bachman (2003), indican que la nutrición de la vaca tiene un marcado efecto sobre la composición de la leche, en particular el contenido de grasa de la leche. El componente de los sólidos de la leche sin grasa, que consiste en proteínas, lactosa y minerales, también pueden variar con los cambios en la dieta pero en un grado menor que el contenido de grasa. Los factores específicos que han sido reportados a afectar la producción de leche sin grasa sólidos incluyen: 1) la nutrición, 2) la genética, 3) enfermedades, 4) la etapa de lactancia, 5) la temporada del año.

Proteína

Las proteínas son los constituyentes orgánicos indispensables de los organismos vivos, y conforman la clase de nutrimentos que se encuentran en la concentración más elevada de los tejidos musculares de los animales. Todas las células sintetizan las proteínas para mantener una parte de su ciclo vital o todo y sin la síntesis de las proteínas la vida no podría existir. Con la excepción de aquellos animales cuya flora microscópica intestinal puede sintetizar proteínas a partir de fuentes de N no proteicas, las proteínas o los aminoácidos que la conforman se deben administrar en la dieta para que se lleve a cabo un crecimiento normal, lo mismo que otras

funciones productivas. Todas las células contienen proteínas y el recambio celular se lleva a cabo en forma muy rápida en algunos tejidos, tales como las células epiteliales de los intestinos. El porcentaje de proteína que se necesita en la dieta es mucho más alto en los animales jóvenes en crecimiento, y disminuye en forma gradual al llegar a la edad adulta, cuando sólo se necesita una cantidad suficiente de proteína para mantener los tejidos corporales. Las funciones productivas, tales como la preñez y lactancia, aumentan las necesidades proteicas, debido al mayor consumo de proteínas en el embarazo y producción de leche, y a un aumento del índice metabólico (**Church, Pond, y Pond 2004, 75**).

Vacas productoras de leche que requieren grandes cantidades de energía metabolizable aminoácidos para la síntesis de proteínas de la leche. Es típico que las lactantes raciones que contienen proteína cruda entre 16 y 18% de su materia seca total. Las dietas con proteína cruda limitado puede comprometer el crecimiento microbiano y la fermentación en el rumen, que a menudo se refleja en la disminución de la ingesta de alimento y la producción de leche (**Santos 2010, 5**).

Grasa

La utilización de las grasas en las raciones de las vacas lecheras es un tema de actualidad por varias razones. La principal deriva de que la elevada productividad de estos animales impide a su apetito satisfacer la totalidad de las necesidades energéticas al comienzo de la lactación, lo que determina una pérdida de peso. Una pérdida excesiva de peso, que tiene lugar en la época de la siguiente cubrición, además de implicar una disminución de la eficacia global del alimento, determinan un incremento en el intervalo entre partos, ya que es más difícil que los animales queden cubiertos si están en un balance de energía negativo. Igualmente, muchos de los problemas típicos de las vacas muy productivas (hipocalcemia, cojera, acidosis, esterilidad y cetosis) están relacionados con un bajo aporte energético de la dieta o con las medidas convencionales que se toman para incrementarlo, como son la elevación de la ración concentrado/forraje o el incremento del porcentaje de cereales en el concentrado.

La utilización de grasa, en función de su elevado valor energético se contempla como una alternativa interesante para elevar la concentración energética en la ración. Hay una serie de factores que, en el caso de los rumiantes, y en particular de la vaca lechera, limitan la utilización de grasas en la ración y que se refieren particularmente a las características de su aparato digestivo (**Sanz Parejo 1990, 198**).

Energía.

El suministro insuficiente de elementos energéticos a los animales jóvenes provoca un retraso en el crecimiento y demora el comienzo de la pubertad. En el ganado lechero adulto produce la disminución del rendimiento lácteo y pérdidas de peso. Una severa y prolongada deficiencia de energía disminuye la función reproductora, mientras que la carencia de otros principios nutritivos tiene efectos más específicos.

Una alimentación que no alcance los niveles recomendados tendría como consecuencia índices de crecimiento inferiores a los considerados óptimos o una disminución en la producción láctea.

En gran medida, la utilización de la energía por el ganado lechero depende de la función del rumen y de la fermentación microbiana que tiene lugar en él. El grado y tipo de fermentación determinan la naturaleza y cantidad de los metabolitos que se asimilan procedentes del tracto digestivo (**Subcomisión para Ganado Vacuno Lechero 1982, 10-12**).

Minerales

Un aporte cualitativo y cuantitativo de minerales en la ración es esencial para mantener la salud de los animales y efficientizar su rendimiento productivo. Este es el rol que cumplen los minerales en la fermentación ruminal, y por ende en la utilización del alimento, haciendo más eficiente el aprovechamiento de los principales nutrientes, esto es hidratos de carbonos (estructurales y no estructurales) y proteínas.

Los rumiantes que no reciben alimentación con concentraciones minerales adecuadas, padecen desordenes nutricionales, pudiendo presentarse enfermedades graves y agudas, o alteraciones leves y transitorias, difíciles de diagnosticar con exactitud y que se manifiestan afectando principalmente el crecimiento y la performance productiva y reproductiva (**Hernández Vieyra 2004, 1**).

Los nutrientes minerales son los elementos sólidos, cristalinos, que no pueden ser descompuestos o sintetizados por reacciones químicas ordinarias. Con respecto a la nutrición del animal, los minerales dietéticamente esenciales son clasificados como mayores o macrominerales y traza o microminerales. Los minerales mayores están normalmente presentes en la carcasa de los animales a niveles superiores a 100 ppm. En este grupo se incluyen el calcio (Ca), cloro (Cl), magnesio (Mg), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na) y azufre (S). Los minerales traza usualmente están presentes en la carcasa a niveles inferiores a 100ppm. Integran este grupo el cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), flúor (F), hierro (Fe), iodo (I), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni), selenio (Se), sílice (Si) y cinc (Zn).

La función de los minerales proveer soporte estructural en la forma del esqueleto. La mayoría de los elementos minerales también están involucrados en reacciones bioquímicas complejas. Aquellos involucrados en actividades enzimáticas incluyen Ca, Mg, Fe, Co, Mn, Mo y Zn. El Fe es naturalmente constituyente esencial de la hemoglobina en la sangre y de la mioglobina en los tejidos musculares (**Church 1984, 33-34**).

Vitaminas

Las vitaminas se clasifican en liposolubles e hidrosolubles. Las vitaminas liposolubles incluyen a las A, D, E y K, mientras que los miembros del complejo B, C y otros, se clasifican como hidrosolubles.

Las vitaminas liposolubles se excretan principalmente en las heces via bilis, mientras que las vitaminas hidrosolubles se eliminan por la orina. Las vitaminas hidrosolubles son relativamente no tóxicas, pero un exceso de las vitaminas liposolubles A y D pueden producir serios problemas. Las vitaminas liposolubles

están compuestas sólo de carbono, hidrógeno y oxígeno, pero algunas de las vitaminas hidrosolubles también contienen nitrógeno, azufre o cobalto.

Los síntomas de una deficiencia de vitaminas liposolubles algunas veces se pueden relacionar con la función de éstas. Por ejemplo, la vitamina D se requiere para el metabolismo del calcio y su deficiencia produce anomalías óseas. Por otro lado, los indicios de deficiencia de las vitaminas B producen dermatitis, pelo maltratado, crecimiento pobre y reducción de la eficiencia alimentaria. Diversas deficiencias vitamínicas pueden producir acromotricia (pérdida del pigmento del pelo) y muchas pueden producir anemia, que es una deficiencia de la hemoglobina. El tipo de anemia puede variar de acuerdo con la deficiencia o la especie animal que la padezca. Como es de esperarse, también existen signos específicos de deficiencia, como la parálisis por desviación de los tarsos que produce la falta de riboflavina, pero aún en estos casos es difícil relacionar los síntomas con la función de las vitaminas.

Las vitaminas liposolubles se absorben por difusión pasiva a través de la fase lipídica de la membrana celular de la mucosa. La mayoría de las vitaminas B también se adsorben por difusión pasiva, pero algunas pueden adsorberse mediante un proceso activo especialmente cuando la dieta contiene niveles bajos de esta vitamina (**Maynard et al. 1989, 305**).

Fibra

Para determinar la fibra bruta químicamente, primero se trata la sustancia seca del alimento con un ácido o álcali diluidos, a fin de separar la proteína, carbohidratos y grasa. El residuo seco es entonces sometido a la acción de una alta temperatura, con lo que la fibra bruta se pierde por calcinación. Como su nombre indica, es la porción leñosa de las sustancias alimenticias y su valor nutritivo varía sobremanera según la especie del animal consumidor. La vaca puede aprovechar cuantías considerables, ya que desdobra en la panza la fibra bruta en sustancias más sencillas. En realidad, el normal funcionamiento de los procesos digestivos y metabólicos de la vaca depende de un determinado consumo mínimo de fibra.

En el caso de la vaca lechera, una escasa ingestión de fibra puede repercutir en la producción, ocasionando un descenso en el porcentaje de grasa. Por el contrario, una elevada proporción de fibra en la dieta impide el ingreso de la proteína y demás elementos necesarios para la síntesis de la leche, y por esta razón la vaca de alta producción no tolera raciones que contengan un exceso de fibra bruta (**Foot et al. 1972, 12**).

Manejo

Ordeño

El ordeño es importante porque si se realiza adecuadamente se puede lograr niveles de producción de leche adecuados y también resulta ser beneficioso para la salud de la vaca. La frecuencia del ordeño puede resultar variable, es decir, se puede practicar más de una vez al día; el ordeño puede ser realizado manualmente o mecánicamente, las cuales describimos a continuación:

En la *ordeña manual* es común sujetar al animal a un poste y fijar las patas traseras con una soga. Se usa un taburete para sentarse siempre del mismo lado de la vaca. Luego, se lava la ubre, y se seca con toalla desechable de papel. Para estimular el proceso, el ordeñador da masaje a la ubre para que la leche baje a la cisterna y pueda ser sacada. Luego el ordeñador agarra la teta con el pulgar y el dedo índice. En estos momentos la leche queda atrapada en la cisterna de la teta. Luego el ordeñador aprieta la teta suavemente hacia abajo y afuera, gradualmente aplicando presión sobre la teta con los demás dedos. Uno por uno los dedos se cierran, aplicando presión desde arriba hacia abajo. De esta manera la leche es expelida. Al abrir los dedos para dejar nuevamente entrar la leche en la cisterna de la teta, se mueve suavemente hacia arriba antes de aplicar presión nuevamente (**Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria et al. 1988, 99**).

El *ordeño mecánico*, en la práctica y en cualquiera de sus múltiples vertientes siempre debe tener el mismo objetivo final: obtener, a través de la realización de una serie de adecuadas prácticas repetitivas (las denominadas rutinas) y con la ayuda de una máquina (más o menos sofisticada), la mayor cantidad de leche,

técnica y económicamente posible, sin dañar, en ningún momento, a parte alguna de la vaca (es decir, respetando en todo momento sus realidades anatómicas y fisiológicas), y de la máxima calidad que técnicamente sea posible (y no se olvide aquí que la leche alcanza su máxima calidad cuando sale por el esfínter del pezón de la glándula mamaria de la vaca) **(Buxadé Carbó et al. 2002, 34-35)**.

¿Cuándo ordeñar?

Cuando la vaca está siendo ordeñada más de dos veces al día, las horas pueden ser, 6 A.M. y 5 P.M., o tal vez 10 A.M. y 11 P.M. Pero no 6 y 5 un día y a las 10 A.M., al siguiente. Elija su horario que crea más conveniente y trate de seguirlo lo mejor posible, tomando en cuenta que si le falla de vez en cuando con una o dos horas de diferencia no matará la vaca, pero tampoco la ayudará en su producción de leche. Este trabajo llevado dos veces al día durante los 300 días no es una ley inalterable decretada por un juez. Lo importante para la salud y el bienestar de la vaca es que tenga un horario regular **(Van Loon 1984, 167)**.

Genética

El mejoramiento de la raza pura tiene como objetivo final la optimización de los caracteres deseables en una raza, valiéndose de la selección intensiva.

La consanguineidad o cruce de animales con cierto grado de parentesco, conduce a homogeneizar ciertas características, pero su punto débil radica en que se homogeneiza tanto carácter deseable como indeseable. Es por esto que la selección debe ser más cuidadosa en este sistema, ya que a mayor grado de parentesco puede disminuir el vigor de los animales y sus virtudes productoras.

El sistema de cruce entre razas, tiene por finalidad concentrar características deseables de dos razas (del mismo o diferente propósito), para el logro de ciertas virtudes en los animales cruzados, por ejemplo: las cruces entre las razas lecheras (holandesas y suizas) con razas cebuinas (Gyr, Guzerat, Brahman Indobrasil), para producir leche en el trópico.

El fin de estas cruzas es múltiple pues se pretende mejorar la productividad de las mestizas, concentrando en forma simultánea las características lecheras de la raza Holstein y suiza así como la rusticidad y resistencia al calor de las razas cebuinas **(Gasque Gomez 1987, 41 - 42).**

Encaste

Es el proceso por el cual, mediante cruzamientos sucesivos, con machos de razas puras, se consiguen reemplazar los genes de un hato o de una población de animales comunes, para el cabo de varias generaciones de cruzamientos, obtener ejemplares semejantes a los de las razas puras.

Este sistema es también conocido con el nombre de: Grading up, y al producto final de los cruzamientos, se los denomina puro por cruce o “grades” **(Flores Samanez 1991, 64 - 65).**

Pedigree

Un pedigree describiendo a los ancestros de un animal puede ser de gran utilidad para seleccionar al ganado lechero. Los criadores de ganado puro lechero estudian con cuidado los pedigrees de cada uno de los animales antes de incorporarlos a los hatos. Sólo un porcentaje pequeño de todo el ganado lechero son puros, y los pedigrees de los animales de grado, por lo general, no se obtienen. Como resultado, no siempre es posible tener una copia del pedigree para la selección del hato de parte del ganado reemplazado.

Cuando el animal bajo factores de consideración es de raza pura, el dueño, por lo general dispone para el comprador de un pedigree registrado por la asociación de la raza describiendo a sus antepasados del animal. El pedigree contiene también un resumen de las marcas oficiales de producción realizadas por el animal involucrado. Algunas veces el pedigree provee de información de varias generaciones ancestrales, a tal pedigree se le llama pedigree extenso **(Bundy, Christensen y Diggins 1988, 109).**

Sanidad

La enfermedad es una desviación adversa de la normalidad. Es una equivocación buscar una sola causa de la enfermedad, pues normalmente han contribuido dos o más factores; por ello es lógico que haya más de un medio para prevenirla o curarla. Pasteur transformó la medicina al descubrir el papel jugado por las bacterias de la enfermedad, pero no cometió el error, de atribuir a las bacterias y otros microorganismos toda la responsabilidad de este trastorno. La invasión del organismo por bacterias, virus o parásitos puede, realmente, provocar una enfermedad, pero ello no es necesariamente fatal; la invasión puede no ser seguida de trastornos patológicos. En ocasiones el medio ambiente es muy importante, ya sea como una causa real o como un factor decisivo de la gravedad de una afectación. Otros factores que pueden causar la enfermedad son: la falta de algún elemento esencial en la alimentación, nutrición no equilibrada o claramente deficiente, tóxicos, heridas o carencia funcional.

La enfermedad puede ser un defecto estructural o funcional. El defecto estructural es evidente cuando se rompe un hueso o cuando revienta un absceso. Un defecto funcional significa que el miembro está aparentemente normal, pero no está realizando la función que le es propia: la parálisis de un músculo, que produce la cojera en un miembro o un espasmo de otro músculo que causa una severa flexión en una articulación (**Parker 1981, 125-126**).

Las enfermedades más comunes en la vaca lechera son:

i. Mastitis

Es la inflamación de la ubre, puede ser causada por una gran variedad de diferentes bacterias y gérmenes. La leche cuajada casi siempre es el primer signo.

Todos los suelos del establo son reservorios de la infección. Los gérmenes de la mastitis están presentes en la superficie de la piel de la ubre y de los pezones; de hecho, uno de los gérmenes implicados, el *Staphylococcus*, se multiplica y crece en ese lugar. En el interior de la ubre ya están presentes muchos más gérmenes

que están esperando su oportunidad para multiplicarse y causar la mastitis. Estos microbios consiguen esta posibilidad cuando se daña de alguna manera el tejido de la ubre. Otra fuente de infección podría ser la suciedad del revestimiento de las pezoneras. Acumulan grasa de la piel y de la leche desecada, que son un medio adecuado para albergar los gérmenes en las grietas invisibles de la goma. Los elementos que predisponen a los problemas de la mastitis son:

a. Alimentación: Los piensos tratados al vapor suministrados antes del parto producen una congestión y edema de la ubre y con ello el delicado tejido de esta parte del organismo se vuelve más susceptible a la infección.

b. Alojamiento: Los pisos fríos, húmedos y sucios, con poca o ninguna cama, disminuyen la resistencia de la ubre. El inadecuado espacio entre las vacas puede causar trastornos con el consiguiente machacamiento de los pezones. Los agujeros en la pared, ventanas rotas y puertas mal ajustadas muchas veces provocan corrientes de aire que afectan directamente las ubres, dañándolas de la misma forma que cuando el piso está sucio y húmedo.

c. Ordeño: La leche desciende un minuto después de que la vaca siente que va ser ordeñada, y sigue fluyendo por lo menos mientras hay leche en la ubre, aproximadamente durante un máximo de siete minutos. Durante el ordeño practicado por personas inexpertas, si las unidades se colocan demasiado rápidamente (esto es en un minuto), las pezoneras tiran del delicado tejido que recubre la cisterna de la leche y lo daña y magulla, lesionando al mismo tiempo las paredes de los pezones (**Price 1977, 107-109**).

ii. Fasciola

Las fasciolas hepáticas pertenecen al grupo de los helmintos planos. Parasitan en los conductos biliares del hígado. Ello comporta daños en el propio tejido del hígado y alteraciones en los conductos biliares.

El desarrollo del gran dístomo hepático (fasciola hepática) necesita del molusco de agua dulce (*Limnaea trunculada*), de aproximadamente 0.8 cm. Este huésped intermedio que comúnmente se designa como “caracol de la fasciola hepática”,

vive en las zonas vedeadas de las orillas de ríos y arroyos, en aguas estancadas o en lento movimiento. Este caracol es muy resistente a los periodos secos, como los que se pueden producir, p.ej., en veranos calurosos. Sobrevive también a una sequía de varios meses de duración enterrándose en el fango húmedo.

Sin embargo, este caracol es sensible al frío, hasta el punto que hasta el 95% de la población muere en invierno. Como consecuencia a esta sensibilidad al frío, se ve muy pocos caracoles de la fasciola, especialmente después de los inviernos crudos.

En el desarrollo del dístomo hepático, hay que distinguir entre dos secciones: desarrollo del medio ambiente exterior y en el huésped intermedio y desarrollo dentro del vacuno.

Los vacunos ingieren las larvas encapsuladas con la hierba o el heno. Dentro del intestino delgado se disuelve la cápsula. Las larvas caudales atraviesan la pared intestinal, pasan a la cavidad abdominal y, desde allí, al hígado. Penetran en él, para lo cual perforan la cápsula hepática (**Schrag 1991, 46-47**).

iii. Pedera

Las cojeras, pueden ocasionar importantes pérdidas económicas en la producción de animales de granja. Las infecciones bacterianas se suelen limitar a los tejidos de pies y manos. Entre las bacterias que afectan a la piel y al tejido corneo de los dedos de los animales de la granja se encuentran *Fusobacterim necrophorum* (**Quinn et al. 2008, 593**).

iv. Coccidiosis

En sentido amplio, deben incluirse entre las coccidiosis todos los parasitismos causados por miembros de la sub clase Coccidia, es decir, *Eimeria*, *Isospora*, *Cryptosporidium*, *Toxoplasma*, *Sarcocystis*, *Neospora*, *Hammondia*, *Besnoitia* y *Frenkelia* spp, aunque se han venido denominando coccidiosis solamente la paraitosis debidas a eimerias.

Es una infección intestinal producida por *Eimeria* spp (Eimeriina, Elimeriidae), que afecta principalmente a animales jóvenes y cursa con diarrea, a veces sanguinolenta, y deshidratación. Sólo excepcionalmente se presentan brotes clínicos, pero siempre origina descensos de las producciones. Está asociada a sistemas intensivos de explotación. Es una parasitosis cosmopolita.

Las coccidiosis bovinas se presentan principalmente en animales jóvenes, de 3 semanas a 6 meses de edad. Los adultos generalmente se comportan como portadores asintomáticos.

Los bovinos se infectan al ingerir ooquistes con el alimento o agua. La gravedad de la enfermedad dependerá del número de ooquistes ingeridos. Si son pocos no presentarán signos clínicos y las infecciones reiteradas originaran inmunidad sin enfermedad. La ingestión de gran cantidad de ooquistes puede causar enfermedad y muerte, incluso en animales adultos (**Cordero Del Campillo et al. 1999, 195 - 198**).

Un aspecto muy importante son los programas sanitarios que están orientados en la prevención de las enfermedades parasitarias, infecciosas, etc; las mismas que repercuten a nivel del bienestar del ganado y por ende en su producción.

Teniendo en consideración desde el punto de vista de los programas de control sanitario y de campo, la desinfección representa también una manera de limitar la transmisión de enfermedades animales. Por sí solo, el uso de desinfectantes no puede eliminar una infección si las poblaciones sensibles se ponen continuamente en contacto con animales portadores de agentes patógenos. Ello exige que las autoridades de control deban de examinar cada paso de la compleja red epidemiológica, o lo que es lo mismo, seguir la evolución de los agentes de enfermedad, desde los reservorios hasta los nuevos hospedadores sensibles (**Rodríguez Ferri 1999**).

Vacunas

Una vacuna es un inmunógeno no patógeno que, al inocularse al huésped, origina inmunidad protectora contra un patógeno específico (**Stites, Terr, y Parlow 2000, 87**).

Hay que respetar la edad mínima de vacunación, es decir, la edad en que puede recibir la vacuna la especie animal de que se trate. Los animales vacunados demasiado pronto pueden no desarrollar una protección vacunal suficiente, debido a interferencias con anticuerpos maternos preexistentes. Algunas vacunas vivas pueden contar todavía con una virulencia residual demasiado alta para animales jóvenes. Es importante establecer un plan de vacunación, en el que se expresen los intervalos de tiempo que deban transcurrir entre las inoculaciones de la inmunización básica y las revacunaciones o dosis de recuerdo, todo ello para conseguir una sólida inmunidad. Para asegurar una protección vacunal duradera, es necesario realizar las revacunaciones. Cada inoculación inicial crea una inmunidad suficiente sólo durante un tiempo determinado. Repitiendo las inoculaciones, se consigue una protección vacunal permanente (**Brunner et al. 2002, 8**).

Reproducción

Edad – Pubertad

En la hembra, la pubertad es mucho más claramente definida que en el macho. La pubertad de la hembra se define de la misma forma, es decir, como la edad en la que es factible la concepción, física y fisiológicamente.

Una de las razones por las que la pubertad es muy importante en la hembra, es que marca el inicio de la vida reproductiva del animal, y mientras más pronto comience, más descendiente producirá a lo largo de su vida. Esto significa que una vaquilla criada para que tenga su primer becerro a los 2 años de edad, tendrá uno más que las vaquillas que paren hasta los 3 años de edad.

Una vaquilla puede llegar a la pubertad, a la edad de 11 meses o tener un rango de 7 a 18 meses, para lo cual requiere un peso de 300 (661) kg o un rango de 200 (441) 450 (992) (**Sorensen 1982, 241 - 242**).

Estado de gestación

La gestación es el periodo que se inicia con la fertilización y termina con el parto; en la vaca dura en promedio 281 días, pudiendo variar de acuerdo a la raza. La duración de la gestación para la Brown Swiss es de 290 días, Guernsey es de 283 días, la Hosltein es de 297 días, Jersey es de 279 días y Ayrshire es de 278 días.

La vaca que ha quedado preñada, presenta ciertos cambios en su cuerpo y comportamiento que evidencian su nuevo estado fisiológico. El diagnóstico de preñez por medio de la palpación rectal, es el método más práctico del cual disponen los ganaderos.

La mayoría de las vacas que conciben, no deben presentar celo aproximadamente 21 días después del servicio; pero siempre es necesario un diagnóstico definitivo que nos permita detectar preñadas y no preñadas.

La primera palpación rectal se debe hacer entre los 35 a 42 días después del servicio; las vacas detectadas preñadas, se deben palpar por segunda vez a los 60 días después del servicio, pues algunas de ella pudieron haber presentado muerte embrionaria (**Centro de Estudios Agropecuarios 2001, 33**).

Duración de lactancia

La duración de la lactación se computa normalmente de 305 días, pero puede considerarse también de 365 días, según las granjas o países. Hay que tener en cuenta que la cantidad de leche aumenta durante el primer mes; se mantiene durante el segundo a un nivel máximo, para descender algo a partir del tercer mes; la disminución es paulatina durante el resto periodo, quedando a veces estacionada en el quinto mes. Algunas vacas, de todos modos, mantienen su más alto rendimiento

hasta el cuarto y sexto mes después del parto. La “persistencia” de un nivel alto y prolongado de la lactación es, asimismo, una cualidad genética.

Aunque algunos técnicos y ganaderos consideran que rinden más las vacas que paren a intervalos de 400 días o de 14 meses; que la lactación dure 10 meses, y que el periodo seco sea de dos meses, con lo que las vacas tendrían un parto por año y el rendimiento lácteo será el considerado como tipo.

Naturalmente esto tiene su importancia económica, ya que si la producción de una vaca es muy grande posiblemente convenga alargar un poco más su lactación (365 días), pero si es sólo regular o normal conviene, desde luego, que no dure más de los 10 meses (305 días), pues su prolongación resultará antieconómica, por reducir la producción de terneros y el tiempo vital productivo (**Torrent Mollevi 1980, 44**).

Medidas de la eficacia reproductiva

i. Servicios por concepción

Se determina con base a un hato al dividir los servicios totales entre el número de embarazos. Los servicios por concepción tienen poco valor en grandes poblaciones de animales, pero son una medida válida para un solo hato o una hembra en particular. Cuando se toma en un hato, las hembras estériles no identificadas darán un cálculo menos significativo.

ii. Tasa de partos

Se calcula al dividir el número total de vacas cruzadas entre el número de vacas que paren. También se expresa como el porcentaje de nacimientos.

iii. Índice de vacas no repetidoras

Con la llegada de la IA se reconoció la gran necesidad de encontrar una forma de evaluar los niveles de fertilidad de un semen en el menor tiempo posible (**Bearden y Fuquay 1995, 213**).

Composición de la leche

La leche es una compleja mezcla de sustancias, la cual se compone, según se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 7. Composición de la leche de diferentes especies (por cada 100 gr)

NUTRIENTE (Gr)	VACA	BUFALA	MUJER
Agua	88	84	87.5
Energía (Kcal)	61	97	7.0
Proteína	3.2	3.7	1.0
Grasa	3.4	6.9	4.4
Lactosa	4.7	5.2	6.9
Minerales	0.72	0.79	0.20

Fuente: http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/prod_lechera/GA000002pr.htm

Químicamente, la leche es una mezcla compleja de grasas, proteínas, carbohidratos, minerales, vitaminas y diversos ingredientes, dispersos en agua.

Grasas

De todos los componentes de la leche, el porcentaje de grasa es el más variable. Si bien el contenido medio de grasa de la leche de una vaca no suele variar mucho de un año a otro, puede variar notablemente de un ordeño a otro, frecuentemente sin causa que la justifique. En general, cuando el rendimiento de leche sube o baja de un modo notable, el porcentaje de grasa suele variar en sentido inverso.

La riqueza de la leche en grasa puede variar algo con el periodo de la lactación y aumenta gradualmente a partir del segundo mes. También influye en ella la temperatura y la estación del año, el tiempo que medie entre los ordeños, la edad y algunos otros factores. En circunstancias normales, la leche extraída de la ubre al principio del ordeño es muy pobre en grasa, y cada porción sucesiva va aumentando en riqueza.

La naturaleza de la grasa puede modificarse notablemente con los alimentos que compongan la ración (**Morrison 1977, 434**).

Sólidos no grasos

i. Proteínas

Los animales sólo pueden sintetizar proteínas sólo a partir de las proteínas mismas o de los aminoácidos que consumen en sus alimentos. La leche tiene un valor biológico elevado, ya que se trata de una fuente excelente de aminoácidos esenciales. En los rumiantes, las proteínas las pueden sintetizar las bacterias del rumen.

La leche contiene cuatro tipos de proteínas:

* La *caseína* constituyen cerca del 80% de las proteínas totales de la leche y es única por cuanto se encuentra en este alimento. Además de los aminoácidos, la caseína contiene también fósforo y se halla en la leche como sal de calcio que se conoce como caseinato de calcio.

* La α - *lactalbúmina* y la β - *lactoglobulina* difieren de la caseína en que contienen cisteína, un aminoácido sulfurado, y el aminoácido triptofán en lugar de fósforo. Aun cuando son un componente proteínico menor de la leche, son importantes desde el punto de vista nutritivo, puesto que complementan las cualidades de la caseína.

ii. Lactosa

La leche es la única fuente del carbohidrato principal, la lactosa. La glándula mamaria es la única que pueden sintetizar este azúcar, que consiste en dos azúcares simples: glucosa y lactosa. La lactosa se halla en solución verdadera en la leche; así, afecta el punto de congelación, el de ebullición y la presión osmótica de la leche. La lactosa es seis veces menos dulce que la sacarosa.

iii. Minerales

La leche es una fuente excelente tanto de calcio como de fósforo, que son minerales importantes y necesarios para aumentar el crecimiento del esqueleto. La leche es una fuente pobre de hierro y cobre. Sin embargo, resulta conveniente que la leche tenga bajo contenido de hierro, ya que este elemento destruiría ciertas vitaminas. Además, la presencia del hierro en grandes cantidades puede causar la oxidación de la leche, dándole un sabor desagradable (**Bath et al. 1982, 8-9**).

Tiempo de lactación

La mayoría de los becerros del ganado lechero se destetan poco después del nacimiento (inmediatamente o dentro de los 3 días siguiente). Esto significa que hay que entrenar al becerro para beber leche de cubeta, palangana o mamila o para comer grano lo más pronto posible después del destete. Con el método correcto y un manejo suave, este trabajo se realiza con facilidad y sin provocar tensión al animal (**Battaglia y Mayrose 1989, 230**).

Fertilización del suelo

Brack y Mendiola (s.f.) manifiestan que, las plantas para crecer necesitan de nutrientes en proporciones variables para completar su ciclo de vida y para su nutrición. En las plantas se han encontrado unos 50 elementos, pero sólo 16 han sido determinados como esenciales. Para que un suelo produzca adecuadamente un cultivo debe abastecer a la planta de los nutrientes en cantidad necesaria y en un balance proporcional con los otros elementos. En los ambientes naturales las plantas se adaptan a las condiciones de nutrientes y las diversas formaciones vegetales tienen que ver con la disponibilidad de los mismos. En cambio, en la agricultura moderna se deben emplear técnicas de aporte de nutrientes para garantizar buenas cosechas.

Cada tipo de nutriente ejerce una función en la planta y su deficiencia es detectable, a veces a simple vista.

El nitrógeno da color verde oscuro a las plantas, y favorece el desarrollo vegetativo y la succulencia. Forma parte del protoplasma celular y constituye las proteínas, la clorofila, los nucleótidos, los alcaloides, las enzimas, las hormonas y las vitaminas. Es absorbido en forma de iones de amonio y nitrato. Interactúa con el fósforo, el potasio y el calcio. El fósforo fomenta la formación de raíces, y estimula la floración y la formación de la semilla. Forma parte de la célula, de los nucleótidos, de las lecitinas y de las enzimas. El potasio da resistencia a las enfermedades, a las heladas y a la falta de agua. Participa en la fotosíntesis, en la producción de carbohidratos (azúcar, almidón), en el desarrollo de tubérculos y raíces, en la síntesis y activación de proteínas.

El calcio es componente de la pared celular y juega un rol importante en la estructura, la permeabilidad de la membrana celular y en la selectividad de la absorción. Es importante, también, porque promueve la descomposición de la materia orgánica y neutraliza los ácidos, mejorando la estructura del suelo. El magnesio es parte de la clorofila. Las plantas con deficiencia manifiestan clorosis, o sea, amarillamiento de las hojas. Es activador de enzimas y favorece la formación de azúcares. El azufre es parte de las proteínas y de las enzimas. Promueve la formación de nódulos en las raíces de las leguminosas. El boro tiene una función importante en la translocación de los azúcares y en el metabolismo de los carbohidratos.

El cloro es activador de la producción de oxígeno en la fotosíntesis. El cobre participa en la regulación de la actividad respiratoria mediante la catálisis de las enzimas oxidantes y de reducción. El fierro participa en la fotosíntesis. El manganeso, cuando es deficiente, produce clorosis, porque está relacionado con los procesos de fotosíntesis. El molibdeno está asociado al metabolismo del nitrógeno. El zinc participa en reacciones enzimáticas.

Abono orgánico

Todas las fuentes disponibles de los nutrientes deberían ser utilizadas, por ejemplo excrementos de vaca, de cerdos, de pollos, desperdicios vegetales, paja, estiba de maíz y otros materiales orgánicos. Sin embargo, éstos deberían ser convertidos en abono y ser descompuestos antes de su aplicación en el suelo.

El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales. La combinación de abono orgánico / materia orgánica y fertilizantes minerales (Sistema Integrado de Nutrición de las Plantas, SINP) ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico / la materia orgánica mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan.

No obstante, el abono orgánico / la materia orgánica por sí solo no es suficiente (y a menudo no es disponible en grandes cantidades) para lograr el nivel de producción que el agricultor desea (**FAO 2002, 5**).

Abono químico

Leonard, David (1981) manifiesta, que los abonos químicos (también llamados "comerciales o inorgánicos") contienen una concentración mucho más alta de nutrimentos que el estiércol o las coberturas vegetales del suelo, pero no tienen las capacidades de mejoramiento del suelo de éstos.

Pocos agricultores tienen suficiente abono orgánico para cubrir adecuadamente más de una porción pequeña de sus terrenos, y por eso los abonos químicos frecuentemente son un ingrediente clave para el mejoramiento rápido de los rendimientos. A pesar de su costo constantemente en aumento, todavía producen ganancias si se usan correctamente.

Para la aplicación al suelo, la forma más frecuentemente usada son los granulados. Por lo general contienen uno o más de los "Tres Mayores Nutrimentos" (N, P, K), cantidades variables del azufre y del calcio (como portadores), y muy pequeñas o ningunas cantidades de los micro-nutrimentos.

Los abonos pueden ser mezclas mecánicas simples de dos o más abonos o una combinación química con cada gránulo idéntico en su contenido de nutrimentos.

Factores climáticos

Los dos factores principales del clima, que perjudican toda actividad agropecuaria del hombre son la temperatura y la humedad. Ambos factores varían fuertemente en el ámbito andino, creando un mosaico de condiciones muy variadas para el desarrollo de la vegetación natural y la agricultura (**Becker, Terrones, Tapia 1989, 2**).

Los elementos térmicos del ambiente que son de importancia directa en la adaptación al calor y al frío son: *temperatura, humedad, movimiento del aire y radiación solar*. Existen también otros factores indirectos, tales como pluviosidad y luz; sin embargo, como ocurre con la altitud, que influencia la temperatura, estos factores indirectos juegan un papel muy importante en la distribución y estratificación del ganado en el mundo.

Cuando existe una diferencia de temperatura entre el animal y su ambiente, tiene lugar un flujo calórico, que de acuerdo con las leyes de la física tienden a igualar ambas temperaturas. Esto es lo que constituye el intercambio térmico y que tiene lugar por medio de los procesos de radiación, convección y conducción. Por tanto, el animal puede ganar o perder calor de acuerdo con estos procesos, según que la temperatura ambiental sea más alta o más baja que la del animal. Pero el animal también puede perder calor, independientemente de la temperatura ambiental, por evaporación en las superficies húmedas, tales como la piel después de la sudoración, la lengua al jadear, etc. La eficiencia de la evaporación está condicionada por la baja humedad ambiental y rápido movimiento al aire (**Yeates 1967, 100**).

Temperatura

Es el elemento más importante que limita el tipo de animal que puede criarse en una región determinada.

El confort y normal funcionamiento de los procesos fisiológicos del animal dependen del aire que rodea su cuerpo. El calor se pierde por mecanismos físicos desde la piel caliente hacia el aire más fresco que la rodea. Si la temperatura del aire es superior al rango de confort, disminuye la pérdida de calor y si aumenta por encima de la temperatura de la piel, el calor fluirá en dirección inversa.

Cuando la temperatura del aire es baja, el calor procedente del cuerpo del animal fluirá hacia el exterior hasta provocar falta de confort y reducir la eficiencia productiva. No obstante, si el animal dispone de suficiente alimento, puede mantener su temperatura corporal en magnitudes compatibles con la vida.

Las altas temperaturas son, per se, un grave problema para la producción animal. Además del calor procedente de la atmósfera, el organismo animal puede calentarse o enfriarse por la temperatura de los objetos que le rodean. En este sentido, la fuente más importante de calor es el suelo. La velocidad, dirección y origen del viento, como asimismo la altitud, también influyen sobre la temperatura prevalente **(Bavera y Béguet 2003, 2)**.

Los procesos fisiológicos en las vacas (como todos los mamíferos) requieren, dentro de unos límites, una temperatura corporal relativamente constante. Ello se debe a su condición de animales homeotermos. Dado que la temperatura del ambiente que rodea al animal es variable, las vacas deben poner en funcionamiento una diversidad de mecanismos de adaptación a esa variabilidad térmica, fundamentalmente modificando aspectos etológicos (comportamiento) y fisiológicos.

Cada especie animal posee una temperatura ambiental óptima. Esta temperatura es la que exige el mínimo gasto energético para mantener la temperatura del organismo dentro de los límites normales. Para que las tres funciones orgánicas principales (mantenimiento, crecimiento y producción) sean posibles en un nivel óptimo, el animal debe encontrarse expuesto a una temperatura ambiental incluida

en el intervalo termoneutro o zona de confort térmico. Este intervalo está limitado por la temperatura crítica superior y por la temperatura crítica inferior, cuyos valores dependen de factores ambientales y productivos.

En la siguiente tabla se evidencia que, los rumiantes adultos son mucho más tolerantes al frío que al calor (Callejo Ramos 2009, 242 - 247).

Tabla 8. Temperaturas críticas en ganado vacuno según condiciones ambientales

Tipos de Ganado	Temperaturas Críticas (°C)							
	TCI				TCS			
	Pelo seco. Con viento		Pelo mojado. Con viento		Pelo seco. Con viento		Pelo mojado. Con viento	
	En pie	Acostado	En pie	Acostado	HR alta	HR baja	HR alta	HR baja
Terneros nacimiento	+5	+10	+10	+15	+20	+22	+25	+28
Terneros 8 - 20 días	-5	0	+5	+10	+22	+25	+28	+30
Terneros > 20 días	-12	-5	0	+5	+25	+28	+30	+35
Cebo GMD baja	-20	-9	-1	+3	+28	+30	+35	+40
Cebo GMD alta	-25	-15	-3	0	+25	+28	+30	+35
Vaca lecheras	-20	-10	-2	0	+25	+28	+30	+35
Vacas de carne en lactación	-20	-12	-5	-2	+28	+30	+35	+40

Fuente: (López Pardo 1987).

Humedad

Es el aire seco como el aire del que se han eliminado el vapor de agua y los “añadidos” contaminantes (gases, polvo) que, aunque importantes a efectos sanitarios, son irrelevantes a efectos de cálculo por su baja concentración.

El aire que existe en la naturaleza contiene vapor de agua en una proporción variable, entre 0 y un valor máximo que depende de la presión de saturación que, a su vez, es función de la temperatura. El aire atmosférico es, pues, aire húmedo.

El fluido que nos interesa en el control ambiental de los alojamientos ganaderos, en general, y de vacas de leche en particular, es el aire húmedo. En definitiva, podemos considerar el control ambiental como una aplicación de la termodinámica del aire húmedo (**Callejo Ramos 2009, 249**).

La producción diaria y la composición de la leche se ven afectadas por muchos factores, que pueden dividirse en dos grandes grupos: fisiológicos y ambientales. Los factores fisiológicos dependen en gran parte del caudal genético del animal, así como de factores no hereditarios tales como la edad, número de lactaciones previas y gestación.

Tanto el rendimiento de leche como porcentajes de su composición varían considerablemente de un día a otro. En general, la variación diaria del rendimiento lechero depende de la evacuación total de la leche de la ubre. Las variaciones originadas por enfermedades, desnutrición, vacas que rechazan el alimento y otros factores relacionados suelen ser de mayor duración que las determinadas por una evacuación incompleta de la leche de la ubre, por el celo o por las excitaciones. Los descensos de rendimiento lechero que persisten durante varios días suelen ir acompañados por una producción de grasa más elevada, ya que existe una relación inversa general entre el rendimiento lechero y el contenido en grasa.

Es bien sabido que las vacas producen más leche al ser más viejas. Una novilla de primer parto con 24 meses de edad produce el 75% aproximadamente de la leche producida por una vaca adulta. Las cifras medias para vacas de 3 años señalan una producción aproximada del 85% de la leche producida por una vaca adulta; las cifras para vacas de 4 y de 5 años son el 92% y 98%, respectivamente. Las vacas de las mayorías de las razas se consideran adultas cuando tienen 6 años.

Existe una relación general entre el peso corporal de las vacas y el nivel de producción lechera. Las vacas de mayor tamaño poseen tejido secretor en las ubres y aparatos digestivos más amplios.

Hacia el final de la gestación se produce una caída notable de la producción lechera.

Temperaturas comprendidas entre 4⁵ y 24⁰ C no influyen sobre la producción lechera de la mayoría de los animales lecheros. Cuando la temperatura es inferior a 4⁵⁰ C, no se producen efectos sobre la producción de leche si se proporcionan alimentos extra y se proporciona protección frente a los elementos. Temperaturas inferiores (-15⁰ C o menos) pueden influir desfavorablemente sobre la producción de leche (**Schmdit y Van Bleck 1974, 97 - 103**).

Costos

Los costos son de suma importancia en la actividad ganadera, es por ello que, debemos tener claro su clasificación por su comportamiento en la explotación de vacunos de leche:

i. Materiales

- a) **Forrajes:** Si el forraje proporcionado al animal es constante, al igual que su costo, bien sea que la producción vaca – día aumente o disminuya, dentro de los márgenes normales, entonces podemos clasificarlo como componente fijo.
- b) **Concentrados:** Sólo nos basta conocer que el suministro de concentrados incrementa el volumen de producción en forma proporcional a la cantidad suministrada dentro de los márgenes normales; por lo tanto este componente podemos clasificarlo como costo variable.
- c) **Medicina veterinaria:** No tienen incidencia en el incremento de la producción; en cierto modo su aplicación, según el programa, es permanente, por lo tanto se puede catalogar como componente fijo.
- d) **Inseminación:** Si bien es cierto que si no se insemina a la vaca no habrá parición y tampoco producción de leche, el costo que le correspondería a esta unidad por día sería sumamente insignificante; entonces este costo debe ser

absorbido en forma total por la unidad en estado prenatal. Puede clasificarse como costo fijo.

- e) **Materiales de ordeño:** Son materiales que se utilizan en el proceso de ordeño tales como: baldes, telas para filtro, material de oficina, porongos pequeños de bajo costo, etc; son relativamente de bajo costo y podemos catalogarlos como costos fijos de corto plazo.

ii. Mano de Obra

- a) **Mano de obra de pastoreo:** Está conformada por diferentes labores de los obreros que a continuación se describe.

Pastoreo. Cuando el sistema de cría es a través del pastoreo en potreros naturales o cultivados, el jornal que se paga a los pastores correspondiente a las vacas productoras, es un costo fijo.

Ordeño. Labor que consiste en extraer la leche de la vaca. En esta labor puede utilizar mayor o menor tiempo según la cantidad de líquido extraído sea mayor o menor; sin embargo, la remuneración mensual es la misma; por lo tanto, este costo puede catalogarse como fijo.

Guardianía. El jornal del guardián podría clasificarse como costo fijo, sólo hay que tener en cuenta que un porcentaje le corresponde a los animales que están en crecimiento, incluido la gestación.

- b) **Cargas sociales:** Este componente puede ser fijo o variable, depende de cómo esté orientado la remuneración que le dio origen.
- c) **Otras cargas de personal:** Cualquier otra carga que se genere con el personal, es criterio del profesional para clasificarlo como fijo, variable o semivariable; depende de cómo se comporte.

iii. Costos Indirectos de Producción

- a) **Agotamiento de la vaca:** Es la pérdida de valor que se da en la unidad en estado de producción. Legalmente se ha establecido en 25% anual sobre el valor del animal; es decir, una vida útil de 4 años contados a partir de la fecha en que entra en producción. Este costo tiene que compartirse con el de gestación. Para la producción de leche podemos catalogarlo como costo fijo.

- b) **Agotamiento de las invernadas:** Aunque el agotamiento de las instalaciones de pasturas son componentes del costo de producción de pastos, puede darse el caso de que no se calcula este último costo; entonces si es posible aplicarlo a los productos que lo utilizan. En este aspecto hay que tener mucho cuidado para no duplicar los costos. Si el procedimiento es aplicar este componente a los productos generados en el centro productivo, entonces, para la producción de leche es un costo fijo.

- c) **Depreciación del establo:** Para las vacas productivas, sólo se considera la parte que es utilizada por éstas, y comprende instalaciones para ordeño, patio de espera, bebedero y lechería u otras instalaciones propias para esta actividad. No corresponde para este caso la depreciación de cunas e instalaciones para cría, o ambientes para otras actividades. Este costo se cataloga como componente fijo.

- d) **Cargas financieras:** Si es que las hubiera podemos catalogarlo como costo semivariable.

- e) **Servicios prestados por terceros:** Son eventuales, aunque algunos pueden ser permanentes como el caso del médico veterinario pagado por honorario. Su costo puede catalogarse como semifijo o semivariable.

- f) **Suministros diversos:** Conformado por combustibles y lubricantes, repuestos y accesorios u otros materiales necesarios para la producción. Es necesario aclarar que estos centros de producción, siempre tienen un tractor que no sólo

les sirve para faenas agrícolas, sino también para acarreo de pastos cosechados para los animales en crecimiento y en producción. La parte que le corresponde a la producción de leche puede clasificarse como costo semivariable (**Cruzado Cerdán 2003, 90 - 97**).

Es importante hacer una distinción entre los costos explícitos e implícitos, puesto que el uso de ambos para el cálculo de beneficios, nos puede dar una idea de beneficios contables (sólo considera costos explícitos) y beneficios económicos (considera el costo de oportunidad= costos explícitos más costos implícitos). El contable no tiene en cuenta los costos implícitos, el beneficio contable es mayor que el beneficio económico. Para que un negocio sea rentable desde el punto de vista del economista, el ingreso total debe cubrir todos los costos de oportunidad, tanto explícitos como implícitos (**Mankiw 1998, 250**).

La investigación ha utilizado el análisis del punto de equilibrio, a veces llamado análisis del costo – volumen – utilidad, es utilizado por la empresa por dos razones: 1) para determinar el nivel de operaciones necesarias para cubrir todos los costos operativos y 2) para evaluar la rentabilidad asociada con los diversos niveles de ventas.

El primer paso para encontrar el punto de equilibrio operativo es clasificar el costo de ventas y los gastos operativos en costos operativos fijos y variables. Los costos fijos son una función de tiempo, no del volumen de ventas y, por lo común, son contractuales. Los costos variables varían directamente con las ventas y son una función de volumen, no de tiempo (**Gitman 2003, 423**).

Beneficios

A la pregunta ¿qué determina el valor?, se tiene en general, la mayoría de las decisiones sobre la leche son marginales en que a menudo hay por lo menos uno o más componentes de entrada fija de la operación (tierra, salón, etc de la fuerza laboral), que no va a cambiar en relación con la decisión de inversión que se hizo. En el nivel más básico, la magnitud de los ingresos marginales esperados vs costos

marginales esperados son los atributos iniciales previstos y una inversión se considera favorable si la diferencia es positiva (**Galligan 2008, 2**).

La rentabilidad de los sistemas de producción de rumiantes depende en gran medida en la maximización de la productividad mediante el uso eficiente de los recursos disponibles. El éxito radica en la comprensión y la utilización de la base de conocimientos de múltiples disciplinas (**Johnston 2007, 1**).

Las empresas tienen prioridad respecto a la eficiencia en términos técnicos y económicos, en razón de ello la investigación hace uso de ambos conceptos y su aplicación en el estudio, en virtud de ello, se ha definido la rentabilidad como: relación entre beneficio obtenido en el periodo de tiempo del capital financiero invertido, es decir: $\text{rentabilidad} = (\text{beneficio económico} / \text{capital invertido})$ (**Cuatrecasas Arbós 2000, 105**).

El objetivo final de una explotación, con un determinado sistema de producción, tecnología, gestión y disponibilidad de capital, no es otro que el alcanzar un nivel de rentabilidad económica, tal que justifique la inversión de tiempo, capital y riesgo (coste de oportunidad, riesgo del sector y del negocio) (**García Martínez 2012, 20**).

A partir de lo expresado anteriormente se debe aclarar que beneficio económico es el ingreso total menos los costos explícitos e implícitos. El beneficio económico puede ser positivo, nulo o negativo (una pérdida económica) (**Tucker 2002, 122**).

2.2.3 Eficiencia de la producción

Uno de los aspectos importantes cuando se trata sobre la producción, es tener en consideración a la productividad como medio para observar y analizar el desarrollo de las actividades productivas en cuanto el uso de los factores de producción o recursos empleados, en términos de eficiencia y eficacia. La productividad tiene algunas acepciones como:

Productividad total es la razón del total de productos elaborados con respecto al total de insumos.

Productividad multifactorial es la razón de la salida total de productos con respecto a un sub conjunto de insumos.

Productividad de factor parcial es la razón de la producción total con respecto a un solo insumo (**Collier y Evans 2009, 83-84**).

Conocer el grado de eficiencia de una empresa, debería suponer el conocimiento de su productividad óptima, es decir, cuanto es el máximo posible a producir con la misma tecnología y bajo las mismas condiciones. Obviamente, esta es una situación hipotética difícil de medir con precisión. Si a todo esto se suma el aspecto económico, en el que además de las cantidades se requieren los precios de cada uno de los factores y productos, con frecuencia diferentes para cada empresa y con variaciones periódicas, la medida de la eficiencia no tiene una solución tan fácil por este mecanismo.

Para tratar de poner solución a esta cuestión y considerando todo lo expuesto, a lo largo de los últimos años, se han ido desarrollando metodologías que aplican distintos procedimientos matemáticos y que, con la ayuda de herramientas informáticas, han permitido, de alguna forma, estimar esas cantidades óptimas de producción. De esta manera, las empresas pueden evaluarse en su gestión global, analizar otras alternativas y, en definitiva, tratar de producir de una manera óptima o al menos más eficiente.

Entre estos métodos se destacan los referidos a los índices de productividad global de los factores, los métodos de optimización y los modelos de simulación, como los más utilizados en la última década (**Pardo Sempere 2001, 83-84**).

2.2.4 El desarrollo económico

Es común diferenciar entre crecimiento económico y desarrollo económico. Hay una forma sencilla y una forma más compleja de distinguir estos conceptos. En términos simples, el crecimiento se refiere a los incrementos en el nivel agregado de producción, en tanto que el desarrollo explica los aumentos generados en la

producción per cápita. La forma más complicada consiste en expresar que el crecimiento económico alude a los incrementos en la actividad económica sin que se presente ningún cambio implícito en la estructura e instituciones económicas fundamentales de un país, en tanto que el desarrollo también incluye un conjunto más amplio de transformaciones tecnológicas, institucionales y sociales **(Field 2000, 479)**.

La teoría de las ventajas competitivas señala que los países pueden desarrollar destrezas para posicionarse de una mejor manera en el mundo globalizado. En este sentido, la capacidad competitiva sostenible de los países no es una herencia del pasado, provocada por la dotación de recursos naturales, si no un proceso dinámico permanente, que se construye día a día y para el cual se requiere disponer no sólo de una base apropiada de recursos sino de las condiciones para su desarrollo continuo.

La competitividad verdadera no puede apoyarse en el abuso de los recursos naturales, sino, más bien, en su empleo con criterio de sostenibilidad. Hay dos tipos de consideraciones a plantear con relación al tema de recursos naturales.

La primera es sostenibilidad no significa conservación a ultranza. Los recursos naturales, tanto los renovables como los no renovables, pueden ser utilizados de manera racional, a fin de garantizar su empleo a través del tiempo y optimizar el beneficio intertemporal de su uso.

La segunda consideración, es que las políticas orientadas a internalizar los costos ambientales en las empresas contribuyen a un uso eco-eficiente de los recursos. En este aspecto es importante considerar mecanismos de mercado para reducir el grado de contaminación. El funcionamiento de mecanismos de mercado necesita una definición clara de los derechos de propiedad, con el fin de establecer procesos adecuados de compensación por el uso de los recursos **(Doryan et al. 1999, 41-43)**.

Considerando que, Hualgayoc es un distrito, que por largos años viene practicando la actividad minera y que el desarrollo de sus actividades agropecuarias han ido reduciéndose debido a que la población busca mejores alternativas de ingreso, se evidencia el abandono de la agricultura y ganadería, razón por la cual, es importante hacer uso eficiente de los recursos, puesto que, estos son limitados y aún más, son

influenciados por la actividad minera, en razón de ello, se debe pensar en la sostenibilidad de los recursos y de las prácticas de actividades económicas tradicionales y alternativas.

El desarrollo económico es fruto de cuatro motores: la inversión, la expansión de los mercados, el crecimiento comercial y el desarrollo de las tecnologías. Estos motores del desarrollo serán los que den lugar al crecimiento de la capacidad productiva de una sociedad y, por lo tanto, de la disponibilidad de bienes y servicios de esa sociedad.

Si observamos el medio ambiente de nuestro planeta, veremos que el desarrollo económico ha sido el principal culpable, aunque no el único de su deterioro. No obstante lo anterior, también observamos que el cuidado y preservación del medio ambiente, está teniendo lugar en los países más ricos y desarrollados; lo que nos produce una contradicción en nuestro pensamiento lógico: el deterioro ambiental es fruto del desarrollo y el cuidado y la preservación ambiental es fruto de un mayor desarrollo. **(Hernández Berasaluce 1997, 35).**

Como es razonable, el hombre se vale del ambiente para vivir, desarrollar sus actividades, hace uso de los recursos, interactúa con otros seres vivos, etc; en esta perspectiva, el ser humano está tomando decisiones constantemente y una de las cosas fundamentales que realiza como parte de la sociedad es la gestión de los recursos, los cuales vienen a ser escasos, pero que, a la vez, sus necesidades son crecientes e ilimitadas, es por ello que, el uso de los recursos que provee el medio ambiente deben ser usados adecuadamente. El uso de los recursos de manera apropiada, conlleva a dotar de un marco legal; es así que, la sociedad y los gobiernos han tomado conciencia sobre el derecho del medio ambiente, esto se produjo con mayor relevancia con la Conferencia de Estocolmo de 1972.

Existen tres formas distintas que contribuyen al marco legal del derecho a un ambiente sano; estas vienen a ser declaraciones internacionales de derechos humanos como: derecho a la vida, derecho a la salud y, de manera puntual, el derecho al medio ambiente, esta última declaración se ve reflejada en: Pacto de derechos Económicos, Sociales y Culturales; Carta Africana de los derechos del Hombre y de los Pueblos de 1981 y Declaraciones de Río de Janeiro, dentro de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en junio de 1992.

El predio, en el cual se desarrolló el estudio, es una de las áreas de influencia directa (AID) de las actividades que se llevan a cabo en el proyecto Cerro Corona, de la empresa Gold Fields La Cima S.A, en virtud de ello, se debe considerar el tema de responsabilidad social entre empresa y su AID; para ello, es necesario tener en cuenta el tema de desarrollo sostenible, es decir, implica un proceso de cambio global, fluido y equilibrado entre lo económico, social y ecológico, con el fin de producir bienestar general de los individuos en armonía con la protección y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, en un esfuerzo común y universal que continuará evolucionando en el tiempo.

El desarrollo sostenido enfatiza en la necesidad de:

- Equidad y justicia que permitan garantizar los derechos de los pobres y de futuras generaciones.
- Visión a largo plazo, a fin de aplicar el principio de precaución y/o prevención.
- Conocimiento de los sistemas y estructuras a efectos de comprender cabalmente las interconexiones entre el medio ambiente, la economía y la sociedad (**Collazos Cerrón 2005, 61**).

Los países más pobres del mundo enfrentan opciones trágicas. No pueden obtener estándares de agua potable tan altos como a los que están acostumbrados los países industriales. No se puede permitir cerrar sus áreas prístimas (“vírgenes” o históricamente libres de intervención) a aquellas industrias contaminantes que introduzcan know how tecnológico y capital productivo, y que además necesitan con urgencia divisas extranjeras. Tampoco pueden darse el lujo de imponer barreras a las compañías mineras con relación a sus regiones no explotadas. Ni pueden permitirse imponer requerimientos de anticontaminación a estas compañías tan estrictos y costosos como los países industriales más ricos. Siempre deben ser conscientes de que las medidas de protección ambiental están financiadas por el estómago de su propia gente; las multinacionales no pueden asumir el pago que les corresponde a estas naciones (**Dorfman s.f**).

- Un aspecto importante es el tema de las externalidades, razón por la cual debemos considerar que el impacto que ejerce la minería no es sólo ambiental si no también se expanden es así que: discusiones sobre las externalidades sociales y culturales de los grandes proyectos de explotación de recursos naturales usualmente se centran en los impactos negativos, tales como en el aumento de crímenes y prostitución, conflictos culturales con los indígenas o las comunidades locales en general, la alteración de las jerarquías sociales existentes y la generación de envidia entre aquellos que se benefician del proyecto y los que no lo hacen. Sin embargo, también puede haber efectos secundarios positivos, especialmente en las áreas de salud, capacitación, educación y creación de capital social; es decir mayor capacidad de gobierno local, homogeneidad comunal, y enlaces de comunicación tanto al interior de la comunidad como con el exterior. En ausencia de gobiernos locales sólidos, las fundaciones establecidas por las empresas mineras juegan un rol importante en estructurar, coordinar y financiar las actividades que posibilitan esas externalidades positivas (**Collazos Cerrón 2005, 61**).

El objetivo del desarrollo sostenible para las comunidades locales es, o debería ser la meta primordial de las relaciones entre las empresas mineras y las comunidades. Las comunidades desean el apoyo de la mina en las áreas económica, social, cultural y ambiental durante las operaciones, pero también necesitan satisfacer esos anhelos una vez que la mina cierre. En consecuencia ha habido un gran énfasis en desarrollar el capital humano y social, así como la infraestructura física que permitirá que la comunidad continúe prosperando después del cierre de la mina (**McMachon y Remy 2003, 24**).

2.3 Hipótesis de investigación

Los principales componentes y sus interacciones respectivas que permiten la construcción de un modelo para optimizar la producción lechera en un contexto minero son: alimentación, manejo, genética, sanidad, reproducción y factores ambientales.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.1 Definición Operacional de Variables

- **Componentes del modelo de optimización:** Se entiende como componentes de un modelo de optimización, a los factores de producción o recursos empleados en la producción lechera.
- **Optimización de la producción lechera:** Nivel de producción máxima de leche, para lo cual, considera a los factores de producción de leche como restricciones y sus costos respectivos.

En la tabla 9 se muestra la operacionalización de variables de la investigación:

Tabla 9. Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Índices		
I. Dependiente: Optimización de la producción lechera	Volumen de producción de leche	Productividad media de la leche Producto marginal de la leche		
	Costos	Costo Total Medio Costo Fijo Medio Costo Variable Medio Costo marginal		
		Ventas	Ingresos óptimos	
		Rentabilidad	Porcentaje de costos/ventas	
		Punto de equilibrio	Producción de equilibrio	
	II. Independiente: Componentes del modelo de optimización	Alimentación	Consumo de agua Índice de conversión Alimento en concentrado Alimento en forraje Peso del ganado	
			Manejo	Número de ordeños Tipos de ordeño Equipo de ordeño
				Genética
Sanidad				Número de vacunas Calendario sanitario Pruebas diagnósticas
			Reproducción	Edad del ganado Estado de gestación Estado de lactancia
		Factores climáticos		Temperatura Altitud Humedad

3.2. Unidad de Análisis, Universo y Muestra

3.2.1 Unidad de análisis

Predio de producción lechera, cuyas características son las siguientes: ubicado entre 3600 y 3890 msnm, posee una extensión de 200 hectáreas, cuenta con 140 animales vacunos, los mismos que están bajo el sistema extensivo de producción, predomina el pastoreo a estaca, el ordeño es manual, las pasturas del predio son naturales y el apareamiento es de forma natural.

3.2.2 Universo y muestra

El universo está constituido por los predios de producción lechera, ubicados en las partes altas del área de influencia de actividad minera. La muestra estuvo constituida por un predio dedicado a la producción lechera, siendo el más representativo del AID.

Cabe precisar, que la elaboración del modelo de optimización de producción lechera, cuyo propósito es la maximización de beneficios económicos, que a su vez, permite obtener volúmenes óptimos de producción lechera; es plausible de su uso en otros espacios ganaderos en el cual se desarrolla la actividad minera.

3.3. Tipo y Descripción del Diseño de Contrastación de la Hipótesis

La investigación desarrollada se encuentra bajo el enfoque hipotético – deductivo; el estudio es analítico, descriptivo no experimental, puesto que, no se manipuló la variable independiente; su diseño es transversal.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

- **Entrevista:** Porque se hará uso de una guía de entrevista que será aplicada al productor de leche en estudio, la información obtenida sirve para la comprobación de la hipótesis.
- **Observación Directa:** Se llevó a cabo durante el desarrollo de la investigación, en aras de tener información directa y confiable, se recogió a través de la guía de observación, dicho instrumento de recolección de datos se adjunta en el apéndice 2.
- **Análisis de Documentos:** El estudio desarrollado ha recurrido a la información especializada, en virtud de ello, se ha usado fichas bibliográficas.
- **Programación lineal:** El uso de esta técnica reside en que la investigación tiene como parte central, la construcción de un modelo de optimización; modelo que adopta la forma lineal en cuanto a su función objetivo y sus restricciones que la componen, tal

como se plantea en el apéndice 3; su construcción se vale de la información recopilada a través del uso de instrumentos que se encuentran en los apéndices.

3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de los Datos

Las técnicas utilizadas para el procesamiento de los resultados obtenidos a través de la aplicación de los instrumentos de recolección de datos, principalmente se aplicó:

a.) Herramientas de estadística descriptiva:

- Medidas de tendencia central.
- Medidas de dispersión.

b.) Herramientas de estadística inferencial:

- Prueba “t” de student para prueba de hipótesis.
- Prueba F para el análisis de varianza y llevar a cabo el análisis de regresión.

El análisis estadístico se realizó usando el Excel; el programa POM y el Solver del Excel; permitiendo la obtención de los resultados del modelo de optimización, para luego efectuar su análisis e interpretación de los resultados.

3.6. Modelo econométrico: Función de producción Cobb Douglas

El análisis que se realiza, es a través del uso del método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO); en razón de ello, se emplea los supuestos inherentes a dicho método, en atención a ello se tiene que: Un supuesto crítico del modelo clásico de regresión lineal es que todas las perturbaciones u_i tienen la misma varianza ². Si este supuesto no se satisface, hay heterocedasticidad. En presencia de heterocedasticidad, las varianzas de los estimadores MCO no se obtienen con las fórmulas usuales de MCO. Sin embargo, si se persiste en utilizar las fórmulas MCO usuales, las pruebas t y F basadas en éstas pueden conducir a grandes desatinos que darán por resultado conclusiones erróneas (**Gujarati 1994, 382**).

El modelo construido en la investigación, podría haberse realizado una prueba en aras de verificar la existencia de heterocedasticidad, esta es la prueba de White que consiste: Este

contraste, al igual que todos los que anteceden, hacen referencia a la relación entre la dispersión de los residuos y los regresores de la ecuación **(Otarola 1993, 397)**.

Respecto a la multicolinealidad, esta se origina por la presencia de cierto grado de interdependencia estadística entre regresores de un modelo econométrico **(Castro y Rivas 2003, 280)**. La presencia de multicolinealidad, provoca un aumento de las desviaciones estándar de las distribuciones de los coeficientes estimados. En la práctica, ello se puede traducir en la presencia de estadísticos t que conducen a aceptar la hipótesis de nulidad de los coeficientes, junto con un elevado coeficiente de ajuste en la regresión **(Castro y Rivas 2003, 285)**.

Si se viola el supuesto del modelo clásico de regresión lineal de que los errores o las perturbaciones u_t , consideradas dentro del modelo de regresión poblacional son aleatorios o no correlacionados, surge el problema de autocorrelación o de correlación serial. La autocorrelación puede surgir por diversas razones, tales como la inercia o lentitud de las series de tiempo económicas, el sesgo de especificación resultante de excluir variables importantes del modelo o de utilizar la forma funcional incorrecta, el fenómeno de la telaraña, el manejo de los datos, etc. Como resultado, las pruebas de significancia t y F usuales no pueden aplicarse legítimamente **(Gujarati 1994, 431)**.

El modelo econométrico que se utiliza, para obtener una mayor comprensión de la producción lechera en el predio, es la función de producción Cobb Douglas; la cual presenta las siguientes propiedades:

1. Es una función homogénea de grado uno.
2. La productividad marginal de cada insumo es igual al producto de su productividad media por el parámetro de intensidad correspondiente.
3. La elasticidad de producción de cada insumo es igual a su parámetro de intensidad **(Fernández 2000, 362 -363)**.

El modelo econométrico que se emplea es la de Cobb Douglas, a no ser que el valor que toma el parámetro de eficiencia tecnológica es igual a 1. En razón de ello, se presenta el modelo econométrico, el cual permite efectuar el análisis, en torno a la producción de leche en el predio. El modelo, se expresa en términos formales de la siguiente manera:

$$Q_L = A V^{\alpha} D^{\beta} T^{\gamma} H^{\delta} e^{\mu_i}$$

Donde:

Q_L	:	Producción de leche.
A	:	Parámetro de eficiencia o denominada como una constante (permite comparar tecnologías de producción).
$\alpha, \beta, \gamma, \delta$:	Elasticidades de la producción con respecto a cada factor de producción.
V	:	Número de vacas.
D	:	Número de días
T	:	Temperatura.
H	:	Humedad.
μ_i	:	Término de perturbación estocástico.
e	:	Base del logaritmo natural.

La variable μ_i , es de suma importancia, debido a que, ésta abarca a todas aquellas variables que afectan directa e indirectamente a la producción de leche y, que no han sido consideradas en el modelo, así por ejemplo: la raza, las precipitaciones, etc; quedando implícito en este modelo, el uso del supuesto de ceteris paribus.

La construcción del modelo, ha sido posible realizarlo a través de su conversión, es decir, el modelo original es un modelo exponencial y se transforma a un modelo lineal, quedando expresado de la siguiente manera:

$$Q_L = A V^{\alpha} D^{\beta} T^{\gamma} H^{\delta} e^{\mu_i}$$

$$\ln Q_L = \ln A + \alpha \ln V + \beta \ln D + \gamma \ln T + \delta \ln H + \mu_i$$

$$\ln Q_L = a + \alpha \ln V + \beta \ln D + \gamma \ln T + \delta \ln H + \mu_i$$

Donde: $\ln A = a$.

La constante A, como bien se ha señalado, permite comparar tecnologías, mas no es el propósito de la investigación, en razón de ello, asumimos que el parámetro de eficiencia toma el valor de 1. Por tanto, el modelo econométrico a estimar se expresa de la siguiente manera:

$$\mathbf{LnQ_L = LnV + LnD + LnT + LnH + \mu_i}$$

Una vez linealizada la función de producción, es posible aplicar los MCO.

3.7 Indicadores de producción:

A continuación se indica los indicadores de producción utilizados:

$$\text{Productividad marginal} = \partial \text{Producción} / \partial \text{Factor de producción}$$

$$\text{Productividad media} = \text{Producción} / \text{Factor de producción}$$

$$\text{Porcentaje de vacas en producción} = \text{Vacas en lactación} / \text{Total de vacas}$$

$$\text{Promedio diario general} = \text{Producción total de leche} / \text{Total de vacas}$$

3.8 Análisis de costos:

Este análisis se basa en las siguientes ecuaciones de costos:

$$\text{Costo total} = \text{Costo fijo total} + \text{Costo variable total}$$

$$\text{Costo total medio} = \text{Costo total} / \text{Producción total}$$

$$\text{Costo fijo medio} = \text{Costo fijo total} / \text{Producción total}$$

$$\text{Costo variable medio} = \text{Costo variable total} / \text{Producción total}$$

$$\text{Costo marginal} = \partial \text{Costo total} / \partial \text{Producción total}$$

3.9 Punto de equilibrio:

Su cálculo es posible, mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$Q_e = CFT / (P_v - CVT/Q)$$

Donde:

Q_e	:	Cantidad de equilibrio (expresada en L)
CFT	:	Costo fijo total
P_v	:	Precio de venta
CVT	:	Costo variable total
Q	:	Producción (expresada en L)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comportamiento de la producción lechera del predio

El comportamiento de la producción lechera del predio, es estudiado, teniendo en cuenta los volúmenes de producción de leche, el número de vacas lecheras, el número de días, la humedad y la temperatura; el uso de estas variables, permite la construcción de un modelo econométrico. A continuación se presenta la data empleada para la construcción del modelo:

Tabla 10. Producción de leche del predio

Nº	Leche Kg	Nº Vacas	Nº Días	Temperatura Cº	Humedad relativa%
1	2994	23	15	7.71	82.74
2	3236	23	16	7.63	80.93
3	3311	24	15	7.31	84.19
4	3091	24	14	6.39	75.67
5	3498	25	15	6.67	74.14
6	3505	25	15	6.74	70.36
7	3417	25	16	6.58	70.51
8	3421	27	15	6.55	71.96
9	3162	27	15	7.6	73.74
10	3186	27	15	7.58	75.81
Promedio	3282.10	25	15.10	7.08	76.01

Fuente: Registro del predio.

Gerencia Medio Ambiente de Gold Fields La Cima S.A

Con el uso de Excel, se ha procedido a estimar el modelo econométrico, obteniéndose el siguiente reporte de Excel:

Tabla 11. Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.999989
Coefficiente de determinación R ²	0.999978
R ² ajustado	0.833301
Error típico	0.048747
Observaciones	10

Tabla 12. Análisis de varianza de la regresión

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	4	655.29	163.82	68941.14	4.8992E-12
Residuos	6	0.01	0.00		
Total	10	655.31			

Con la información de la tabla 12, se procede a realizar el análisis de varianza a los diferentes estimadores del modelo. Para ello, se ha procedido a considerar las siguientes hipótesis:

1. **Ho:** = = = = 0
2. **Ha:** ≠ ≠ ≠ ≠ 0

Donde la hipótesis nula (Ho) plantea que todos los estimadores de las elasticidades de la producción con respecto a las cantidades de vacas, días, temperatura y humedad son simultáneamente cero y la hipótesis alternante (Ha) plantea que no todas las elasticidades son simultáneamente cero.

De la tabla 12 se tiene el valor de la prueba F calculada (F_c o F-statistic). A continuación procedemos a encontrar el valor de la prueba F teórico (F_t) y para ello se utiliza los siguientes grados de libertad: 3 de numerador ($k - 1 = 4 - 1$) y 6 del denominador ($n - k = 10 - 4$), con un nivel de confianza igual a 95%; obteniéndose que el valor F_t es igual a 4.76.

La toma de decisión se procede de la siguiente manera:

- ❖ Si: $F_t > F_c$ Se acepta la Ho y se rechaza Ha.
- ❖ Si $F_t < F_c$ Se rechaza la Ho y se acepta Ha.

Teniendo el valor $F_c = 68941.14$ y el $F_t = 4.76$, se llega a rechazar la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alternante (Ha), la cual nos dice, que todas las elasticidades del producto de sus respectivos factores, no son simultáneamente iguales a cero.

Tabla 13. Análisis de la regresión con el uso la prueba t Student

Variables	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad
Intercepción	0	#N/A	#N/A	#N/A
Variable X1: V	0.820449	0.202854	4.044520	0.006768
Variable X2: D	1.363431	0.362947	3.756560	0.009437
Variable X3: T	-0.917857	0.267585	-3.430153	0.013969
Variable X4: H	0.819735	0.218761	3.747168	0.009542

Con los datos obtenidos, el modelo queda expresado de la siguiente manera:

$$Q_L = \frac{V^{0.820449} D^{1.363431} H^{0.819735}}{T^{0.917857}}$$

A partir de la información de la tabla 13. Se procede a realizar la prueba de hipótesis, y es como sigue:

1. Ho: $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4 = 0$
2. Ha: $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4 \neq 0$

Se tiene la hipótesis nula (Ho), la cual plantea que las diferentes elasticidades del producto con respecto a las variables independientes del modelo, son iguales a cero; a su vez, se tiene la hipótesis alternante (Ha) que indica lo opuesto a la hipótesis nula.

A continuación se estandariza una tabla de t - student. Y se procede a calcular el t_c (t calculada), obteniéndose:

$$t_c = (\hat{B}_i - B_i^*) / D.E(\hat{B}_i)$$

- 1) $t_c(\beta_1) = (0.820449 - 0) / 0.202854 = 4.044520$
- 2) $t_c(\beta_2) = (1.363431 - 0) / 0.362947 = 3.756560$
- 3) $t_c(\beta_3) = (-0.917857 - 0) / 0.267585 = -3.430153$
- 4) $t_c(\beta_4) = (0.819735 - 0) / 0.218761 = 3.747168$

Se tiene también el valor teórico de la prueba t; y es el siguiente:

Grados de libertad (G.L): $n - k = 10 - 4 = 6$

Nivel de confianza: = 5%

$t_t = 2.4469$

El criterio para la toma de decisión en cuanto al rechazo o aceptación de la hipótesis nula, se hace teniendo en cuenta la curva normal, dicho criterio es:

❖ Si: $t_t > t_c$ (t-Statistic) Se acepta la H_0 y se rechaza H_a .

❖ Si $t_t < t_c$ (t-Statistic) Se rechaza la H_0 y se acepta H_a .

Por lo tanto se tiene lo siguiente:

❖ Se rechaza la H_0 de la elasticidad del producto con respecto al número de vacas y se acepta H_a .

❖ Se rechaza la H_0 de la elasticidad del producto con respecto al número de días y se acepta H_a .

❖ Se rechaza la H_0 de la elasticidad del producto con respecto a la temperatura y se acepta H_a .

❖ Se rechaza la H_0 de la elasticidad del producto con respecto a la humedad y se acepta H_a .

Por tanto los regresores estimados, no son iguales cero.

La tabla 13 brinda información adicional con respecto a las probabilidades, observando que ellas son menores a 0.05 o 5%, de manera que se puede concluir, el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternante.

Interpretación del modelo:

- El modelo ha sido transformado en un modelo de regresión log – lineal. Utilizando el coeficiente de determinación ajustado, indica que, la producción de leche es explicado por las variables exógenas en un 83.33%.
- Elasticidad del producto con respecto al número de vacas es igual a: 0.820449. Se explica así: ante un incremento del 1% en el número de vacas productoras y manteniendo constante las demás variables de producción, la producción se incrementa en promedio 0.820449%.
- Elasticidad del producto con respecto al número de días es igual a 1.363431. Durante el periodo en estudio, manteniendo constante todas las variables, un incremento de 1% en el número de días conduce en promedio a un aumento de 1.363431 % en la producción.
- Elasticidad del producto con respecto a la temperatura es igual a -0.917857. Durante el periodo en estudio, manteniendo constante todas las variables de producción, un incremento de 1% en la temperatura ocasiona en promedio una reducción de 0.917857 % en la producción. Cabe precisar en este caso, relación inversa entre temperatura y producción, es válida para el rango de la data utilizada en la investigación, haciendo uso del supuesto *ceteris paribus*.
- Elasticidad del producto con respecto a la humedad es igual a 0.819735. Durante el periodo en estudio, manteniendo constante todos los factores que afectan a la producción lechera, un incremento de 1% en la humedad conduce, en promedio, a un aumento de la producción en 0.819735%.

4.2 Factores de producción más relevantes del predio

4.2.1 Alimentación

4.2.1.1 Concentrado

El uso de concentrado, como parte de la dieta alimenticia del ganado lechero en el predio, es totalmente insignificante, puesto que, sólo se emplea 0.47 kg/día por vaca; cabe precisar que este tipo de alimento se efectúa sólo en los meses en que las lluvias son escasas. A ello se debe adicionar que, el

concentrado es de tipo artesanal y es dotado como parte de apoyo por la empresa minera Gold Fields La Cima.

El uso de concentrado, tiene características eminentemente para dotar energía, tal como se muestra en el anexo 1.

4.2.1.2 Forraje verde o materia fresca

El predio en estudio, tiene el cultivo de una serie de pastos que sirven como alimento fresco para el ganado; es así que, se ha podido evidenciar la presencia de seis tipos de pastos, teniendo una mayor predominancia el cultivo de: dactiles glomerata, ray grass, trébol blanco y pasto natural (predomina la hierba Oque); en una menor cantidad se tiene el cultivo de el trébol rojo y festuca. En términos de cantidad de alimento de forraje, el ganado lechero consume en promedio 40.50 kg/día por vaca.

4.2.1.3 Forraje seco

En cuanto al uso de forraje seco, como parte de la dieta alimenticia del ganado del predio, no se tiene registro alguno o evidencia que se brinde dicho alimento al ganado.

4.2.1.4 Peso del ganado

El peso del ganado es importante para la ganadería, puesto que una de las razas de ganado con que cuenta el predio tiene también como finalidad el doble propósito (producción de leche y carne).

En cuanto al peso promedio de una vaca del predio en estudio, se ha podido determinar que éstas tienen 400.50 kg/vaca; sin embargo, cuando se observa el rango como medida de dispersión este es de 99kg, ya que, el intervalo del ganado lechero en cuanto a peso comprende de 301 kg – 500 kg.

4.2.1.5 Consumo de agua

Si bien existe una gran cantidad de fuentes o manantiales de aguas, no por ello se cuenta con la disponibilidad total de las mismas, para abreviar el ganado. Se ha podido registrar que el ganado tiene un consumo promedio de 45.50 L/día, lo cual se encuentra dentro del rango que debe consumir una vaca lechera, tal como se señala:

En general, los requerimientos de agua por unidad de peso corporal disminuyen con la edad. Un bovino adulto consume entre un 8-10% de su peso en agua. Una vaca lechera puede consumir entre 38 y 110 litros de agua por día (l/d), un bovino para carne de 26 a 66 l/d. Las hembras preñadas consumen más agua que las vacías, y las lactantes más que las secas. Las vacas lecheras, son las que más agua consumen de todos los bovinos, en proporción a su tamaño corporal, debido a que, tienen grandes requerimientos de agua para poder mantener su producción láctea, ya que entre el 85 y el 87% de la leche, es agua (Cseh 2004).

4.2.2 Composición proximal

A continuación, se presentan los resultados del análisis proximal, practicado a las pasturas de mayor presencia y dotación en la alimentación a la ganadería del predio. Así, véase en la tabla 14.

Tabla 14. Análisis proximal de pasturas del predio

Parámetros evaluados	Rye grass	Festuca	Dactylis Glomerata	Trébol Blanco	Trébol Rojo (Trifolium pratense)	Hierba Oque (Poa aequatoriensis)
Materia seca	23.41	21.86	23.61	22.67	21.89	21.28
Proteína cruda	10.94	9.88	13.88	16.33	16.99	12.27
Extracto etéreo (grasa bruta)	1.92	2.05	1.95	2.03	1.92	2.07
Fibra cruda	21.27	20.49	30.87	26.82	22.16	20.25
Cenizas (minerales totales)	10.89	6.18	7.41	10.54	10.46	8.41
Extracto libre de nitrógeno	54.98	61.40	46.39	44.28	48.47	57.00
Energía bruta (Kcal/Kg.MS)	3962.68	4149.76	4145.45	4063.93	4071.49	4093.44

Fuente: Informes de análisis proximales, realizados por la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la UNC.

En la tabla 14, se observa que: el Rye Grass, tiene más materia seca y cenizas (minerales totales) que las otras pasturas; la pastura denominada Festuca, predomina sobre las otras en cuanto a extrato libre de nitrógenos y en energía bruta; respecto a la mayor presencia de proteína, se presenta en el Trébol Rojo y, la Hierba Oque, posee más extracto etéreo que las otras pasturas.

Los valores obtenidos en el análisis proximal, son utilizados en el modelo de programación lineal; para lo cual, se hace uso de los requerimientos que tiene el ganado para la producción de leche.

4.2.3 Ordeño e infraestructura

En el predio se práctica el ordeño con una frecuencia de una vez por día, el cual representa el 75% y, la diferencia, viene dado por una frecuencia de dos ordeños al día. Cabe precisar que el ordeño que se lleva a cabo en el predio es del tipo manual, lo cual implica el uso de bienes y enseres como: balde, manea, porongo y colador; siendo de evidencia, que el proceso de ordeño es meramente empírico; sumándose a ello, no se cuenta con instalaciones para llevar a cabo el proceso de obtención de la leche, puesto que, la actividad lechera es del tipo extensiva. Por último, es importante considerar las siguientes reglas:

1. Evitar el estrés de los animales, hay que ordeñar.
2. Dedicar un tiempo suficiente a la estimulación previa:
3. El ordeño tiene que ser tranquilo y no doloroso.
4. Establecer entre los animales un orden de ordeño. Por ejemplo los animales con mamitis dejarlos para los últimos de cada ordeño para evitar que contagien a los sanos.
5. Realizar el baño de pezones, es fundamental y se puede realizar sólo al final del ordeño o también al principio (**Gutiérrez 2009, 17-18**).

4.2.4 Genética

Es de importancia la calidad genética del semental; y, desde luego, del ganado en su conjunto, puesto que, se verá reflejado en la producción del ganado. En los criterios que se emplean al momento de seleccionar al semental de la ganadería, manifestaron 07 características, las mismas que, en la tabla siguiente, se detalla:

Tabla 15. Criterios de selección del semental

Nº	CRITERIO
01	Madre lechera
02	Consistencia corporal
03	Color
04	Buena pierna
05	Cuerpo parejo
06	Testículos grandes
07	Tendencia: orejas blancas

Los elementos de juicio empleados en el predio para seleccionar un semental son bastante exigüos; por lo cual, se hace necesario considerar otros elementos de importancia como:

1º Aspecto general: Atractivo general, masculinidad, porte, vigor, proporción entre las distintas partes y silueta armoniosa.

Características raciales:

- ❖ *Cabeza* recortada, proporcionada al cuerpo, hocico ancho, ollares amplios y abiertos, mandíbulas robustas, ojos grandes y brillantes, frente ancha moderadamente abultada, prominencia nasal recta, orejas de tamaño medio y marcada viveza.
- ❖ *Espaldas* lisas bien abiertas.
- ❖ *Dorso* recto y robusto; lomo ancho y casi horizontal.
- ❖ *Grupa* larga y ancha, formando línea recta las puntas de los corvejones.

- ❖ *Patas y pezuñas.* Huesos limpios y robustos cuartillas cortas y fuertes, corvejones bien modelados; pezuñas cortas, compactas y redondeadas con talones profundos y palmas planas.
- ❖ *Extremidades anteriores* de longitud media, rectas, bien separadas y aplomadas.
- ❖ *Extremidades posteriores* casi perpendiculares desde el corvejón a la cuartilla, vistas de perfil; y paralelas, vistas por detrás.

2º Condición lechera: Formas angulosas y abiertas, sin dar sensación de debilidad, ausencia de zonas de piel gruesa.

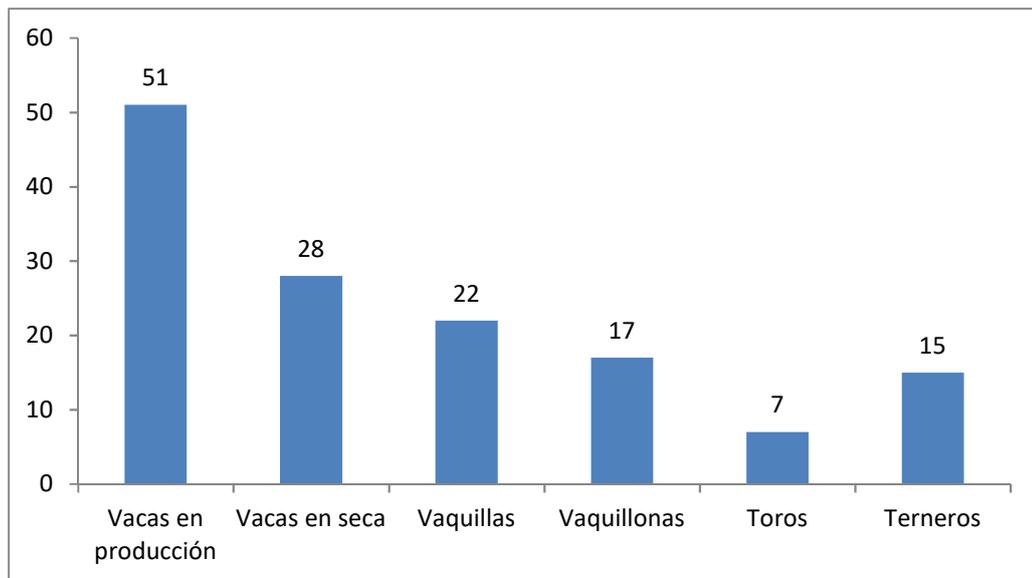
- ❖ *Cuello* largo, con copete de tamaño medio y continuado armoniosamente con las espaldas. Garganta, papada y pecho de líneas rectas.
- ❖ *Cruz* alta.
- ❖ *Costillares* convenientemente curvados, con costillas anchas, planas y largas.
- ❖ *Ijares* profundos y finos.
- ❖ *Muslos* de superficie ligeramente convexa o plana y bien separados, vistos por detrás.
- ❖ *Piel* suave y flexible.

3º Capacidad corporal: Relativamente grande, en proporción a la talla del animal, augurando fuerza, vigor y potencia de producción.

- ❖ *Perímetro abdominal* robusto, ancho y profundo costillas bien encorvadas.
- ❖ *Perímetro torácico* amplio y profundo con las primeras costillas de curvatura adecuada y bien continuada con las espaldas (**Gasque Gómez 2008, 262**).

La ganadería que posee el predio, es predominantemente, del tipo puro por cruce y, sólo se tiene un semental que es pedegree, en la actualidad. Por tanto, el predio cuenta con dos tipos de razas: la Brown Swiss, la cual representa un 67% del ganado; y, el ganado criollo, constituido por el 33% del mismo.

El gráfico 02, muestra la distribución del ganado vacuno, según el tipo de animales con que cuenta el predio.



Gráfica 2: Distribución del ganado.

4.2.5 Sanidad

Predomina en el predio el uso de vacunas para el carbunclo asintomático y la fiebre aftosa. El uso de vacunas para la primera enfermedad es utilizada debido a que SENASA lo exige; sin embargo, las personas responsables de la ganadería consideran que es un problema el uso de vacunas.

En cuanto al uso de pruebas diagnósticas en la ganadería del predio, se tiene que, éstas están orientadas a verificar la presencia de: bruceloses, mastitis, TBC, fasciola, coccidia y presencia de antibiótico en la leche.

4.2.6 Reproducción

El apareamiento del ganado es efectuado de manera natural, implicando el no uso de la inseminación artificial; en razón de ello, se tiene en promedio, a 10.25 vacas en gestación durante un año. Asimismo, se tiene que, el predio muestra evidencias de que la edad promedio del ganado en producción, es de 5.50 años, en aras de: maximizar la vida productiva, una vaca debe ser servida entre los 80 y 90 días luego del parto. Esto le permitirá producir un nuevo ternero cada 12,5 a 12,8 meses. Intervalos entre partos más largos poseen un efecto negativo en la vida productiva de la vaca. Ya sea que el productor utilice inseminación artificial o servicio natural, la detección de celo es un

componente crítico de un buen manejo reproductivo en la explotación lechera **(Wattiaux 1999, 33)**.

En cuanto al tiempo de duración promedio de la lactancia, esta es de 112 días, con lo cual se puede considerar que en la ganadería del predio, se practica el destete de tipo anticipado, dado que está en el rango de 4 a 5 meses **(Balbuena 2010, 1)**.

La duración del período seco dentro del ciclo productivo debe oscilar entre 45 y 70 días. Es decir, 60 días son suficientes para que el tejido alveolar secretor involucre y, para que posteriormente, ocurra la formación de nuevo tejido secretor, importante para una óptima producción láctea en la próxima lactancia. El periodo seco inferior a 45 días o mayor a 70 días tiene consecuencias negativas sobre la producción de leche en la siguiente lactancia. Cuando el período seco es menor de 45 días, ocurre una involución completa de la glándula mamaria, pero, no favorece la formación de nuevo tejido secretor. Por el contrario, un periodo seco mayor a 70 días, conduce a una involución del tejido excretor (conductos), así como, la acumulación de tejido adiposo en la glándula mamaria y en el cuerpo, con la consecuente disminución en la producción de leche en la próxima lactancia y graves alteraciones metabólicas al momento del parto **(Rivas 2005, 528 - 529)**.

4.2.7 Producción

A continuación, se presenta la tabla 16, en la cual, se aprecia la producción en torno a los sólidos totales, leche y porcentaje de sólidos totales en relación a la producción de leche.

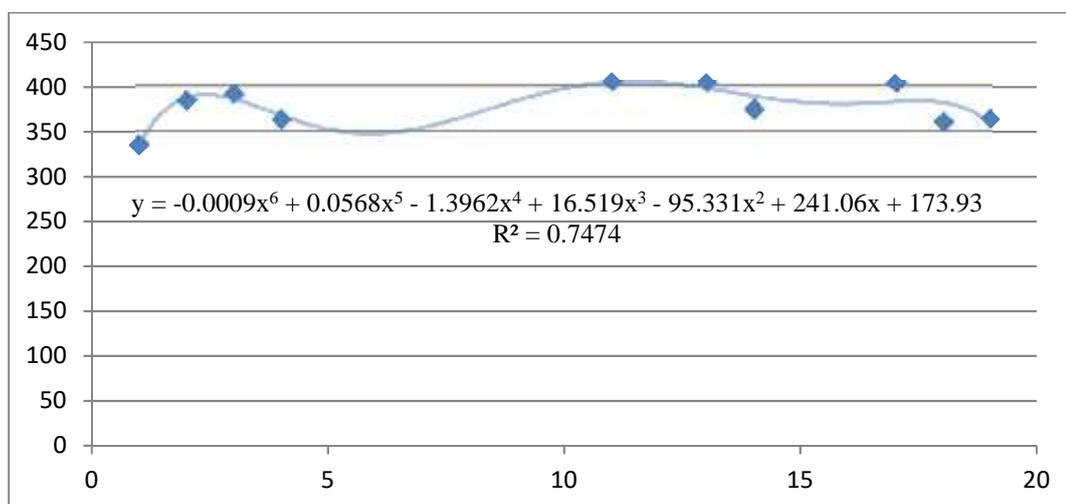
Tabla 16: Producción del predio por quincena

Quincena	Sólidos totales (kg)	Leche (kg)	Sólidos total (%)
1	335	2994	11.19%
2	384	3236	11.87%
3	391	3311	11.81%
4	363	3091	11.74%
11	405	3498	11.58%
13	404	3505	11.53%
14	374	3417	10.95%
17	403	3421	11.78%
18	360	3162	11.39%
19	364	3186	11.42%
D.E	23.20	176.36	0.003
Promedio	378.30	3282.10	11.52%
C.V	6.13%	5.37%	2.57%

Fuente: Registros del predio

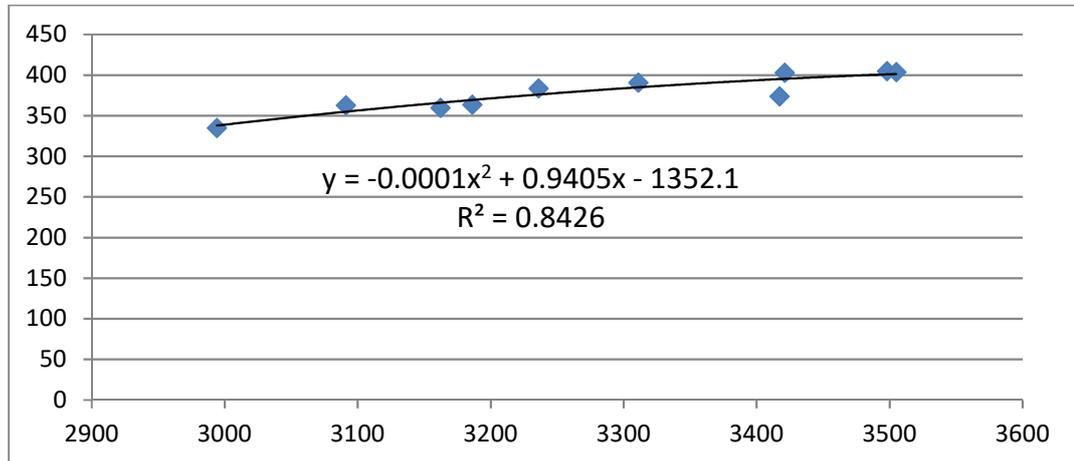
La tabla 16 resalta el promedio porcentual de los sólidos totales, el cual es de 11.52%, con una variación de ± 0.03 ; lo cual permite evidenciar que su variabilidad es bastante reducida; tal como se puede corroborar con su CV, que es igual a 2.57%.

A continuación se presenta un gráfico, en el cual se tiene el comportamiento de los sólidos totales, durante las 10 quincenas observadas; en relación a ello, se manifiesta que, tiene cierto comportamiento en relación al tiempo, siendo corroborado por el coeficiente de determinación el cual es de 74.74%, para una función polinómica de grado 6.



Gráfica 3: Sólidos totales. 2012

Con el uso de los datos de la tabla 16, se muestra el gráfico que relaciona los sólidos totales y el nivel de producción de leche del predio, teniéndose un coeficiente de determinación del 84.26%, indicando una alta correlación para la ecuación polinómica de segundo grado.



Gráfica 4: Sólidos totales. 2012

Con la ecuación obtenida en el gráfico 4 y el modelo construido Cobb Douglas, se procede a determinar los niveles de productividad para cada ecuación, siendo estos:

Ecuación de sólidos totales:

Se tiene la ecuación, que asocia los sólidos totales y volúmenes de producción lechera:

$$Y = -0.0001X^2 + 0.9405X - 1352.1$$

Donde:

Y: Sólidos totales

X: Producción de leche (Kg)

A partir de esta ecuación, se procede a calcular la productividad marginal de sólidos totales (PMgY); a su vez, se usa el valor de la producción media de leche, obtenido de la tabla 16, por tanto la PMgY, es como sigue:

$$PMgY = -0.0002X + 0.9405$$

$$PMgY = -0.0002(3282.10) + 0.9405$$

$$PMgY = 0.28408$$

El valor que toma la $PMgY = 0.28408$, significa que, por cada Kg de leche que se incrementa en la producción del predio, éste obtiene un incremento de 0.28408 Kg de sólidos totales.

En cuanto al cálculo de la productividad media de los sólidos totales ($PMeY$) se tiene:

$$\begin{aligned}
 PMeY &= (-0.0001X^2 + 0.9405X - 1352.1)/X \\
 PMeY &= -0.0001X + 0.9405 - 1352.1/X \\
 PMeY &= -0.0001(3282.10) + 0.9405 - 1352.1/3282.10 \\
 \mathbf{PMeY} &= \mathbf{0.20032}
 \end{aligned}$$

La $PMeY = 0.20032$, indica el valor promedio que toma el predio en cuanto a los sólidos totales que produce. Este indicador de eficiencia de la producción, bien podría ser comparado con otras ganaderías para poder hacer un análisis de eficiencia.

Función de producción Cobb Douglas

A continuación, se calcula la PMg y la PMe de la leche, con respecto a cada variable interviniente en el modelo. Asimismo, se utilizan los valores promedio de la tabla 10, teniéndose:

$$\mathbf{Q_L = \frac{V^{0.820449} D^{1.363431} H^{0.819735}}{T^{0.917857}}}$$

A continuación, se calcula las *productividades marginales* para cada variable que intervine en el modelo, siendo:

PMg_{QL} con respecto al número de vacas:

$$PMg_{QL} = \partial Q_L / \partial V = \frac{\mathbf{0.820449} V^{(0.820449-1)} D^{1.363431} H^{0.819735}}{T^{0.917857}}$$

$$PMg_{QL} = \partial Q_L / \partial V = 107.67$$

El predio incrementa su producción lechera en 107.67 Kg, si se adiciona una vaca lechera, teniendo en cuenta que todas las demás variables permanecen constantes.

PMg_{QL} con respecto al número de días:

$$PMgQ_L = \partial Q_L / \partial D = \frac{1.363431 V^{(0.820449-1)} D^{(1.363431-1)} H^{0.819735}}{T^{0.917857}}$$

$$PMgQ_L = 296.25$$

Considerando que, todas las variables permanecen constantes en el modelo a excepción del número de días; se tendría que, la producción lechera se incrementaría en 296.25 Kg, sí se adiciona un día de producción.

PMgQ_L con respecto a la humedad:

$$PMgQ_L = \partial Q_L / \partial H = \frac{0.819735 V^{0.820449} D^{1.363431} H^{(0.819735-1)}}{T^{0.917857}}$$

$$PMgQ_L = 35.38$$

35.38 Kg de leche se incrementa siempre que la humedad se eleve en 1%, manteniendo las demás variables constantes.

PMgQ_L con respecto a la temperatura:

$$PMgQ_L = \partial Q_L / \partial T = \frac{-0.917857 V^{0.820449} D^{1.363431} H^{0.819735}}{T^{(0.917857+1)}}$$

$$PMgQ_L = -425.34$$

Considerando que, las variables no cambian y sólo varía la temperatura, se tendría que ante un aumento de 1C° se obtendría la reducción de la producción lechera en 425.34 Kg.

Los cálculos correspondientes a la ***productividad media*** de cada variable que interviene en el modelo son como sigue:

PMeQ_L con respecto al número de vacas:

$$PMeQ_L = Q_L / V = \left(\frac{V^{0.820449} D^{1.363431} H^{0.819735}}{T^{0.917857}} \right) / V$$

$$PMeQ_L = 131.24$$

El predio posee una producción media con respecto al número de vacas lecheras e igual a 131.24 Kg, haciendo que todas las variables permanecen constantes.

PMe_{QL} con respecto al número de días:

$$PMe_{QL} = QL/D = \left(\frac{V^{0.820449} D^{1.363431} H^{0.819735}}{T^{0.917857}} \right) / D$$

$$PMe_{QL} = 217.28$$

Considerando que, todas las variables permanecen constantes en el modelo a excepción del número de días, se tendría que, la producción lechera promedio, es de 217.28 Kg, con respecto al número de días utilizados.

PMe_{QL} con respecto a la humedad:

$$PMe_{QL} = QL/H = \left(\frac{V^{0.820449} D^{1.363431} H^{0.819735}}{T^{0.917857}} \right) / H$$

$$PMe_{QL} = \partial QL / \partial V = 43.16$$

43.16 Kg de leche, es la productividad media respecto a la humedad, manteniendo las demás variables constantes.

PMe_{QL} con respecto a la temperatura:

$$PMe_{QL} = \partial QL / \partial T = \left(\frac{V^{0.820449} D^{1.363431} H^{0.819735}}{T^{0.917857}} \right) / T$$

$$PMg_{QL} = 463.41$$

La PMe_{QL} respecto a la temperatura es de 463.41 Kg, manteniendo las demás variables constantes.

A continuación se muestra índices productivos de la ganadería del predio:

Porcentaje de vacas en producción

La tabla 17 muestra que el predio cuenta con un 64.56% de vacas en producción.

Tabla 17. Porcentaje de vacas en producción

Item	Descripción	Total
1	Vacas en lactación	51
2	Vacas en seca	28
3	Total	79
4	% Vacas en producción	64.56%

La tabla 18 muestra que el predio tiene un promedio general de producción de leche igual a 7.92 L/ vaca al día.

Tabla 18. Promedio diario de producción

Item	Descripción	Total
1	Producción total de leche (L)	626.00
2	Total de vacas	79
3	Promedio diario general de producción	7.92

4.2.8 Fertilización del suelo

En el predio, predominan la siembra de los siguientes pastos: Rye Grass, Festuca, Dactylis Glomerata, Trébol Blanco y Trébol Roja (*Trifolium pratense*); éstos pastos son sembrados sin hacer uso de ningún abono; a ello se debe sumar, la presencia de pastos naturales, destacando La Hierba Oque (*Poa aequatoriensis*), el mismo que está exento de abono.

Si bien es cierto, no se emplea el abono inorgánico en los suelos del predio, pero sí se tiene la presencia de abono orgánico, expresado en materia orgánica; así, se presenta a continuación, el resultado de análisis de suelo de una muestra, correspondiente al predio:

Tabla 19. Análisis de suelos del predio

Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)	PH	Materia Orgánica %
20.33	350	7.0	5.29

Fuente: INIA

A continuación se tiene la interpretación de los resultados:

La presencia de fósforo (P) en el suelo del predio está en un nivel alto; el P es importante, debido a que, la principal función del fósforo en las plantas, es su rol en el almacenamiento y transporte de energía, por lo que, una deficiencia limitará el crecimiento de las mismas. La fertilización con fósforo promueve el crecimiento radicular, dándole a la planta la posibilidad de explorar un mayor volumen de suelo y obtener relativamente más agua y nutrientes que por ejemplo una pasturas sin fertilizar **(Bernal Madrid 2005, 6)**.

Los niveles de potasio producto del análisis, indica que, éste se encuentra en un nivel medio. Este elemento es vital para el desarrollo de las plantas. Ayuda a la planta a usar de modo más eficiente el agua, siendo absorbida en forma iónica (K⁺). Es importante en la formación del fruto; activa enzimas mejorando la calidad del cultivo y aumenta la resistencia contra enfermedades y la tolerancia a las heladas **(Lázaro et al. 2010, 42)**.

El PH del suelo en estudio es neutro; el pH influye para que los iones sean retenidos por los coloides del suelo o queden disueltos en el agua. Un pH bajo disminuye la capacidad de fijación de los coloides del suelo, especialmente para cationes facilitando su lavado. El pH es pues muy importante para la absorción de nutrientes. Las diversas especies de plantas requieren también diferentes niveles de pH **(Kolmans y Vásquez 1999, 21)**.

Son altos los niveles de materia orgánica en el suelo del predio; su importancia reside en la aplicación de materiales orgánicos tiene un efecto significativo sobre las características físicas del suelo. Cualquier residuo orgánico sin descomponer no tiene ningún efecto sobre el suelo. Sin embargo, a medida que el material se mineraliza (descompone), por acción de los microorganismos, se liberan nutrientes y se acumulan

los compuestos estables de carbono denominados generalmente humus (**IPNI 2003, 78**).

4.2.9 Factores climáticos

Los factores climáticos, juegan un papel fundamental en la producción lechera, es así que, el ganado puede estar expuesto a estrés por altas o bajas temperaturas.

El estrés por calor resulta de la incapacidad del organismo para disipar suficiente cantidad de calor corporal y mantener la homeotermia. El calor a eliminar proviene del gasto energético de mantenimiento, la ineficacia de los procesos productivos y los procesos digestivos. La principal vía de eliminación de calor metabólico a altas temperaturas es la evaporación de agua desde el tracto respiratorio y sobre todo desde la piel. Los factores ambientales que determinan la capacidad de eliminar calor son temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación solar, medidos en su conjunto como Temperatura Ambiente Efectiva. La consecuencia directa del estrés por calor es una menor producción de leche. Las medidas a adoptar son básicamente tres: modificación de los alojamientos, adaptación del manejo de la alimentación y cambios en la formulación de las raciones (**Martínez 2006, 18**).

Cuando se considera el estrés por frío, es importante pensar en el balance de energía de los animales. Para mantener la homeotermia, la pérdida de calor del animal debe igualar su producción de calor. Durante el invierno se incrementa marcadamente la pérdida de calor no evaporativo (radiación, conducción y convección). Para ayudar a los animales a enfrentar su ambiente, el productor puede, por ejemplo, suministrar calor suplementario o reducir las pérdidas de calor mediante reparos, barreras para el viento, provisión de cama abundante y de adecuado aislamiento térmico en las instalaciones de confinamiento, etc.. Obviamente las decisiones o medidas concretas a adoptar, están en función de un gran número de factores, como especie animal, tipo o sistema de producción, aspectos económicos (costos de las medidas a adoptar y valor del producto final), etc (**Echeverría y Miazzi 2002, 16**).

La vaca lechera se desenvuelve productivamente bien en un rango de temperaturas ambientes de 5 – 21 ° C, con humedad relativa de 50% y velocidad de viento de 5-8 km/hora (**Bartaburu 2001, 1**).

Tabla 20. Temperatura y humedad

Quincena	Temperatura Aire (°C)			Humedad Relativa (%)			*ITH
	Min.	Max.	*Prom.	Min.	Max.	*Prom.	
1	4.63	10.80	7.71	68.20	97.27	82.74	47.11
2	4.18	11.09	7.63	64.71	97.15	80.93	47.10
3	4.26	10.37	7.31	70.79	97.59	84.19	46.36
4	2.11	10.66	6.39	53.89	97.45	75.67	45.51
11	2.94	10.40	6.67	53.98	94.30	74.14	46.07
13	2.95	10.54	6.74	46.91	93.82	70.36	46.47
14	2.64	10.53	6.58	47.65	93.36	70.51	46.22
17	2.76	10.34	6.55	50.93	92.99	71.96	46.06
18	3.49	11.70	7.60	51.57	95.91	73.74	47.53
19	3.54	11.62	7.58	55.85	95.77	75.81	47.37
D.E	0.8109	0.5042	0.5338	8.4835	1.8066	4.9860	0.6636
Promedio	3.35	10.80	7.08	56.45	95.56	76.01	46.58
C.V	24.21%	4.67%	7.54%	15.03%	1.89%	6.56%	1.42%

Fuente: Gerencia Medio Ambiente de Gold Fields La Cima S.A

* Elaboración propia

La construcción del modelo de producción, ha utilizado la data referida a los factores más relevantes e influyentes en la producción lechera, siendo éstos, la temperatura y la humedad.

En la tabla 20, se aprecian los valores que toman tanto la temperatura como la humedad. Para efectos de cálculos del modelo, se ha adoptado los valores promedio, cabe precisar que, la información, corresponde a 10 quincenas observadas del año 2012. Se considera un aspecto importante, el cual es la dispersión de los datos, afirmándose que éstos son homogéneos, según el criterio del coeficiente de variación (CV). A su vez se presenta el índice temperatura – humedad.

Asimismo, existe un índice que relaciona la humedad y la temperatura, como lo describe (**Mujika 2005, 39**), el cual es:

$$ITH = 0,81 * T^a + HR * (TA - 14,4) + 46,4$$

Donde:

ITH : Índice que relaciona la humedad y temperatura.

T^a : Temperatura ambiente

HR : Humedad relativa

A continuación, se procede a calcular el estrés calórico del ganado; siendo:

$$ITH = 0,81 * T^a + HR * (TA - 14,4) + 46,4$$

$$ITH = 0,81 * 7,08 + 0,7601 * (7,08 - 14,4) + 46,4$$

$$ITH = 46,57$$

Teniendo en consideración que valores de $ITH \leq 74$, no presenta estrés calórico.

4.3 Costos

4.3.1 Costo de materiales

Los costos que se incurren durante un mes en materiales, ascienden a S/. 6142.13, los cuales están dados, principalmente, por los costos fijos, de los que, resalta el concepto del forraje verde, dado que, el predio tiene como costo S/. 0.05 por kg; un concepto menor en cuanto a costos, está dado por el uso de concentrados y, es catalogado como costo variable, es decir, no es constante en el tiempo. Lo manifestado se puede evidenciar en la tabla 21.

Tabla 21. Costo mensual de materiales del predio

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/.	Total S/.
I.	Costos Variables				1440.00
1.1	Concentrados	Kg	720.00	2.00	1440.00
II.	Costos Fijos				4702.13
1.1	Forraje verde	Kg	73200.00	0.05	3489.20
1.2	Forraje seco	Kg	0.00	0.00	0.00
1.3	Medicina veterinaria	Mes	1.00	450.00	450.00
1.4	Inseminación	Und	1.00	200.00	200.00
1.5	Reproducción natural	Monta	7.00	71.25	498.75
1.6	Materiales de ordeño (al año)	Global			64.18
III.	Total				6142.13

4.3.2 Costo de mano de obra

La tabla 22 evidencia que el predio no tiene costos variables y, también, parte de los costos fijos, referidas a cargas de personal, lo cual, da evidencia que el personal no está en planilla y, por ende está exento de beneficios sociales. Sin embargo, los costos fijos mensuales que ascienden a S/. 4024.58, corresponde al pago de personal, que brinda el servicio de pastoreo, ordeño y guardianía; efectuándose, bajo la figura de jornal.

Tabla 22. Costo de mano de obra del predio

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/.	Total S/.
I.	Costos Variables				0.00
1.1	Cargas sociales (Seguro social agrario 4% de RMV)	Global			0.00
1.2	Otras cargas de personal	Global			0.00
II.	Costos Fijos				4024.58
2.1	Pastoreo	Jornal	210.00	8.33	1749.83
2.2	Ordeño	Jornal	210.00	8.33	1749.83
2.3	Guardianía	Jornal	90.00	5.83	524.93
2.4	Cargas sociales (Seguro social agrario 4% de RMV)	Global			0.00
2.5	Otras cargas de personal	Global			0.00
III.	Total				4024.58

4.3.3 Costo indirecto de producción

Los costos indirectos de producción, ascienden a S/. 11094.86 mensualmente; distribuidos en costos variables y fijos, estos últimos son de mayor relevancia, puesto que, se incurre con S/. 9284.86, de los cuales, el agotamiento de la vaca lechera, el costo de mortalidad por vaca y agotamiento de invernadas, son los de mayor representatividad.

Un aspecto importante de los costos indirectos de producción, reside en la administración del predio; ello se puede evidenciar, que ésta práctica es totalmente empírica, explicándose por la ausencia de un administrador. Lo señalado anteriormente se puede apreciar en la tabla 23.

Tabla 23. Costos indirectos de producción

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/.	Total S/.
I.	Costos Variables				1810.00
1.1	Cargas financieras	Global			0.00
1.2	Suministros diversos	Global			1250.00
1.3	Servicios prestado por terceros (veterinario)	Global			560.00
II.	Costos Fijos				9284.86
2.1	Cargas financieras	Global			0.00
2.2	Agotamiento de la vaca	Mes	51.00	54.69	2789.06
2.3	Costo mortalidad/vaca	Global			2541.67
2.4	Agotamiento de las invernadas	Mes	1.00	2171.13	2171.13
2.5	Depreciación del establo	Mes	0.00	0.00	0.00
2.6	Servicios prestado por terceros (veterinario)	Mes	1.00	50.00	50.00
2.7	Suministros diversos	Global			850.00
2.8	Remuneración del administrador	Global			0.00
2.9	Miscelaneos	Global			3.00
2.10	Gastos generales	Global			660.00
2.11	Imprevistos	Global			220.00
III.	Total				11094.86

4.3.4 Costos por impacto minero

La minería que se desarrolla en las proximidades del predio, viene surtiendo impactos negativos, que, desde el punto de vista de costos, es traducido en dos rubros; uno de ellos, está referido a la mortalidad del ganado lechero (sólo se incluye las vacas), del cual se ha podido evidenciar que, en promedio, mueren 1.17 vacas al mes, lo cual va en perjuicio de los propietarios, puesto que, el costo promedio es de S/. 3062.50. Un segundo aspecto, en el cual la minería viene impactando, de manera negativa, es la presencia de ganado enfermo, del cual se tiene un costo mensual de S/. 1088.89. Al considerar los costos totales por impacto minero, se tiene que, estos mensualmente ascienden a S/. 4151.39, pero, si se haría una proyección anual, los costos serían S/. 49816.68, monto que va en menoscabo del ganadero del predio.

Tabla 24. Costos por impacto minero

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/.	Total S/.
I.	Costos por impacto minero				4151.39
1.1	Valorización de vacas muertas	Und	1.17	2625.00	3062.50
1.2	Valorización de vacas enfermas	Und	4.08	266.67	1088.89
II.	Total				4151.39

4.3.5 Deducciones

Las deducciones que se muestran en la tabla 25, están referidas a ingresos que percibe el predio y que se hace necesario considerar al momento de efectuar el cálculo del costo de producción de la leche; en tal sentido, las deducciones mensualmente ascienden a S/. 4695.76 nuevos soles, observándose que la venta de vacas al camal, terneros y pastoreo de ganado, que no se encuentra en producción, tienen mayor representatividad en la composición de las deducciones.

Tabla 25. Deducciones

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/.	Total S/.
I.	Deducciones				4695.76
1.1	Venta de terneros	Und	1.50	1050.00	1575.00
1.2	Venta de vaquillas	Und	0.00	1800.00	0.00
1.3	Venta de vaquillonas	Und	0.25	2375.00	593.75
1.4	Venta de vacas al camal	Und	1.08	1475.00	1597.92
1.5	Misceláneos	Global			150.00
1.6	Venta de guano	Global			0.00
1.7	Pastoreo de ganado que no está en producción.	Jornal	120.00	5.19	623.27
1.8	Guardianía de ganado que no está en producción.	Jornal	30.00	5.19	155.82
II.	Total				4695.76

4.3.6 Análisis de costos

Para efectuar este análisis, se procede a resumir los diversos costos que se incurre en el predio, siendo estos:

Tabla 26. Resumen de los costos

Item	Descripción	Total S/.
1.	Costos variables	3250.00
2.	Costos fijos	22162.95
3.	Sub total	25412.95
4.	Deducciones	4,695.76
5.	Costo total*	20717.19

Fuente: Resumen tablas: 21, 22, 23, 24 y 25.

A partir de la información, se procede a calcular los diversos costos, para ello utilizamos las siguientes ecuaciones del costo:

Costo total

$$CT = CFT + CVT$$

$$CT = 22162.95 + 3250.00$$

$$CT = 25412.95$$

Del CT, se resta las deducciones, quedando el CT*:

$$CT^* = 20717.19$$

Costo total medio (CTMe*)

Es posible deducirlo a partir del CT*, pero, para ello, se incorpora el volumen de producción de leche, el cual es de 18780.00 L/mes.

$$CTMe^* = CT^*/Q$$

$$CTMe^* = 20717.19/18780$$

$$CTMe^* = S/. 1.10$$

Costo fijo medio (CFMe*)

Se deduce a partir de la siguiente ecuación:

$$CFMe^* = CFT^*/Q$$

Sin embargo, es necesario incorporar una proporción de las deducciones igual a 87.211% (resultado: $CFT/CT = 22162.95/25412.95$), que resta al CFT, quedando:

$$CFMe^* = 18067.72/18780$$

$$CFMe^* = S/. 0.96$$

Costo variable medio (CVMe*)

Se deduce a partir de la siguiente ecuación:

$$CT^* = CFMe^* + CVMe^*$$

$$CVMe^* = CT^* - CFMe^*$$

$$CVMe^* = 1.10 - 0.96$$

$$CVMe^* = S/. 0.14$$

Costo marginal (CMg*)

Su cálculo es posible de efectuar a partir de encontrar la ecuación del CT^* , luego, se procede a encontrar la derivada del CT^* , respecto a la producción; siendo esto:

$$CT^* = CF^* + mQ$$

Donde: m es la pendiente del CT^* , su cálculo es posible a través de la ecuación de la pendiente: $m = (Y - Y_0)/(X - X_0)$, considerando que se tiene dos pares ordenados:

* $(0, 18067.72)$, cuando el nivel de producción es cero ($Q = 0$), siempre se incurre en un $CF = 18067.78$.

* $(25131.74, 21613.30)$, se sabe que la producción de equilibrio es. $Q_e = 25131.74$, por ende, en este punto, los costos son iguales a los ingresos, razón por la cual, se puede calcular el CT^* e igual a $(21613.30 = 0.86 * 25131.74)$.

Por tanto la pendiente, toma el valor de:

$$m = (21613.30 - 18067.72)/(25131.74 - 0)$$

$$m = 0.14$$

Por tanto el CT*, se expresa así:

$$CT^* = 25131.74 + 0.14Q$$

De donde se tiene el CMg*:

$$dCT^*/dQ = 0.14$$

Nótese que el CMg*, es igual al CVu*, lo cual implica que por cada litro de leche, adicional producido, se incurre en un costo adicional de S/. 0.14.

4.4 Punto de equilibrio

En la tabla 27, se tiene los datos y la obtención del punto de equilibrio, con la salvedad que se tiene, dos puntos de equilibrio; es decir, el primer escenario, está referido a la no afectación de la actividad minera a la ganadería del predio y su producción lechera; y, el segundo escenario incorpora las afectaciones mineras.

Tabla 27. Cálculo del punto de equilibrio

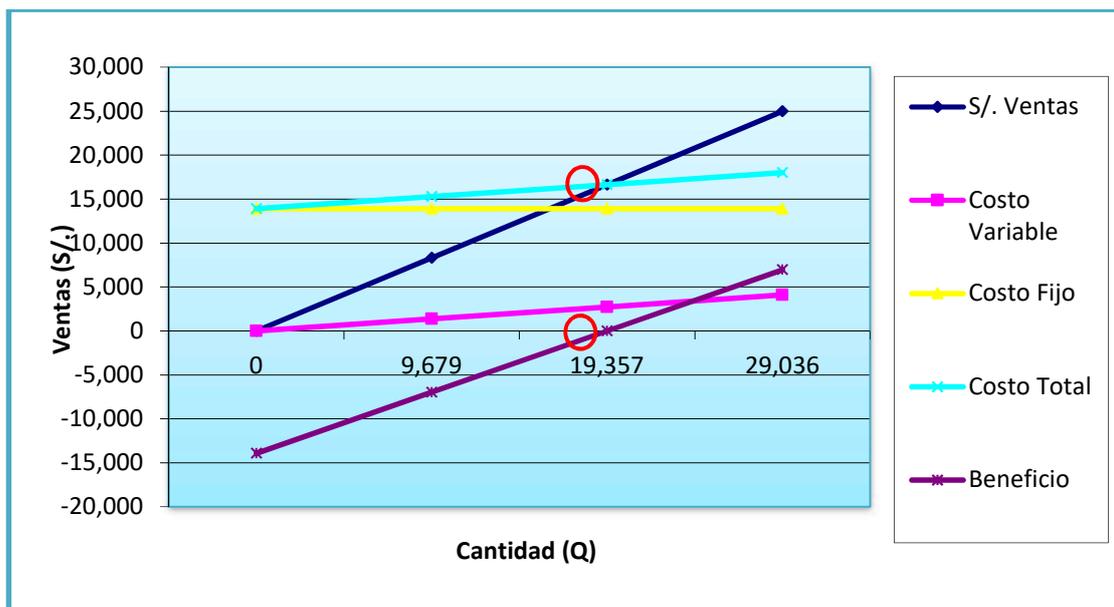
Descripción	Und	Escenario 1	Escenario 2
Costo Fijo Total (CFT)	S/.	13916.33	18067.72
Costo Variable Total (CVT)	S/.	2649.47	2649.47
Precio de Venta (Pv)	S/.	0.86	0.86
Producción lechera (Q)	L	18780.00	18780.00
Cantidad de Equilibrio (Qe)	L	19357.26	25131.74
Vacas requeridas en el PE	Und	55	72

La obtención del punto de equilibrio, ha sido posible mediante la consideración de las deducciones, incorporadas a los CFT y CVT, con una proporción de 87.21% y 12.79%, respectivamente.

La interpretación del punto de equilibrio para el escenario 1, haciendo uso del supuesto, que no existe influencia alguna de la actividad minera en la ganadería del predio, es como sigue: se requiere 19357.26 L/mes, para que no se gane ni pierda, volúmenes superiores al Q_e obtendrá beneficios. A su vez, se requiere de 55 vacas, para alcanzar el nivel de producción del punto de equilibrio.

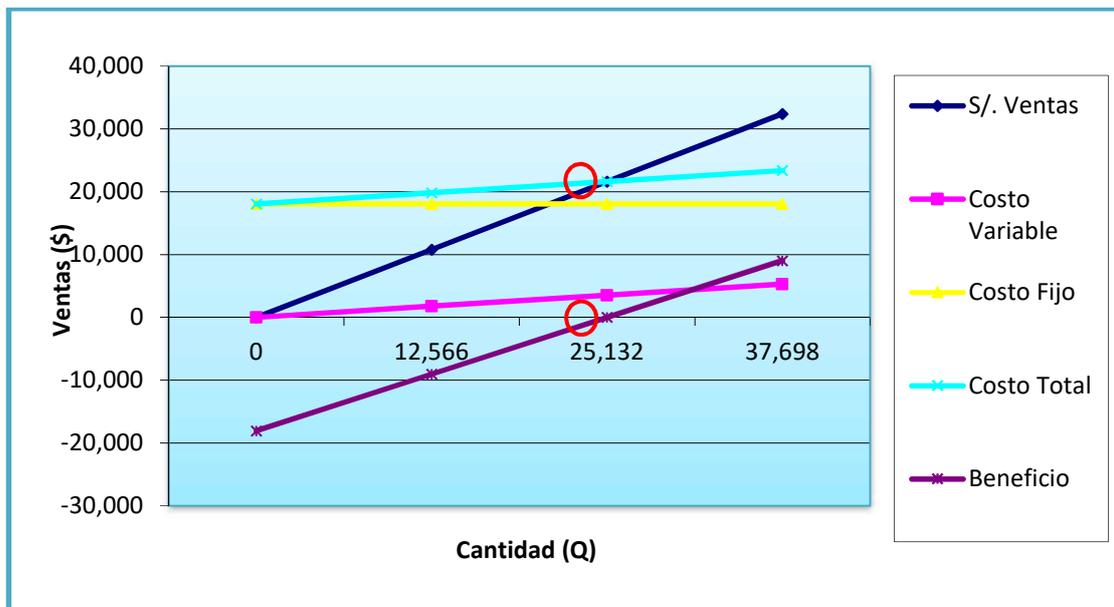
Respecto al escenario 2, teniendo en cuenta las condiciones en las que se desarrolla la ganadería del predio y en presencia de minería, se tiene que, para que no se incurra en pérdidas, pero tampoco gane, es necesario tener un volumen de producción de 25131.74 L/mes, lo cual es posible con 72 vacas.

A continuación, se grafica el punto de equilibrio, para los dos escenarios:



Gráfica 5: Punto de equilibrio del escenario 1

Como bien se puede apreciar en esta segunda gráfica, los volúmenes de producción de leche son mayores, de modo que, permita tener un nivel de ventas mayor y así no incurrir en pérdidas.



Gráfica 6: Punto de equilibrio del escenario 2

Con los resultados de los dos escenarios, es fácil comprender que, existe afectación de la actividad minera en términos del requerimiento mínimo de volúmenes de producción de leche, es así que, en la tabla 23, se puede observar que los CTF del escenario actual (con presencia minera) es mayor en relación al escenario hipotético (ausencia de actividad minera) en un 29.83%, razón por la cual, se requiere una producción de equilibrio mayor.

4.5 Modelo matemático y optimización de la producción lechera del predio

A continuación se desarrolla, dos modelos de optimización; el primero, está orientado a la búsqueda de una solución óptima, que permita minimizar el costo de la ración del alimento que se brinda al ganado; asimismo, se tiene un segundo modelo matemático de programación lineal, el cual es desarrollado con la finalidad de obtener una solución óptima, en cuanto a la maximización de beneficios económicos.

La construcción del modelo, es posible con los análisis realizados a las diversas muestras de forraje, análisis de costos, componentes de la alimentación, peso y entre otros; a ello se adiciona, las consideraciones de las normas NRC americano.

4.5.1 Modelo matemático de optimización de alimentos

La construcción del modelo de programación lineal, requiere de información económica, la misma que, se emplea en la función objetivo, en razón de ello, la tabla 28 muestra el costo por Kg del pasto que se emplea en el predio.

Tabla 28: Costo (S/.) por Kg de los pastos del predio

Rye grass*	Festuca**	Dactylis Glomerata***	Trebol Blanco*	Trebol Rojo*	Hierba Oque
0.08	0.036	0.025	0.06	0.07	0.015

Fuente: Elaboración propia y: * DRA Cusco, ** Semillas de Césped y semillas forrajeras Picasso S.A, *** Fernández et al. 2010, 13.

Empleando la información del análisis proximal, a excepción de la materia seca, requerimientos necesarios para la composición de la ración y el costo de los diferentes pastos integrantes de la ración, se sintetiza la información en la tabla 29, para luego proceder, con la obtención de la solución óptima:

Tabla 29. Datos para optimizar la ración alimenticia

DESCRIPCIÓN	U.M	CANTIDAD SEGÚN PASTO						Requerimiento
		Rye grass	Festuca	Dactylis Glomerata	Trebol Blanco	Trebol Rojo	Hierba Oque	
Proteína cruda	%	10.94	9.88	13.88	16.33	16.99	12.27	14.00
Extracto etéreo (grasa bruta)	%	1.92	2.05	1.95	2.03	1.92	2.07	5.00
Fibra cruda	%	21.27	20.49	30.87	26.82	22.16	20.25	30.00
Cenizas (minerales totales)	%	10.89	6.18	7.41	10.54	10.46	8.41	6.00
Extracto libre de nitrógeno	%	54.98	61.40	46.39	44.28	48.47	57.00	45.00
Energía bruta	Kcal/Kg .MS	3962.68	4149.76	4145.45	4063.93	4071.49	4093.44	4374.00

Fuente: * Informes de análisis proximales, realizados por la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la UNC.

* N.R.C. 2001

A continuación, se formula el modelo de optimización, el cual es, de minimización de costos de la ración:

Minimizar $0.08A + 0.036B + 0.025C + 0.06D + 0.07E + 0.015F$

Sujeto a:

Proteína cruda:	$10.94A + 9.88B + 13.88C + 16.33D + 16.99E + 12.27F$	≥ 14
Extracto etéreo:	$1.92A + 2.05B + 1.95C + 2.03D + 1.92E + 2.07F$	$= 5$
Fibra cruda:	$21.27A + 20.49B + 30.87C + 26.82D + 22.16E + 20.25F$	≥ 30
Cenizas:	$10.89A + 6.18B + 7.41C + 10.54D + 10.46E + 8.41F$	≥ 6
Extracto libre de N.:	$54.98A + 61.40B + 46.39C + 44.28D + 48.47E + 57.00F$	≥ 45
Energía bruta:	$3962.68A + 4149.76B + 4145.45C + 4063.93D + 4071.49E + 4093.44F$	≥ 4374
A, B, C, D, E, F		≥ 0

Donde:

A	:	Rye grass.
B	:	Festuca.
C	:	Dactylis Glomerata.
D	:	Trébol Blanco.
E	:	Trébol Rojo.
F	:	Hierba Oque.

La solución del modelo es posible a través del uso del programa POM y el Solver del Excel, tal como se muestra a continuación:

Solución con POM:

1° Usando la información de las tablas 28 y 29, se sube los datos del modelo matemático al programa, y se obtiene el siguiente resultado:

	A	B	C	D	E	F		RHS	Dual
Minimize	.08	.036	.025	.06	.07	.015			
Proteína cruda (%)	10.94	9.88	13.88	15.33	16.99	12.27	>=	14	0
Extrato etéreo (grasa bruta) (%)	1.92	2.05	1.95	2.03	1.92	2.07	=	5	-.0072
Fibra cruda (%)	21.27	20.49	30.87	25.82	22.16	20.25	>=	30	0
Cenizas (minerales totales) (%)	10.89	6.8	7.41	13.54	10.46	8.41	>=	6	0
Extrato libre de nitrógeno (%)	54.98	61.4	46.39	44.28	48.47	57	>=	45	0
Energía bruta (Kcal/Kg.DS)	3952.68	4149.76	4145.45	4063.93	4071.49	4093.44	>=	4374	0
Solution->	0	0	0	0	0	2.4155		.0362	

Figura 1: Solución del modelo, usando el POM

El resultado muestra que es posible minimizar la función objetivo, cumpliendo con todas las restricciones, ésta tiene un valor de S/. 0.0362 por Kg. Asimismo, la solución expresa que la composición de la ración, debe estar dado, exclusivamente, por el uso de forraje verde: Hierba Oque.

Solución con Solver:

1° Con la información de las tablas 28 y 29 y, en una hoja de Excel se procede a detallar el modelo de optimización, obteniéndose la solución. A continuación, se tiene un cuadro de diálogo, en el cual, Solver reporta la confirmación de haber encontrado la solución óptima y haber satisfecho todas las restricciones y condiciones planteadas por el modelo, en razón de ello se tiene:

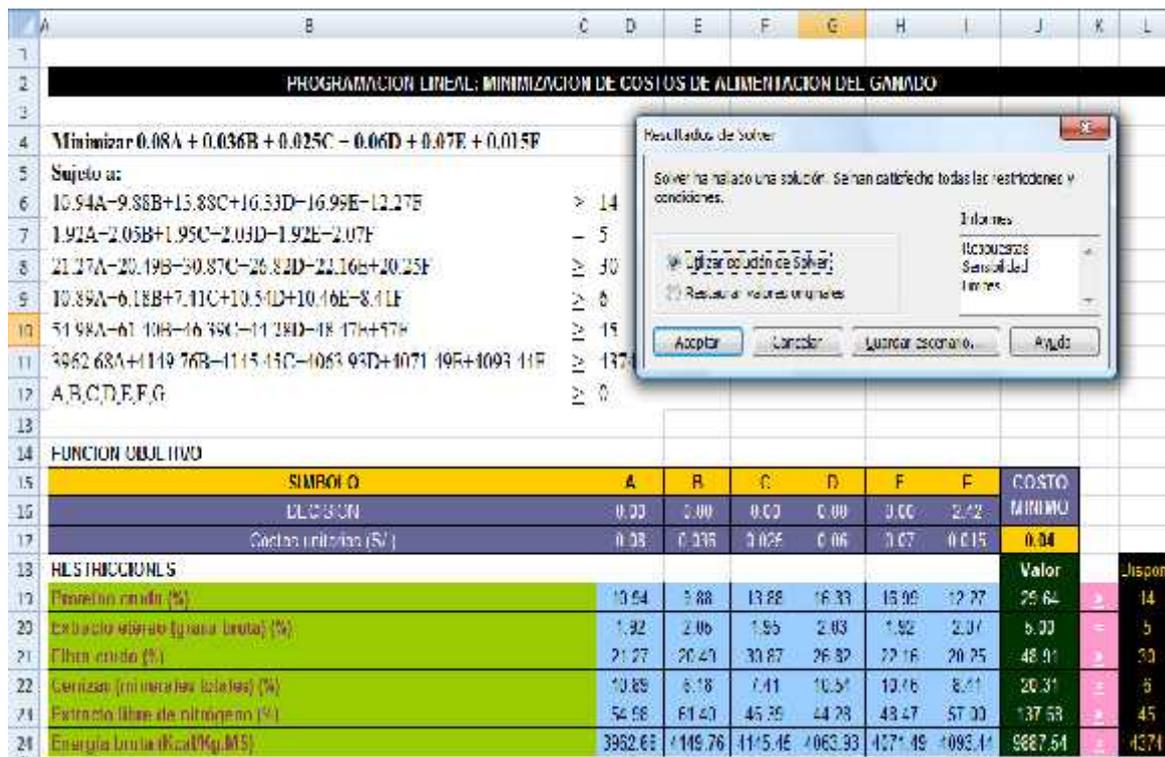


Figura 2: Solución del modelo, usando Solver

Al minimizar la función objetivo y al cumplirse con todas las restricciones, ésta tiene un valor de S/. 0.04 por Kg, con lo que, está minimizándose el costo; además, la solución al modelo, expresa que la composición de la ración, debe estar dada única y exclusivamente por el uso de forraje verde la Hierba Oque.

Análisis de sensibilidad:

El último paso, corresponde a efectuar el análisis de sensibilidad, para ello se ha obtenido el siguiente reporte:

Objective: Maximize Minimize

Instruction: There are more results available in additional windows. These may be opened

(in table 1) Solution 1

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
A	0	0.651	0.8	0.139	Infinity
B	0	0.711	0.36	0.149	Infinity
C	0	0.109	0.25	0.141	Infinity
D	0	0.453	0.8	0.147	Infinity
E	0	0.581	0.7	0.139	Infinity
F	2.4155	0	0.15	-Infinity	0.285

Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Proteína cruda (%)	0	15.6377	14	-Infinity	29.6377
Extracto etéreo (grasa bruta) (%)	-0.0072	0	5	0.0067	Infinity
Fibra cruda (%)	0	13.913	30	-Infinity	43.9131
Cenizas (minerales totales) (%)	0	14.314	6	-Infinity	20.314
Extracto libre de nitrógeno (%)	0	92.6811	45	-Infinity	137.6812
Energía bruta (Kcal/Kg.MS)	0	5513.534	4374	-Infinity	9837.536

Figura 3: Análisis de sensibilidad, usando POM

El reporte del software POM, indica que los costos se reducen en S/. 0.0072, siempre que se adicione en 1% de extracto étereo.

Microsoft Excel 12.0 Informe de sensibilidad
 Hoja de cálculo: [MODELO INVESTIGACION3.xlsx]PLR6
 Informe creado: 16/06/2013 19:32:21

Celdas cambiantes

Celda	Nombre	Valor Igual	Gradiente reducido	Coefficiente objetivo	Aumento permisible	Aumento permisible
\$D\$16	DECISION A	0.00	0.07	0.08	1E+30	0.056085957
\$E\$16	DECISION B	0.00	0.02	0.036	1E+30	0.021144928
\$F\$16	DECISION C	0.00	0.01	0.025	1E+30	0.010369555
\$G\$16	DECISION D	0.00	0.05	0.06	1E+30	0.045289855
\$H\$16	DECISION E	0.00	0.06	0.07	1E+30	0.056085957
\$I\$16	DECISION F	2.42	0.00	0.015	0.011538452	1E+30

Restricciones

Celda	Nombre	Valor Igual	Sombra precio	Restricción lado derecho	Aumento permisible	Aumento permisible
\$J\$19	Proteína cruda (%) Valor	29.64	0.00	14	15.63768116	1E+30
\$J\$20	Extracto etéreo (grasa bruta) (%) Valor	5.00	0.01	5	1E+30	1.933333333
\$J\$21	Fibra cruda (%) Valor	48.91	0.00	30	18.91304348	1E+30
\$J\$22	Cenizas (minerales totales) (%) Valor	20.31	0.00	6	14.31400956	1E+30
\$J\$23	Extracto libre de nitrógeno (%) Valor	137.68	0.00	45	92.68115942	1E+30
\$J\$24	Energía bruta (Kcal/Kg.MS) Valor	3887.54	0.00	4374	5513.535232	1E+30

Figura 4: Análisis de sensibilidad, usando Solver

El análisis de sensibilidad indica: Se tendría una reducción del costo en S/. 0.01, si se dispusiera de 1% adicional de estrato etéreo (grasa bruta). Cuando el extracto etéreo es de 5%, el precio sombra es válido para un incremento de 1E+30% y un decremento permisible de 1.93%; puesto que, (5% - 1.93%) y (5%+(1E+30) %), el cambio del valor óptimo por cada unidad porcentual de aumento de las condiciones de requerimientos o recurso, conservándose constantes los demás datos, es de 0.01.

4.5.2 Modelo matemático de maximización de beneficios económicos

La elaboración de este modelo es posible a partir de las consideraciones tomadas en la construcción del modelo de optimización anterior y, a ello se incorpora, los elementos referidos a costos y restricciones como la alimentación, consumo de agua, etc. A continuación se presenta los costos anuales que incurre el predio, en base a las tablas 21, 22, 23 y 24:

Tabla 30. Costos anuales que incurre el predio

Descripción	U.M	Cantidad	Disponibilidad
Costo de materiales	S/.	1445.21	73705.51
Costo en mano de obra	S/.	946.96	48294.96
Costos indirectos de producción	S/.	2610.56	133138.56
Costo de vacas muertas	S/.	2625	39375
Costo de vacas enfermas	S/.	266.67	13600.17

A continuación, se formula el modelo de optimización, el cual está diseñado, para maximizar los beneficios económicos del predio:

Maximizar $4120.97X - (0.08A + 0.036B + 0.025C + 0.06D + 0.07E + 0.015F)$

Sujeto a:

Alimentación:	$40.50X$	≤ 73200
Agua:	$45.50X$	≤ 2530.5
Periodo lactación:	$112X$	≥ 5172
Peso:	$400.50X$	≥ 21300.5
Vida útil:	$5.5X$	≥ 312
Producción:	$11.75X$	≥ 626
Área terreno:	$16.5X$	≥ 879
Proteína cruda:	$10.94A + 9.88B + 13.88C + 16.33D + 16.99E + 12.27F$	≥ 14
Extracto etéreo:	$1.92A + 2.05B + 1.95C + 2.03D + 1.92E + 2.07F$	$= 5$
Fibra cruda:	$21.27A + 20.49B + 30.87C + 26.82D + 22.16E + 20.25F$	≥ 30

Cenizas:	$10.89A + 6.18B + 7.41C + 10.54D + 10.46E + 8.41F$	≥ 6
Extracto libre de N.:	$54.98A + 61.40B + 46.39C + 44.28D + 48.47E + 57.00F$	≥ 45
Energía bruta:	$3962.68A + 4149.76B + 4145.45C + 4063.93D + 4071.49E + 4093.44F$	≥ 4374
Distribución pastos:	$0.05A + 0.005B + 0.55C + 0.20D + 0.01E + 0.185F$	≤ 100
Costo materiales:	$1445.21X$	≤ 73705.51
Costo mano obra:	$946.96X$	≤ 48294.96
Costos indir. Prod.:	$2610.56X$	≤ 33138.56
Costo vacas muertas:	$2625X$	≤ 39375.0
Costos vacas enfermas:	$266.67X$	≤ 13600.17
X, A, B, C, D, E, F		≥ 0

Donde:

X	:	Número de vacas lecheras
A	:	Rye grass.
B	:	Festuca.
C	:	Dactylis Glomerata.
D	:	Trébol Blanco.
E	:	Trébol Rojo.
F	:	Hierba Oque.

Se utiliza, al igual que el modelo anterior el programa POM y el Solver del Excel, para buscar la solución óptima al modelo, teniéndose:

Solución con POM:

1° En base a la información de las tablas 28, 29 y 30, se carga los datos del modelo matemático al programa, obteniéndose el siguiente resultado:

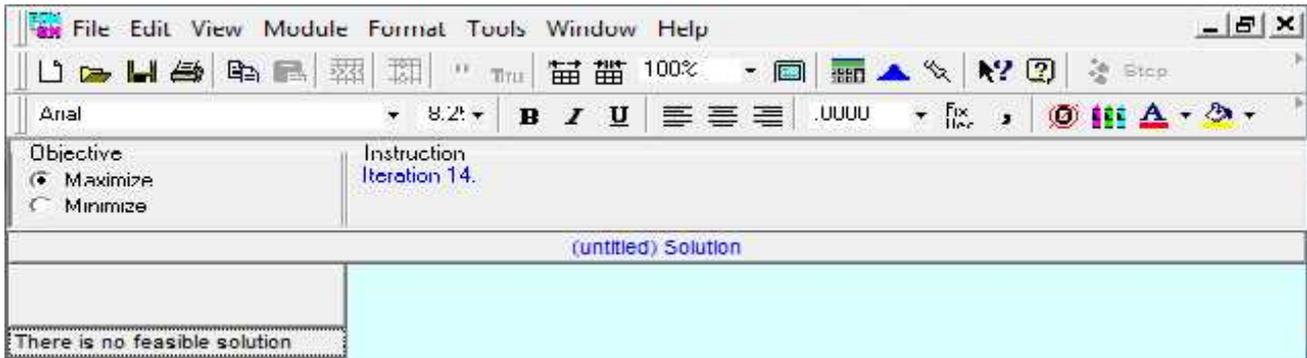


Figura 5: Resolución de modelo que maximiza los beneficios económicos

El resultado que brinda el POM, muestra que no es posible maximizar el modelo matemático.

Solución con Solver:

1° En una hoja de Excel se detalla el modelo de optimización, utilizando información de las tablas: 28, 29 y 30; el resultado que se muestra es un cuadro de diálogo en el cual Solver reporta que no ha sido posible encontrar una solución óptima y, por ende, no se satisface las restricciones del modelo, tal como se muestra a continuación:

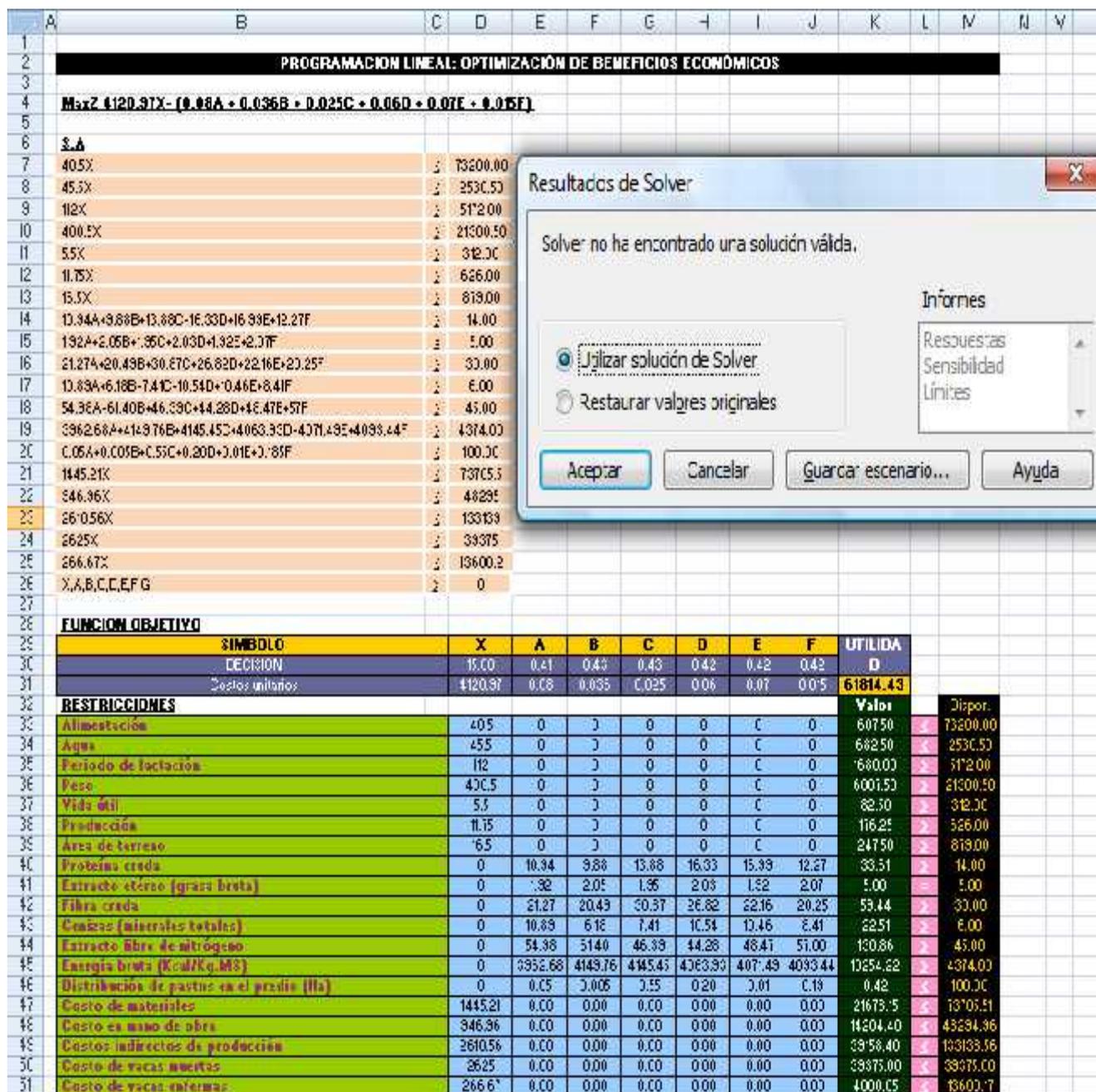


Figura 6: Resolución de modelo que maximiza los beneficios económicos.

La no obtención de una solución óptima, factible para el modelo matemático propuesto, conlleva a no realizar el análisis de sensibilidad; sin embargo, el hecho de no tener una solución óptima, no invalida el uso de la programación lineal, si no que da a lugar, el repensar sobre la estructura y conformación de las diversas restricciones del modelo.

El modelo desarrollado, se basa en tres supuestos fundamentales: la linealidad, la divisibilidad y la certidumbre; si estos supuestos se relajan o flexibiliza se debe considerar:

Si el supuesto de linealidad falla, debiera considerarse el uso de Programación No Lineal; no obstante, en muchos casos podrá asumirse linealidad para los niveles de actividad relevantes y, en otros casos, existirá la posibilidad de replantear el problema en una forma adecuada para que se cumpla este supuesto. Al respecto, debe acotarse que los algoritmos de resolución en Programación Lineal son mucho más poderosos que en Programación No Lineal.

Divisibilidad. Es posible fabricar o vender una fracción de unidad de producto. En caso contrario se debiera considerar el uso de Programación Lineal Entera. Al respecto, cabe recordar que el simple redondeo de una solución fraccionaria al entero más próximo, puede arrojar una solución infactible con los insumos de que se dispone, o bien, una solución bastante alejada de la verdadera solución óptima entera.

Certidumbre. Los valores de los parámetros del modelo son conocidos, es decir, se conocen los valores de a_{ij} , c_j , b_i . En realidad, los valores de a_{ij} , c_j , b_i que se utilizan al formular el PPL son sólo estimaciones. Sin embargo, el análisis de sensibilidad o post-optimal permite conocer el comportamiento de la solución óptima, ante variaciones en los valores de esos parámetros (**Devoto y Ruiz 2003, 43-44**).

4.5 Interacciones de los componentes en el modelo de optimización

A través del siguiente diagrama, se ilustra la interacción que se presenta entre la actividad minera, el medio ambiente, en el cual se desarrolla la actividad; éste, a su vez, con los componentes del modelo de optimización y, por ende, su relación con la producción lechera:

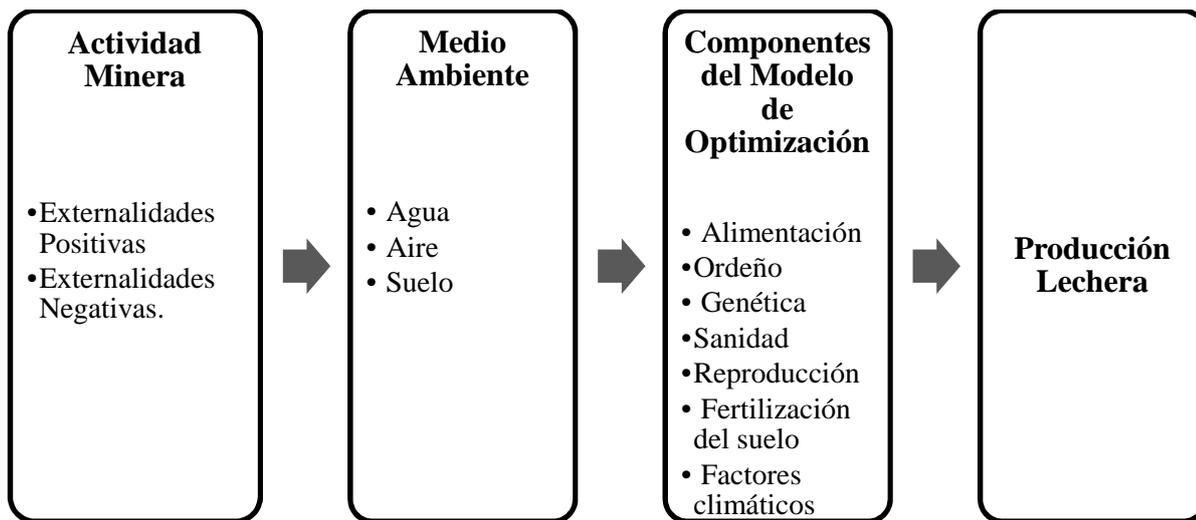


Diagrama 2. Interacción de los componentes del modelo de optimización

La minería que desarrolla Gold Fields La Cima S.A, es del tipo superficial, o más conocida, como tajo abierto; debido a que, el mineral se encuentra disperso en el suelo, razón por la cual, requiere de grandes remociones de capas de excedente y así lograr la obtención del mineral; con ello, se tiene la alteración de flora – fauna y, por ende, se genera externalidades. En cuanto a impactos ambientales se refiere, éstos pueden presentarse en:

1. Recurso hídrico. Tal vez el impacto más significativo de un proyecto minero es el efecto en la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos en la zona del proyecto. Las preguntas principales son si tanto el agua superficial como el agua subterránea permanecerán aptas para consumo humano, y si la calidad de las aguas superficiales en el área del proyecto seguirá siendo adecuada para mantener las especies acuáticas nativas y la vida silvestre terrestre (ELAW 2010, 9).

Como resultado del proceso de obtención de minerales se generan desechos y residuos, que son una mezcla de roca triturada, agua y reactivos químicos residuales, denominados “relaves mineros”, los cuales son depositados en plantas de recuperación de agua o en lugares de almacenamiento de relaves. En estos lugares, los relaves son acumulados en el fondo de la poza de almacenamiento y el agua residual es recuperada para ser reutilizada, o en todo caso es evaporada. Luego, los materiales contaminantes son solidificados para proceder a almacenarlos en los denominados depósitos de relaves (Herrera y Millones 2011, 22-23).

Según **De Rosa y Lyon (1997)**, consideran que existen cuatro tipos importantes de impactos mineros en cuanto a calidad de agua:

1°. Drenaje ácido de la minería. El drenaje de roca ácida (DRA) es un proceso natural a través del cual el ácido sulfúrico se produce cuando los sulfatos de las rocas son expuestos al aire libre o al agua. El drenaje de la minería ácida (DAM) es esencialmente el mismo proceso, solo que magnificado. Cuando las grandes cantidades de roca que contienen minerales sulfatados, son excavadas en tajo abierto o en vetas en minas subterráneas, estos materiales reaccionan con el aire o con el agua para crear ácido sulfúrico. Cuando el agua alcanza cierto nivel de acidez, un tipo de bacteria común llamada “*Tiobacillus Ferrooxidante*”, puede aparecer acelerando los procesos de oxidación y acidificación, lixiviando aún más los residuos de metales de desecho.

El ácido lixiviará la roca mientras que la roca fuente este expuesta al aire y al agua. Este proceso continuara hasta que los sulfatos sean extraídos completamente; este es un proceso que puede durar cientos, o quizás miles de años. El ácido es transportado desde la mina por el agua, las lluvias o por corrientes superficiales, y posteriormente depositado en los estanques de agua, arroyos, ríos, lagos y mantos acuíferos cercanos. El DAM degrada severamente la calidad del agua y puede aniquilar la vida acuática, así como volver el agua prácticamente inservible.

2°. Contaminación por metales pesados y lixiviación. La contaminación por metales pesados es causada cuando algunos metales como el arsénico, el cobalto, el cobre, el cadmio, el plomo, la plata y el zinc, contenidos en las rocas excavadas o expuestos en vetas en una mina subterránea, entran en contacto con el agua. Los metales son extraídos y llevados río abajo, mientras el agua lava la superficie rocosa. Aunque los metales pueden ser movidos en condiciones de pH neutral, la lixiviación es particularmente acelerada en condiciones de pH bajo, tales como las creadas por el drenaje ácido de la minería.

3°. Procesando la contaminación química. Este tipo de contaminación ocurre cuando algunos agentes químicos (tales como el cianuro y el ácido sulfúrico, utilizados por compañías mineras para la separación del material deseado, del mineral en bruto) se

derraman, gotean, o se trasladan del sitio minero a un cuerpo de agua cercano. Estos químicos pueden ser también altamente tóxicos para los humanos y la fauna.

4º.Erosion y sedimentación. El desarrollo minero perturba el suelo y las rocas en el transcurso de la construcción y mantenimiento de caminos, basureros y excavaciones a la intemperie. Por la ausencia de prevenciones adecuadas y estrategias de control, la erosión de la tierra expuesta puede transportar una gran cantidad de sedimentación a arroyos, ríos y lagos. La sedimentación excesiva puede obstruir riveras, la delicada vegetación de estas y el hábitat para la fauna y organismos acuáticos.

2. Calidad del aire. Higuera y Oyarzun (s.f.), manifiestan que la minería produce una serie de emisiones a la atmósfera, en diferentes formas, tanto sólidas (polvo, fundamentalmente durante las voladuras, pero también durante la carga y el transporte), gases (pirometalurgia, escapes de vehículos, gases liberados durante algunos procesos concretos), ruidos (voladuras, maquinaria, lanza térmica), y onda aérea.

Emisiones sólidas: El polvo emitido por la minería tiene su origen en la disgregación de las rocas durante su preparación, o en el levantamiento de partículas de los caminos durante los procesos de transporte (camiones pesados). El origen del polvo puede ser variado: producto de una voladura, durante el proceso de carga, transporte y molienda.

Gases: Su emisión puede ser variada: producto de la combustión de la maquinaria empleada, gases liberados durante el proceso de extracción, producto de las voladuras y gases implicados en procesos directamente relacionados con la actividad minera: combustión de carbón (COx, NOx, SOx), pirometalurgia (SO2).

Aerosoles: La formación de aerosoles cargados en compuestos que puedan representar un riesgo ambiental puede darse durante la explotación, pero sobre todo, durante procesos de hidrometalurgia. Estos procesos implican el riego por aspersion de pilas de mineral con compuestos a menudo de alta toxicidad (sulfúrico para la extracción de algunos elementos, como el cobre; cianuro para la extracción del oro), con lo cual la presencia de viento puede favorecer la dispersión de estos aerosoles a grandes distancias.

Ruido: Los efectos que puede llegar a producir son los siguientes:

a) Efectos sobre las personas:

* Fisiológicos, como la sordera.

- * Psicológicos, interferencia sobre comunicaciones y descanso.
- * Empeoramiento de las condiciones de trabajo.
- * Efectos subjetivos
- * Sobre la salud: desorganización visual, taquicardias, e incluso puede afectar a los procesos digestivos.

b) Efectos sobre la fauna:

- * Sobresaltos y movimientos bruscos provocados por ruidos intensos y puntuales.
- * Alteración de las costumbres de apareamiento (durante la época del celo).
- * Abandono de nidos durante la cría por parte de los progenitores.

Onda aérea: Se produce como consecuencia de las explosiones de las voladuras, y es una onda de presión generada por la energía de rotura de ésta, que se propaga por el aire atenuándose con la distancia, generando las vibraciones.

3. Impactos de la minería en la vida silvestre. Para construir la mina y sus caminos de acceso, las compañías destruyen bosques, reduciendo así la diversidad biológica de la región y el hábitat de la vida silvestre. A medida que se destruyen los bosques, las comunidades podrían no encontrar plantas comestibles, hierbas medicinales o plantas utilizadas para la construcción y como utensilios, y se reducen o se eliminan la pesca y la caza. La construcción genera ruido, polvo, vibraciones y erosión que afectan a las poblaciones de animales, peces, y humanas. Durante las operaciones mineras, el aire y el agua son frecuentemente contaminados con sustancias químicas tóxicas, lo que conduce a enfermedades y muerte de aves, peces, animales y humanos. Incluso luego del cierre de la mina, los metales pesados usualmente continúan filtrándose al agua subterránea y los ríos por siglos, envenenando a los peces y a los animales, al igual que a todo ser que se alimentan de ellos (**Zorrilla et al. 2009, 4**).

4. Impactos de los proyectos mineros en la calidad del suelo. La minería a cielo abierto inevitablemente modifica los usos del suelo al implicar la realización de excavaciones de tamaño considerable. Incluso cuando esta actividad se realiza mediante minería de transferencia, restaurando a la vez que se avanza en otro extremo de la excavación minera, a menudo los suelos restaurados no mantienen el uso original, puesto que el suelo reconstituido no suele mantener las características del suelo excavado. También deben ser estudiadas las implicaciones socioeconómicas de la actividad, la cual debería revertir en una

mejora tanto desde el punto de vista de la regeneración del paisaje como del aprovechamiento agrícola y/o ganadero del área afectada. En cada caso primará una u otra cuestión en función de las características concretas de cada zona y del uso previo de la misma.

Otra acción que modifica profundamente el uso del suelo en el entorno minero es la disposición de balsas (relaves) y escombreras (botaderos), en dos aspectos. Uno es el de la presencia en sí del elemento en cuestión, que inevitablemente modifica el uso del terreno. El otro es el eventual desmantelamiento de la balsa o escombrera requeriría una regeneración del suelo en sus aspectos físicos (descompactado, aireado) y a menudo también químicos (eliminación de eventuales contaminantes infiltrados durante la presencia de la escombrera sobre el suelo), cuyo coste sería excesivamente alto (**Higueras, Lillo y Oyarzun 2011, 16-17**).

Luego de realizar la sustentación teórica de los impactos ambientales, como producto de la actividad minera, se presenta a continuación, resultados de diversos estudios realizados, en torno del recurso hídrico.

La población de Hualgayoc se abastece de agua de diversas fuentes, entre una de ellas, está la denominada La Huaylla. Este manantial, es utilizado para el consumo humano y, en las actividades agropecuarias del predio; en razón de ello, se muestran los resultados de ensayo de muestra de agua, en la siguiente tabla:

Tabla 31. Reporte de análisis de agua del manantial La Huaylla

Código de Laboratorio	Cobre (mg Cu/L)	Cadmio (mg Cd/L)	Cromo (mg Cr/L)	Hierro (mg Fe/L)	Manganeso (mg Mn/L)	Plomo (mg Pb/L)	Zinc (mg Zn/L)	Arsénico (µg As/L)	Mercurio (µg Hg/L)	Cianuro WA (µg CN/L)
08049	<0.010	<0.010	<0.028	<0.038	<0.013	<0.025	0.078	4.6	<0.011	<3.0
LDM	0.010	0.010	0.028	0.038	0.013	0.025	0.011	0.6	0.11	3.0

Fuente: Ministerio de Salud. Laboratorio de Control Ambiental. Informe N° 0865.

El río de Hualgayoc es tributario de la cuenca del río Llaucano; la misma que está clasificada por DIGESA como clase III “agua para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales” y, acorde a los resultados de los años 2007, 2008 y 2009, se concluyó que, el río Hualgayoc, ha superado los límites de cobre, plomo, cadmio, cianuro wad, zinc y arsénico; por lo tanto, sus aguas (incluye los ríos: Tingo, Llaucano y Maygasbamba y la quebrada la

Eme) no es apto para ser utilizado como bebida de animales ni para riego de vegetales (Gobierno Regional de Cajamarca. DESA 2010, 3).

La tabla 32, muestra los resultados de la evaluación sanitaria, realizada en la estación de código RH – 2, del río Hualgayoc, ubicada a 100 m aguas arriba del estadio municipal del distrito de Hualgayoc:

Tabla 32. Reporte de evaluación sanitaria cuenca del río Llaucano

Parámetro	Fecha monitoreo	PH (Und Ph)	Conductividad (Us/cm)	STD (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Zinc (mg/L)
ECA Categoría 3	Valor Límite	6.5 – 8.5	<2000	0.2	1.0	0.2	2.0
RH - 2	16/02/12	8.656	269	156	0.08	0.979	0.109	0.059

Fuente: DRS Cajamarca. Informe N° 013-2012-REG-CAJ/DRS-DESA-UEPA-HEH.

Del reporte de evaluación, sólo se logra observar, que el PH del agua, es ligeramente superior a lo establecido por el ECA (estándar de calidad ambiental) categoría 3 (agua destinada al riego de vegetales y bebida de animales).

Se cuenta con el informe, referido al consumo humano de agua, del mismo que se ha extraído la muestra de agua perteneciente al manantial que dota de agua al predio, en la siguiente tabla se observa:

Tabla 33. Reporte de los parámetros de agua de consumo humano

Fecha	Parámetros	Unidad de medida	Límite de detección	Resultados del ensayo	Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. D.S 031.2010-SA LMP
17/02/12	Hierro total	mg/L	0.003	0.393	0.3
17/02/12	Arsénico total	mg/L	0.02	0.014	0.010
17/02/12	Manganeso total	mg/L	0.01	0.059	0.4
17/02/12	Aluminio total	mg/L	0.002	0.267	0.2
17/02/12	Cobre total	mg/L	0.002	0.007	2.0
17/02/12	Zinc total	mg/L	0.002	0.127	3.0

Fuente: Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Cajamarca. Informe N° 020-PMV-UEPA/DESA-DIRES-C-2012.

De la tabla anterior, se observa que: el hierro, el arsénico y el aluminio, se encuentran ligeramente superior al requerimiento del agua categoría I; sin embargo, para el caso de la categoría III, se tiene que, éstos parámetros son inferiores a lo exigido por la normatividad de estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

En el mes de noviembre del 2012 se realizó un análisis microbiológico del manantial denominado la Huaylla, del cual, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 34. Informe de ensayo microbiológico

Descripción del punto de muestreo	Localidad	Ensayos	
		Coliformes totales (UFC/100ml)	Coliformes termotolerantes (UFC/100ml)
Captación La Huaylla 1	La Huaylla	12	08

Fuente: Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Cajamarca. Informe N° 033-2012-REG-CAJ/DSRSCH-DESA.

La conclusión que se tiene, respecto al análisis microbiológico, es: los resultados se encuentran por encima del límite máximo permisible para bacterias coliformes totales y termotolerantes (fecals), dados por D.S N° 031-2010-SA, para aguas de consumo humano. Para el caso de agua de categoría III, según la normatividad nacional vigente del agua, tiene como LMP a NMP/100mL igual a 1000 y 5000 de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales, respectivamente.

Se cuenta con información de análisis de metales pesados, en agua, en leche y en pasto, pertenecientes a una de las áreas de influencia directa, llegándose a tener los siguientes resultados:

Tabla 35. Análisis de metales pesados en agua, en leche y en pasto

Parámetro/ Muestra	As (ppm)	Hg (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Mn (ppm)	Al (ppm)
Agua:							
Muestra 1	<0.001	<0.001	0.062	<0.001	0.067	0.199	0.035
Muestra 2	<0.001	<0.001	0.040	<0.001	0.018	0.034	0.028
Muestra 3	<0.001	<0.001	0.020	<0.001	0.022	0.055	0.027
Muestra 4	<0.001	<0.001	0.030	0.095	0.026	0.043	0.027
Muestra 5	<0.001	<0.001	0.013	0.181	0.015	0.034	0.032
Leche							
Muestra 1	0.033	<0.001	1.010	0.261	0.011	4.800	0.070
Muestra 2	0.072	<0.001	0.570	0.067	0.017	3.240	0.170
Pasto							
Muestra 1	0.259	0.332	2.900	<0.01	0.026	7.840	0.160
Muestra 2	0.894	0.140	1,900	<0.01	<0.01	13.30	0.120

Fuente: Reporte de análisis de LASACI-UNT, ubicado en: Estudio ambiental y de impactos ambientales causados por actividad minera en el predio El Mirador-Coymolache, Hualgayoc (Deza Arroyo 2010).

Con la información de la tabla anterior, **Deza (2010)** concluye que, el pasto, presenta altos niveles de arsénico y manganeso y, que los valores de cadmio en el agua, sobrepasan los LMP para bebida de animales. Igual sucede con cadmio en el agua entubada proporcionada por Gold Fields La Cima S.A (200% del valor del Estándar de Calidad Ambiental recomendable).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. La optimización de la producción lechera, es posible determinarla, teniendo en consideración, los factores de producción más relevantes como: alimentación, manejo, genética, sanidad, reproducción, fertilización del suelo y factores ambientales. La finalidad del modelo matemático construido, fue la maximización de la utilidad en términos monetarios. Sin embargo, muchos de estos componentes, tienen un carácter no lineal; dificultando así la optimización de la producción lechera y, por ende, la maximización de la utilidad.
2. El análisis del comportamiento de la producción lechera, se efectuó en base a la función de producción Cobb Douglas, la cual consideró las siguientes variables: volumen de producción lechera, número de vacas lecheras, días de producción, humedad y temperatura; obteniéndose: $Q_L = V^{0.820449} D^{1.363431} H^{0.819735} T^{-0.917857}$. El modelo tiene un coeficiente de determinación ajustado de 83.33%; a su vez, se sometió a diversas pruebas estadísticas como la prueba t y F, arrojando que, éste, es consistente con las variables en estudio.
3. En el análisis del costo de producción de la leche, se ha procedido utilizar el criterio económico de los costos fijos y variables; como resultado, se tiene que, el costo de producción de un litro de leche es de S/. 1.10; costo que evidencia, la no rentabilidad de la producción de leche.
4. Se calculó el punto de equilibrio del predio, observándose dos escenarios, siendo que, en el escenario 1, se asume la ausencia de la actividad minera y, en el escenario 2, se incorpora la presencia minera, los resultados son: en el escenario 1, el punto de equilibrio es de 19357.26 litros/mes y en el escenario 2 o real; se tiene que el punto de equilibrio es de 25131.74 litros/mes, lo cual implica que, el predio incurre en costos adicionales en sanidad, principalmente; es decir, con el escenario real, se tiene que incrementar la producción lechera en un 29.83%, para que así, el predio no gane ni pierda.

5.1 Recomendaciones

1. Teniendo en consideración que los comportamientos de las variables como por ejemplo: la vida útil del ganado de producción lechera no es lineal, sino que se asemeja a una parábola que tiene la concavidad hacia abajo, no sería factible asumirla como lineal, salvo, en un determinado punto en el tiempo. Por tanto, se recomienda realizar investigaciones puntuales o, en su defecto, combinar funciones lineales, con ecuaciones e inecuaciones no lineales.
2. Aún cuando la función de producción Cobb Douglas, permite comprender el comportamiento de la producción lechera del predio, siendo válida tal como ha sido planteada; no por ello se debe desestimar dos aspectos fundamentales: primero, existen variables relevantes que deben ser incluidas en el modelo, así, por ejemplo, la ración, la composición proximal, entre otras; y, segundo, la función de producción Cobb Douglas, tiene en su estructura, al coeficiente de eficiencia (denominamos: A), el mismo que, se ha asumido en la construcción del modelo con el valor de 1; sin embargo, cuando se realicen investigaciones en el mismo tema y se desee comparar niveles de eficiencia o tecnología para la producción lechera, se hace necesario que éste parámetro sea estimado.
3. Siendo que la investigación es del tipo aplicada, ésta ha logrado producir una plantilla para llevar a cabo el cálculo de los costos de producción de leche en un contexto de minería, puesto que, incorpora el costo del impacto minero en el predio; en razón de ello, la plantilla puede ser empleada en espacios donde se lleva actividades mineras, o también, en lugares ajenas a esta. Asimismo, se tiene el uso del punto de equilibrio, que, sumado a la plantilla de cálculo de costos, se convierten en instrumentos de gestión; puesto que brinda información detallada, para poder gestionar el predio y buscar su rentabilidad en la producción de leche.

LISTA DE REFERENCIAS

- AGROBIT. *s.f. Composición de la leche y Valor Nutritivo*. Disponible: http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/prod_lechera/GA000002pr.htm Consultado mayo 2010.
- Agudelo Gonzáles, Gustavo. 2011. *Fundamentos de nutrición animal aplicada*. 1ª ed. Colombia: Universidad de Antioquía.
- Alianza Mundial de Derecho Ambiental (ELAW). 2010. *Guía para evaluar EIAs de proyectos mineros*. 1ª ed. Estados Unidos: ELAW.
- Alvarez Alvarez, Jorge. 1995. *Programación Lineal: Teoría y Problemas Resueltos*. 2ª ed. Lima, Perú: América.
- Balbuena, Osvaldo. 2010. *El destete*. Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/destete/87-Destete.pdf Consultado: 08 de febrero de 2013.
- Barbolla, Rosa, Cerdá, Emilio, Sanz, Paloma. 2001. *Optimización: Cuestiones, ejercicios y aplicaciones a la economía*. España: Prentice Hall.
- Bartaburu, Danilo. 2001. *La vaca lechera en el verano: Sombra agua y manejo*. Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/01-vaca_lechera_en_%20verano.pdf Consultado: 06 de julio de 2013.
- Battaglia, R.A y Mayrose, V.B. 1989. *Manual de Ganado y aves de corral*. México: Limusa S.A.
- Bath, D.L et al. 1982. *Ganado lechero: Principios, prácticas, problemas y beneficios*. 2ª ed. México: Interamericana S.A.
- Bavera, G. A. y Bèguet, H. A. 2003. *Clima y ambiente; elementos y factores*. Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/03-clima_y_ambiente_elementos_y_factores.pdf Consultado: 25 de agosto de 2011.
- Bearden, Joe, Fuquay, John. 1995. *Reproducción animal aplicada*. México: El manual moderno.
- Becker, Bárbara, Terrones, Francisca, Tapia, Mario. 1989. *Los pastizales y producción forrajera en la sierra de Cajamarca*. Cajamarca: PPEA.
- Bellini M, Franco. 2004. *El método Simplex para solución de problemas de programación lineal*. Universidad Santa María. Disponible: http://www.investigacion-operaciones.com/Metodos_Solucion_PL.htm Consultado Agosto 2011.
- Bernal Madrid, Jorge Luis. 2005. *Manual de manejo de pastos cultivados para zonas alto andinas*. Perú: Dirección de Crianzas – DGPA.
- Bernal Torres, César Augusto. 2000. *Metodología de la Investigación para Administración y Economía*. Colombia: Pearson Educación de Colombia, LTDA.

- Besse, Jean. 1986. *La alimentación del ganado*. 2da ed. España: Mundi – Prensa.
- Blanco, María Sol, Malaver, Miguel, Pezo, Sonia. 2003. *Manual práctico de ganadería*. Lima: ITDG.
- Brack, Antonio y Mendiola, Cecilia. *s.f. Enciclopedia. “Ecología del Perú”*. Disponible: www.peruecologico.com.pe/lib_conclu.htm Consultado: 17 de agosto de 2011.
- Brunner et al. 2002. *Vacunación de los animales domésticos*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Bundy, Clarence E, Christensen, Virgil, W, Diggins, Ronal, V. 1988. *Vacas, leche y sus derivados*. México: Continental.
- Buxadé Carbó, Carlos et al. 2002. *El ordeño en el ganado vacuno: Aspectos claves*. España: Ediciones Mundi – Prensa.
- Callejo Ramos, Antonio. 2009. *El bienestar de la vaca lechera*. España: Servet.
- Carmona Alvarez, Oscar D. – Fernández Rodríguez, Edwin H. 1999. *Proceso de optimización de la producción lechera en el valle de la Encañada, mediante un modelo de programación lineal*. Tes. Pre Grado, Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela de Economía.
- Castañeda Jiménez, Juan. 1996. *Métodos de Investigación 2*. 1^{ra} ed. México: Mc Graw – Hill.
- Castillo, Enrique et al. 2002. *Formulación y resolución de modelos de programación matemática en ingeniería y ciencia*. España.
- Castro, Juan F. y Roddy Rivas-Llosa. 2003. *Econometría Aplicada*. 1^{ra} ed. Perú: Biblioteca Universitaria.
- Centro de Estudios Agropecuarios. 2001. *Vacas lecheras*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Chamberlain, A.T, Wilkinson, J.M. 2002. *Alimentación de la vaca lechera*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Chediak, Francisco. 2002. *Investigación de operaciones Vol. 1*. Disponible: <http://www.arquimedex.com/index.php?accion=1&id=11>
- Church, D.C. 1984. *Alimentos y alimentación del ganado*. 1^{ra} ed. Uruguay: Hemisferio Sur S.R.L.
- Church, D.C, Pond, W.G y Pond, K.R. 2004. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. México: Limusa Wiley.
- CNUMAD. 1998. *Agenda 21: Desarrollo sostenible: Un programa para la acción*. 1^a ed. Perú: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- CONDESAN. 2003. *La visión andina del agua*. Disponible: [http://www.condesan.org/memoria/agua/Vision AndinaAgua.pdf](http://www.condesan.org/memoria/agua/Vision%20AndinaAgua.pdf) Consultado mayo 2010.

- Collazos Cerrón, Jesús. 2005. *Manual de Evaluación Ambiental de Proyectos*. 1^{ra} ed. Lima, Perú: San Marcos.
- Collier, David A. y Evans, James R. 2009. *Administración de operaciones: Bienes servicios y cadenas de valor*. 2^{da} ed. México: Cengage Learning.
- Concellón Martínez, Antonio. 1978. *Nutrición animal y práctica*. 2^{da} ed. Barcelona, España: AEDOS.
- Cordero Del Campillo et al. 1999. *Parasitología veterinaria*. España: Mc Graw – Hill.
- Córdova Alva, Pedro. 1993. *Alimentación animal*. Lima: Editec del Perú S.R.Ltda.
- Cruzado Cerdán, Francisco. 2003. *Contabilidad Agropecuaria*. 1^{ra} ed. Cajamarca, Perú: Asociación Obispo Martínez Compañón.
- Cseh, Susana B. 2004. *El agua y su importancia para los bóvidos*. Disponible: http://www.vet-uy.com/articulos/artic_bov/100/0100/bov0100.htm Consultado: 07 abril del 2012.
- Cuatrecasas Arbós, Luís. 2000. *Gestión económica – financiera de la empresa*. 1^{ra} ed. México: Alfaomega.
- De Rosa, Carlos y Lyon, James. 1997. *Sueños dorados, sueños envenenados*. Washington, D.C.: Centro de Política Minera.
- Devoto Ratto, Renzo y Ruiz Vidal, Eduardo. 2003. *Programación lineal para administración*. 1^a ed. Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Deza Arroyo, Nilton. 2010. *Informe: Estudio ambiental y de impactos ambientales causados por la actividad minera en el predio El Mirador – Coymolache, Hualgayoc*. Perú.
- Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Cajamarca. 2012. *Informe N° 020-PMV-UEPA/DESA-DIRES-C-2012*.
- Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Cajamarca. 2012. *Informe N° 033-2012-REG-CAJ/DSRSCH-DESA*.
- Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria et al. 2001. *Bovinos de leche*. México: Trillas.
- Dirección Regional de Salud de Cajamarca. *Informe N° 013-2012-REG-CAJ/DRS-DESA-UEPA-HEH*.
- Dorfman, Robert. s.f. “An Economit`s View of Natural Resources and Environmental Problems”, en Robert Repetto (ed)
- Doryan, Eduardo et al. 1999. *Competitividad y desarrollo sostenible: Avances conceptuales y orientaciones estratégicas*.

- Echeverría, Alberto y Miazzo, Raúl. 2002. *El ambiente en la producción animal*. Disponible: <http://www.produccion-animal.com.ar> Consultado: 25 enero del 2013.
- ELAW. 2010. *Vista General de la Actividad Minera y sus Impactos*. Disponible: <http://www.elaw.org/files/mining-eia-guidebook/Capitulo%201.pdf> Consultado: 29 de julio de 2013.
- Eppen, G.D et al. 2000. *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa*. 5^{ta} ed. México: Prentice Hall.
- Etgen, William y Reaves, Paul. 1989. *Ganado lechero: Alimentación y administración*. 1^a ed. México: Limusa S.A.
- Familia Regalado Díaz. 2005. *Observaciones a Sociedad Minera La Cima S.A.: Estudio de impacto ambiental. Proyecto Cerro Corona*. Perú.
- FAO. 2002. *Los fertilizantes y su uso*. Disponible: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf> Consultado: 17 de agosto de 2011.
- Fernández-Baca Llamosas, Jorge. 2000. *Microeconomía teoría y aplicaciones*. 1^a ed. Perú: Centro de investigación de la Universidad del Pacífico.
- Fernández, A.A et al. 2010. *Tecnología productiva en lácteos: Producción de pastos y forrajes*. 1^a ed. Perú: Solid OPD. Disponible: <http://www.solidperu.com/upl/1/es/doc/4%20Produccion%20de%20pastos%20-%20Marco%20referencial.pdf> Consultado: 16 de junio del 2013.
- Field, Barry. 2000. *Economía ambiental: Una introducción*. 1^a ed. Colombia: McGraw Hill.
- Flores Menéndez, Jorge Alberto. 1986. *Manual de alimentación animal*. 1^a ed. México: Limusa S.A.
- Flores Samanez, Héctor. 1991. *Mejoramiento del ganado lechero: Aspectos prácticos*. Perú: B.C.R.P.
- Foot, A.S et al. 1972. *Alimentación de la vaca lechera*. 2^a ed. Zaragoza: Acribia.
- Galligan, David. 2008. *Growing your Dairy Economically*. Disponible: http://www.cals.arizona.edu/ans/swnmc/Proceedings/2008/03Galligan_08.pdf Consultado: 19 de Agosto de 2011.
- García Martínez, Antón. 2012 *Teoría económica de la producción ganadera*. Disponible: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/14_13_06_Teoria_economica.pdf Consultado: 22/10/12
- Gasque Gómez, Ramón. 2008. *Enciclopedia Bovina*. 1^a ed. México: UNAM.
- Gasque Gómez, Ramón. 1987. *Zootecnia lechera concreta*. México: Continental.

- Gitman, Lawrence J. 2003. *Principios de Administración Financiera*. 10^{ma} ed. México: Pearson Educación.
- Gobierno Regional de Cajamarca. Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental. 2010. *Informe N° 011-2010-GR.CAJ-DRSC/DESA-UEPA*.
- Gregory Mankiw, N. 1998. *Principios de economía*. 1^{ra} ed. España: Mc Graw - Hill.
- Gujarati, Damodar N. 1994. *Econometría*. 3^a Ed. España: Mc Graw – Hill.
- Gutierrez Lozano, J. y Häubi Segura, C. 2010. *Menos bocas más vacas: Pasando de la precariedad a la rentabilidad en el campo hidrocálido*. 1^{ra} ed. México: Fundación Ahora A.C, Fundación Produce Aguascalientes A.C e INDESOL.
- Gutiérrez Martínez, Pilar. 2009. *Manual práctico de manejo de una explotación de vacuno lechero*. 1^{ra} ed. España: Servicio de Formación Agraria e Iniciativas. Junta de Castilla y León.
- Harris, B. y Bachman, K.C. 2003. *Nutritional and Management Factors Affecting Solids-Not-Fat, Acidity and Freezing Point of Milk*. Disponible: <http://edis.ifas.ufl.edu/ds156> Consultado diciembre 2010.
- Hernández Berasaluce, Luis. 1997. *Economía y mercado del medio ambiente*. 1^a ed. Perú: Ediciones Mundi - Prensa.
- Hernández Vieyra, Juan M. 2004. *El fósforo en la vaca lechera*. Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/24-fosforo_en_vaca_lechera.pdf Consultado: 25 de agosto de 2011.
- Herrera Catalán, Pedro y Millones Destéfano, Oscar. 2011. *¿Cuál es el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos en el Perú?*. Perú: PUCP.
- Higueras, Pablo y Oyarzun, Roberto. *s.f. Curso de minería y medio ambiente*. Disponible: <http://www.uclm.es/users/higueras/MAM/MMAM2.htm> Consultado: 29 de julio de 2013.
- Higueras, Pablo, Oyarzun, Roberto y Lillo, Javier. 2011. *Minería ambiental: Una introducción a sus impactos y su remediación*. España: Ed. GEMM.
- IPNI. 2003. *Manual de nutrición y fertilización de pastos*. Disponible: [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/L%20Pastos.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/L%20Pastos.pdf) Consultado: 12 de marzo de 2013.
- Johnston, Jay D. 2007. *Practical implications of fiber in dairy rations: making use of forage fiber*. Disponible: http://www.cals.arizona.edu/ans/swnmc/Proceedings/2007/Johnston_2007SWNMC.pdf Consultado: 19 de Agosto de 2011.
- Juscafresa, Baudillo. 1980. *Forrajes fertilizantes y valor nutritivo*. 2^{da} ed. Barcelona, España: AEDOS.
- Kafka, Folke. 1994. *Teoría Económica*. 3^{ra} ed. Lima, Perú: Centro de investigación de la universidad del Pacífico.

- Kolmans, Enrique y Vásquez, Darwin. 1999. *Manual de agricultura ecológica: Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. 2ª ed. Cuba: Grupo de Agricultura Orgánica de ACTAF.
- Lagger, J.R. et al. 2000. *La importancia de la calidad del agua en producción lechera*. Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/32-calidad_agua_en_produccion_lechera.pdf Consultado mayo 2010.
- Lázaro, Charlotty et al. 2010. *Tecnología productiva en lácteos. Producción de pastos y forrajes*. 1ª ed. Perú: Solid OPD.
- Lecca E., Raffo.1990. *Investigación de Operaciones*. Lima, Perú: Raffo - Lecca.
- Ley de Recursos Hídricos N° 29338. 2009.
- Leonard, David. 1981. *Cultivos tradicionales*. Disponible: http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/hlthes/pc/m0035s/es/M0035S0H.HTM Consultada: 17 agosto de 2011.
- López Pardo, J. 1987. *Alojamientos e instalaciones en ganado vacuno de leche*. Barcelona: Ed. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Cataluña.
- Maroto, C et al. 1997. *Gestión de la producción ganadera: Modelos técnicas y aplicaciones informáticas*. España: Mundo - Prensa.
- Martínez Marín, Andrés L. 2006. *Efectos climáticos sobre la producción del vacuno lechero: estrés por calor*. Redvet Vol VII. N° 7 (Octubre). http://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/30-stres_por_calor_vaca_lechera.pdf (Consultada: 25 de enero de 2013).
- Maynard, Leonard A et al. 1989. *Nutrición animal*.4ta ed. México: Mc Graw – Hill.
- Mccullough, Marshal E. 1976. *Alimentación práctica de la vaca lechera*. 2ª ed. Barcelona, España: AEDOS.
- McDonald, P et al. 2006. *Nutrición animal*.6ta ed. Zaragoza: Acribia S.A.
- McMahon, Gary y Remy, Félix. 2003. *Grande minas y la comunidad: Efectos socioeconómicos y ambientales en Latinoamérica, Canadá y España*. 1ª ed. Colombia: Alfaomega.
- Ministerio de Salud del Perú.2011. *Informe de ensayos N° 0865*.
- Morrison, F.B. 1977. *Compendio de alimentación del ganado*. México: Unión Tipográfica Editorial Hispano – Americana.
- Mujika Arraiago, Imanol. 2005. *El estrés calórico: Efecto en las vacas lecheras*. Disponible: <http://www.navarraagraria.com/n150/arestres.pdf> Consultada: 25 de enero de 2013.
- National Research Council. 1974. *Nutrients and toxic substances in water for livestock and poultry*. Citado en Carlos Rakovec. 1978. *Necesidades nutrientes del ganado vacuno lechero*. 5ta ed. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur S.A.

- Nicholson, Walter. 1997. *Teoría Microeconómica: Principios básicos y aplicaciones*. 6^{ta} ed. Colombia: Mc Graw – Hill.
- Ørskov, E.R. 1990. *Alimentación de los rumiantes: Principios y práctica*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Otarola Bedoya, Manuel. 1993. *Econometría*. 1^a ed. Lima: Taller de publicidad de la Universidad de Lima.
- Pardo Sempere, María Loreto. 2001. *Medidas de eficiencia en la producción de leche: El caso de la provincia de Córdoba*. Tes. Doct., Universidad de Córdoba, Facultad de Veterinaria. Departamento de producción animal.
- Parker, W.H. 1981. *Manejo de los animales: Salud y enfermedad*. 2^{da} ed. Barcelona, España: AEDOS.
- Piedra Flores, Jorge. 2010. *Eficiencia de la producción lechera bovina de la raza Holstein, en el valle de Cajamarca*. Tes. Doct., Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela de Post Grado. Mención. Gestión Ambiental y Recursos Naturales.
- Pindyck, Robert S. y Rubinfeld, Daniel L. 1997. *Microeconomía*. 1^{ra} ed. México: Limusa.
- Poma Miranda, Juan C. y Poma Rojas, Wilfredo. 2005. *Estudio de suelos del fundo El Mirador propiedad de la familia Regalado Díaz*. Cajamarca, Perú.
- Price, W.T. 1977. *Patología bovina*. Barcelona: AEDOS.
- Quinn, P.J et al. 2008. *Microbiología y enfermedades infecciosas veterinarias*. Zaragoza: Acribia.
- Rodríguez Ferri, Elías Fernando. 1999. *La desinfección como práctica útil en la lucha contra las infecciones animales*. Disponible: <http://www.racve.es/actividades/detalle/id/52>
Consultado: 19 de Agosto de 2011.
- Rivas R, José H. 2005. *Manual de ganadería doble propósito*. Disponible: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion7/articulo2-s7.pdf
Consultado: 08 de Febrero de 2013.
- Romagosa Vila, J.A. 1982. *Manual de crianza de vacunos*. 5^{ta} ed. Barcelona: AEDOS.
- Santos, José Eduardo. 2010. *Nutrition and Reproduction in Dairy Cattle*. http://www.cals.arizona.edu/ans/swnmc/Proceedings/2010/01_Santos_2010.pdf
Consultado: 19 de Agosto de 2011.
- Sanz Parejo, Emiliano. 1990. *Los nuevos sistemas de alimentación en ganado vacuno*. 1^{ra} ed. España: AEDOS.
- Schmidt, G.H. y Van Bleck, L. D. 1974. *Bases científicas de la producción lechera*. España: Acribia.
- Shimada Miyasaka, Armando. 2003. *Nutrición animal*. 1^{ra} ed. México: Trillas.

- Schrag, Ludwig. 1991. *Enfermedades del vacuno en explotación intensiva: Diagnóstico, profilaxis y tratamiento de las principales enfermedades en el establo de ganado vacuno*. España: Salingraf.
- Sociedad Minera La Cima S.A. 2005. *Estudio de impacto ambiental proyecto Cerro Corona: Resumen ejecutivo*. Lima.
- Sociedad Minera La Cima S.A. 2008. *Plan de cierre de mina Cerro Corona: Levantamiento de observaciones. Informe N° 415 – 07 – INRENA – OGATEIRN – UGAT*. Lima.
- Sorensen, A.M. 1982. *Reproducción animal: Principios y prácticas*. México: Mc Graw – Hill.
- Soto Silva, C. y Reinoso Ortiz, V. 2004. *Empleo de la programación lineal en la formulación de raciones al mínimo costo para la suplementación de rumiantes a pastoreo*. Montevideo.
- Stites, Daniel, Terr, Abba y Parlow, Tristram. 2000. *Inmunología básica y clínica*. México: El manual moderno.
- Subcomisión para Ganado Vacuno Lechero. 1982. *Necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero*. Buenos Aires: Hemisferio Sur.
- Tafur Portilla, Raúl. 1995. *La tesis universitaria*. 1^{ra} ed. Perú: Mantaro.
- Taha, Hamdy A. 1998. *Investigación de operaciones: Una introducción*. 6^{ta} ed. México: Prentice Hall.
- Torrent Mollevi, Mateo. 1980. *Bovinotecnia lechera y cárnica. Vol. II*. 1^{ra} ed. México: AEDOS.
- Torres Bardales, C. 1995. *Metodología de la investigación científica*. 4^{ta} ed. Perú: San Marcos.
- Tucker, Irvin B. 2002. *Fundamentos de economía*. 3^{ra} ed. México: Internacional Thomson Editores S.A.
- Van Loon, Dirk. 1984. *La vaca doméstica: Cría y explotación*. México: Continental.
- Waner, Stefan. 2007. *Matemáticas finitas resumen del tema: programación lineal*. Disponible: <http://www.zweigmedia.com/MundoReal/Summary4.html> Consultado Agosto 2011.
- Wattiaux, A. 1999. *Alimentación para Vacas Lecheras*. Intituto Babcock. Disponible: http://www.infocarne.com/bovino/vacas_lecheras2.asp Consultado: Noviembre 2010.
- Wattiaux, Michel A. 1999. *Esenciales lecheras*. España: Intituto Babcock.
- Yeates, N.T. 1967. *Avances en zootecnia*. Zaragoza: Acribia.
- Zorrilla, Carlos et al. 2009. *Protegiendo a su comunidad contra las empresas mineras y otras industrias extractivas*. Estados Unidos: Global Response.

APÉNDICES

APÉNDICE N° 01

Guía de entrevista dirigida al productor de leche de un predio en un contexto de actividad minera en Hualgayoc - Cajamarca

La presente guía de entrevista tiene como propósito conocer los factores más relevantes que determinan los niveles de producción lechera.

GENERALIDADES

Género: Masculino () Femenino ()

Nivel de instrucción: **Edad:**

Experiencia en la actividad lechera:

PREGUNTAS:

1. ¿Cuántos litros de agua consume en promedio una vaca al día?

- a) De 31 - 40 L/día () b) De 41 - 50 L/día ()
c) De 51 - 60 L/día () d) De 61 - 70 L/día ()
e) De 71 - 80 L/día ()

2. ¿Qué tipo de pastos cultiva para la alimentación del ganado y en qué proporción?

ITEM	TIPO DE PASTO	PROPORCION POR HA
1		
2		
3		
4		
5		

3. ¿Cuántos metros cuadrados de pasto consume en promedio una vaca?

- a) Menos de 10 m²/día () b) De 11 - 13 m²/día ()
c) De 14 - 16 m²/día () d) De 17 - 19 m²/día ()
e) De 20 - 22 m²/día ()

4. ¿Cuántos kg de concentrado por vaca al día da como parte de su dieta alimenticia?

- a) 0 Kg/día () b) De 1 - 5 Kg/día ()
c) De 6 - 8 Kg/día () d) De 9 - 11 Kg/día ()
e) De 12 - 14 Kg/día () f) De 15 - 17 Kg/día ()

5. ¿Cuántos kg de forraje por vaca al día da como parte de su dieta alimenticia?

- a) De 0 - 10 Kg/día () b) De 11 - 20 Kg/día ()

- c) De 21 – 30 Kg/día () d) De 31 – 40 Kg/día ()
 e) De 41 – 50 Kg/día ()

6. ¿A cuánto asciende en promedio el peso de una vaca en producción de leche?
 a) Menos de 300 Kg () b) De 301 - 350 Kg ()
 c) De 351 – 400 Kg () d) De 401 – 450 Kg ()
 e) De 451 - 500 Kg ()

7. ¿Qué tipo de raza de ganado vacuno posee para la producción de leche?
 a) Criolla () b) Brown Swiss ()
 c) Holstein () d) Jersey ()
 e) Otra (), precise:

8. ¿Qué criterios considera para la selección de la calidad genética del semental?

9. ¿Cuál es la edad promedio del ganado lechero que posee?
 a) De 0 - 2 años () b) De 3 - 5 años () c) De 6 – 8 años () d) De 9 – 11 años ()
 e) De 12 - 14 años ()

10. ¿En su ganadería, cuántos días en promedio una vaca da de lactar?
 a) De 0 - 44 días () b) De 45 – 89 días ()
 c) De 90 - 134 días () d) De 135 – 179 días ()
 e) De 180 - 224 días ()

11. ¿Qué tipo de reproducción utiliza en su ganadería?
 a) Natural () b) Inseminación artificial () c) Embrional ()

12. ¿En su ganadería, cuántos vacas en promedio se encuentran gestando al año?

13. ¿En su ganadería, una vaca, cuántas veces es ordeñada al día?
 a) 1 Vez () b) 2 Veces () c) 3 Veces ()

14. ¿Para llevar a cabo el ordeño, en qué consiste el equipo que emplea?

15. ¿Considera que los siguientes factores ambientales afecta la producción de leche?, si su respuesta es afirmativa explique el (o los) efecto (s).

FACTORES	SI	NO	EFECTO
Temperatura			
Altura			
Humedad			

16. El tipo de ordeño que practica su ganadería es del tipo?
 a) Manual () b) Tecnificado () c) Otro (), especifique:.....

17. ¿A cuánto asciende, en promedio, la producción diaria de leche, en su propiedad?

.....

18. ¿Explique sí existe algún cambio en las fuentes agua, destinadas a su ganadería, que se localizan en su propiedad?

.....

19. ¿Qué tipo de vacunas suministran al ganado y con qué frecuencia se realiza, durante el año?

ITEM	TIPO VACUNA	FRECUENCIA
1		
2		
3		
4		
5		
6		

20. ¿Realiza pruebas diagnósticas a su ganado?

a) Si (), ¿y de qué tipo?

.....

b) No ()

21. Detalle la siguiente información solicitada, la cual utiliza como parte del equipo de ordeño e infraestructura:

Equipo de ordeño	UM	Cantidad	Precio de compra	Año de compra
Infraestructura de ordeño	UM	Cantidad	Precio de compra	Año de compra

22. Llene el siguiente cuadro:

ITEM	DESCRIPCION	PRESUPUESTO (NUEVOS SOLES)					TOTAL S/.
		UNID	CANT.	REND. (EN L)	C.UNIT S/.	SUB TOTAL S/.	
I.	<u>COSTOS VARIABLES</u>						
1.0	Materiales						
1.1	Concentrados	Kg					
2.0	Mano de obra						
2.1	Cargas sociales (Seguro social agrario 4% de RMV)	Global					
2.2	Otras cargas de personal	Global					
3.0	Costos indirectos de producción						
3.1	Cargas financieras	Global					
3.2	Suministros diversos	Global					
3.3	Servicios prestado por terceros (veterinario)	Global					
II.	<u>COSTOS FIJOS</u>						
1.0	Materiales						
1.1	Forraje verde	Kg					
1.2	Forraje seco	Kg					
1.3	Medicina veterinaria	Días					
1.4	Inseminación	Und					
1.5	Reproducción natural	Monta					
1.6	Materiales de ordeño (al año)	Global					
2.0	Mano de obra						
2.1	Pastoreo	Jornal					
2.2	Ordeño	Jornal					
2.3	Guardianía	Jornal					
2.4	Cargas sociales (Seguro social agrario 4% de RMV)	Global					
2.5	Otras cargas de personal	Global					
3.0	Costos indirectos de producción						
3.1	Cargas financieras	Global					
3.2	Agotamiento de la vaca	%					
3.3	Costo mortalidad/vaca	Global					
3.4	Agotamiento de las invernadas	%					
3.5	Depreciación del establo	%					
3.6	Servicios prestado por terceros (veterinario)	Global					
3.7	Suministros diversos	Global					
3.8	Remuneración del administrador	Global					
3.9	Miscelaneos	Global					
3.10	Gastos generales	Global					
3.11	Imprevistos	Global					
4.0	Costos por impacto minero						
4.1	Valorización de vacas muertas por impacto minero	Und					
4.2	Valorización de vacas enfermas por impacto minero	Und					
III.	<u>SUB TOTAL</u>						
IV.	<u>DEDUCCIONES</u>						
4.1	Venta de terneros	Und					
4.2	Venta de vaquillas	Und					
4.3	Venta de vaquillonas	Und					
4.4	Venta de vacas al camal	Und					
4.5	Miscelaneos	Global					
4.6	Venta de guano	Global					
V.	<u>COSTO TOTAL</u>						
VI.	<u>PRODUCCION DE LECHE</u>						
VII.	<u>COSTO UNITARIO POR LITRO DE LECHE</u>						

APÉNDICE N° 02

Guía de observación dirigida al productor de leche de un predio en un contexto de actividad minera en Hualgayoc - Cajamarca

La presente guía de observación tiene como propósito conocer los procesos en cuanto a la producción lechera.

Nombre del Observador:						
Día:					Fecha:	
Fuentes de abrevar	Balde	Acequia	Río	Puquio		
Hora ingesta de agua	Mañana	Medio día	Tarde			
Inicio						
Tèrmino						
Tipo de Pastoreo	Cerco eléctrico	Uso de estaca	Estaca con corte			
Dotación de alimento	Mañana	Medio día	Tarde			
Concentrado						
Forraje						
Condición del ganado	Vaquillonas	Seca	Producción			
Producción según edad de producción	0 - 1 Años	1 - 2 Años	2 - 3 Años	3 - 4 Años	4 - 5 Años	5 - 6 Años
Hora de ordeño	5:00 - 6:00 am	6:00 - 7:00 am	7:00 - 8:00 am	8:00 - 9:00 am	9:00 - 10:00 am	10:00 - 11:00 am
Inicio						
Tèrmino						
Tiempo de ordeño/vaca	1 - 3 minutos	4 - 6 minutos	7 - 9 minutos	10 - 12 minutos	13 - 15 minutos	16 - 18 minutos

APÉNDICE N° 03

Modelo general de optimización de beneficios económicos de producción lechera

$$\text{Maximización de Beneficios} = P_1X_1 + P_2X_2 + \dots + P_nX_n - (C_{n+1}X_{n+1} + \dots + C_{n+k}X_{n+k} + C_{n+k+1}X_{n+k+1} + \dots + C_{n+k+l}X_{n+k+l}) - CV^*(X_1 + \dots + X_n) - CF^* + D$$

Sujeto a:

Alimentación

Concentrados	$a_{11}X_1 + \dots + a_{1n}X_n$	b_1
Forraje verde o materia fresca		
Trébol blanco	$a_{21}X_1 + \dots + a_{2n}X_n$	b_2
Trébol rojo	$a_{31}X_1 + \dots + a_{3n}X_n$	b_3
Avena forrajera	$a_{41}X_1 + \dots + a_{4n}X_n$	b_4
Rye grass	$a_{51}X_1 + \dots + a_{5n}X_n$	b_5
Dactylis glomerata	$a_{61}X_1 + \dots + a_{6n}X_n$	b_6
Vicia	$a_{71}X_1 + \dots + a_{7n}X_n$	b_7
Chiriquegua, cebadilla	$a_{81}X_1 + \dots + a_{8n}X_n$	b_8
Paja hualte	$a_{91}X_1 + \dots + a_{9n}X_n$	b_9
Forraje seco	$a_{101}X_1 + \dots + a_{10n}X_n$	b_{10}
Índice de conversión	$a_{111}X_1 + \dots + a_{11n}X_n$	b_{11}
Peso del ganado	$a_{121}X_1 + \dots + a_{12n}X_n$	b_{12}
Consumo de agua	$a_{131}X_1 + \dots + a_{13n}X_n$	b_{13}
Ensilaje	$a_{141}X_1 + \dots + a_{14n}X_n$	b_{14}

Composición proximal

Proteína	$a_{151}X_{n+1} + \dots + a_{15n+1}X_{n+k} \geq$	b_{15}
Grasa	$a_{161} X_{n+1} + \dots + a_{16n+1}X_{n+k} \geq$	b_{16}
Energía	$a_{171} X_{n+1} + \dots + a_{17n+1}X_{n+k} \geq$	b_{17}
Minerales	$a_{181} X_{n+1} + \dots + a_{18n+1}X_{n+k} \geq$	b_{18}
Vitaminas	$a_{191} X_{n+1} + \dots + a_{19n+1}X_{n+k} \geq$	b_{19}
Fibra	$a_{201} X_{n+1} + \dots + a_{20n+1}X_{n+k} \geq$	b_{20}

Ordeño

Número de ordeños	$a_{211}X_1 + \dots + a_{21n}X_n$	b_{21}
Tipo de ordeño	$a_{221}X_1 + \dots + a_{22n}X_n$	b_{22}
Tiempo ordeño	$a_{231}X_1 + \dots + a_{23n}X_n$	b_{23}

Genética

Encaste	$a_{241}X_1 + \dots + a_{24n}X_n$	b_{24}
Pedigree	$a_{251}X_1 + \dots + a_{25n}X_n$	b_{25}

Sanidad

Número de vacunas para mastitis	$a_{261}X_1 + \dots + a_{26n}X_n$	b_{26}
---------------------------------	-----------------------------------	----------

Tratamiento para fasciola	$a_{271}X_1 + \dots + a_{27n}X_n$	b_{27}
Tratamiento para pederia	$a_{281}X_1 + \dots + a_{28n}X_n$	b_{28}
Tratamiento para coccidiosis	$a_{291}X_1 + \dots + a_{29n}X_n$	b_{29}
Pruebas diagnósticas	$a_{301}X_1 + \dots + a_{30n}X_n$	b_{30}

Reproducción

Edad	$a_{311}X_1 + \dots + a_{31n}X_n$	b_{31}
Estado de gestación	$a_{321}X_1 + \dots + a_{32n}X_n$	b_{32}
Duración de lactancia	$a_{331}X_1 + \dots + a_{33n}X_n$	b_{33}
Servicios por concepción	$a_{341}X_1 + \dots + a_{34n}X_n$	b_{34}
Tasa de partos	$a_{351}X_1 + \dots + a_{35n}X_n$	b_{35}
Índice de vacas no repetidoras	$a_{361}X_1 + \dots + a_{36n}X_n$	b_{36}

Producción

Producción de grasa	$a_{371}X_1 + \dots + a_{37n}X_n$	$\geq b_{37}$
Sólidos no grasos	$a_{381}X_1 + \dots + a_{38n}X_n$	$\geq b_{38}$
Tiempo de lactación	$a_{391}X_1 + \dots + a_{39n}X_n$	$\geq b_{39}$
Producción de leche	$a_{401}X_1 + \dots + a_{40n}X_n$	$\geq b_{40}$
Área de terreno usado por vaca	$a_{411}X_1 + \dots + a_{41n}X_n$	b_{41}

Fertilización del suelo

Abono orgánico		
Nitrógeno	$a_{421}X_{n+k+1} + \dots + a_{42n+k+1}X_{n+k+1}$	$\geq b_{42}$
Fósforo	$a_{431}X_{n+k+1} + \dots + a_{43n+k+1}X_{n+k+1}$	$\geq b_{43}$
Potasio	$a_{441}X_{n+k+1} + \dots + a_{44n+k+1}X_{n+k+1}$	$\geq b_{44}$
Abono químico		
Nitrógeno	$a_{451}X_{n+k+1} + \dots + a_{45n+k+1}X_{n+k+1}$	$\geq b_{45}$
Fósforo	$a_{461}X_{n+k+1} + \dots + a_{46n+k+1}X_{n+k+1}$	$\geq b_{46}$
Potasio	$a_{471}X_{n+k+1} + \dots + a_{47n+k+1}X_{n+k+1}$	$\geq b_{47}$
Condición de equilibrio	$X_{n+k+1} + X_{n+k+2} + \dots + X_{n+k+1}$	$= b_{48}$

Factores climáticos

Temperatura	$a_{491}X_1 + \dots + a_{49n}X_n$	$\geq b_{49}$
Humedad	$a_{501}X_1 + \dots + a_{50n}X_n$	$= b_{50}$

Costos

Costo de materiales	$CFM + a_{511}X_1 + \dots + a_{51n}X_n$	b_{51}
Costo de mano de obra	$CFMO + a_{521}X_1 + \dots + a_{52n}X_n$	b_{52}
Costo indirecto de producción	$CFIP + a_{531}X_1 + \dots + a_{53n}X_n$	b_{53}

Deducciones

Venta de terneros	$a_{541}X_1 + \dots + a_{54n}X_n$	b_{54}
Venta de vaquillas	$a_{551}X_1 + \dots + a_{55n}X_n$	b_{55}
Venta de vaquillonas	$a_{561}X_1 + \dots + a_{56n}X_n$	b_{56}
Venta de vacas al camal	$a_{571}X_1 + \dots + a_{57n}X_n$	b_{57}

Venta de misceláneos $a_{581}X_1 + \dots + a_{58n}X_n \quad b_{58}$
 Venta de guano $a_{591}X_1 + \dots + a_{59n}X_n \quad b_{59}$

Condición de no negatividad $X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_{n+k+1} \geq 0$

donde:

- X_1, X_2, \dots, X_n = Número de vacas, según tipo de raza.
- $X_{n+1}, X_{n+2}, \dots, X_{n+k}$ = Composición proximal del alimento.
- $X_{n+k+1}, X_{n+k+2}, \dots, X_{n+k+l}$ = Fertilización del suelo, según tipo de abono.
- a_{ij} = Coeficientes o parámetros de posición;
para: $i = 1, 2, \dots, 59$ y $j = 1, 2, \dots, n$.
- CV^* = Costo variable, excluye el valor de materiales.
- CF^* = Costo fijo, excluye el forraje (seco y verde).
- D = Deducciones.
- P_n = Precio de la leche.
- C_{n+k} = Costo de los alimentos.
- C_{n+k+1} = Costo de los abonos.