



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“Investigación gestión y optimización de la producción animal para  
la caprinocultura en México”**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**P R E S E N T A:**

**Jesús Salinas Jiménez**

**DIRECTOR:**

**DRA. Esther Segura Pérez**



**Ciudad Universitaria.25 de Febrero 2018**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Agradecimientos

A la ternura de mi madre y al sacrificio de mi padre

A mis hermanos Rosa y Dano gracias por confiar



# Contenido

Tablas.....	4
Ilustraciones .....	5
Bibliografía.....	7
<b>1 Introducción .....</b>	<b>8</b>
1.1 Objetivo general .....	11
1.2 Aportes .....	12
<b>2 La Caprinocultura .....</b>	<b>13</b>
2.1 Razas caprinas en México.....	14
2.2 Productos caprinos.....	16
2.2.1 Valor de la leche de cabra .....	16
2.2.2 Carne de cabra.....	17
2.2.3 Productos secundarios .....	17
<b>3 Análisis industrial de la caprinocultura .....</b>	<b>18</b>
3.1 Control de la caprinocultura.....	19
3.2 Modelo productivo para la caprinocultura .....	21
3.2.1 La gestión.....	22
<b>4. Estandarización y documentación de procesos para la caprinocultura.....</b>	<b>25</b>
4.1 Proceso de alimentación .....	25
4.1.1 Alimentación de cabras adultas .....	27
4.1.2 Alimentación en crías .....	28
4.1.3 Proceso genérico de alimentación .....	30
4.2 Proceso para la producción de Leche.....	32
4.2.1 Proceso de ordeño.....	34
4.2.2 Pruebas de calidad en la leche .....	35
4.2.3 Mantenimiento del equipo de ordeño .....	37
4.2.4 Almacenamiento de leche .....	39
4.3 Proceso de reproducción.....	40
4.3.1 Proceso genérico de reproducción.....	42
4.3.2 Proceso de mejoramiento genético .....	43
4.4 Proceso para la medicina preventiva y el manejo higiénico .....	45
4.4.1 Medicina preventiva.....	46
4.4.2 Manejo sanitario de cabras .....	47



<b>5 Optimización del modelo productivo</b> .....	49
5.1 Proceso de alimentación .....	51
5.1.1 Actividad a optimizar .....	52
5.1.2 Condiciones que permiten la aplicación del modelo EOQ .....	52
5.1.3 Modelo matemático .....	52
5.1.3 Definiendo los parámetros del modelo matemático .....	53
5.1.4 Calculando parámetros .....	54
5.2 Modelo para pronosticar la producción de leche .....	57
5.2.1 Actividad a optimizar .....	58
5.2.2 Condiciones que permiten la modelación.....	59
5.2.3 Modelo estadístico .....	59
5.2.4 Definiendo parámetros .....	61
5.2.5 Calculando parámetros .....	62
5.3 Optimización en la producción de leche por medio de parámetros de decisión.....	68
5.3.1 Actividad a optimizar .....	69
5.3.2 Condiciones que permiten la modelación.....	69
5.3.3 El modelo .....	70
5.3.4 Calculando parámetros .....	73
5.4 Diagramas de flujo de los procesos genéricos .....	77
<b>6 Conclusiones</b> .....	82
Aspectos Administrativos .....	83



## Tablas

Tabla 1 Principales usos para el consumo de productos caprinos (Andrés E. Ducoing Watty, 2011)	8
Tabla 2 producción de leche en función del número de animales (Andrés E. Ducoing Watty, 2011)	8
Tabla 3 Proceso y métodos de optimización autoría propia.	10
Tabla 4 Inventario caprino global 2011 (Andrés E. Ducoing Watty, 2011)	13
Tabla 5 Distribución de cabras en México (Aréchiga, y otros, 2008)	13
Tabla 6 Clasificación de los módulos que componen el sistema productivo, autoría propia	21
Tabla 7 Gestión de módulos por medio del software caprino 1.0 programado para facilitar la gestión de datos y eventos provenientes del modelo productivo.	24
Tabla 8 Modelos de alimentación, bajo condiciones especiales desarrollados en Francia (INRA, 1990)	26
Tabla 9 Modelos de alimentación en la lactancia, bajo condiciones especiales desarrollados en Francia (INRA, 1990)	26
Tabla 10 Estimaciones para el consumo de agua, bajo condiciones especiales desarrollados en Francia (Pres, 1995)	26
Tabla 11 Distribución de comida en crías de acuerdo a la evolución del peso, producto del análisis en la investigación de campo, autoría propia	29
Tabla 12 Muestreo de cantidad de alfalfa por paca, para determinar un estándar de peso en kg, autoría propia.	54
Tabla 13 Variación del precio de las pacas de alfalfa en una temporada, autoría propia	54
Tabla 14 Estimación de costos por pastura en un rango dado por el promedio y la desviación, autoría propia	55
Tabla 15 Estimación de colocación de pedido, según el tiempo invertido y los costos adyacentes, autoría propia	55
Tabla 16 Consumo diario promedio de alimento con base al número de comidas y número de animales, autoría propia	55
Tabla 17 Consumo anual de pastura, autoría propia	56
Tabla 18 Estimación de etapas de producción dimensionadas en días de ciclo estral, la sensibilidad es delimitada por la desviación estándar $\sigma$ , la cual permite ajustarse a cualquier número de muestras, se estima su comportamiento con la columna de producción promedio y producción promedio por etapa, Autoría propia.	61
Tabla 19 Cambios en precios de leche de cabra, estas variaciones serán medidas para determinar un bosquejo rupestre de la demanda de acuerdo a la época del año.	62
Tabla 20 Estimación de la demanda de leche en litros, se extrapola el comportamiento de los precios en volúmenes de producción, autoría propia.	64
Tabla 21 Registro de producción de un solo animal (Granja del Carmen SA de CV, 2014-2015), la columna de etapa <i>i</i> establece el número de etapa, el rango de tiempo define las fronteras entre cada etapa en función de la desviación estándar.	64
Tabla 22 Simulación de datos para determinar la carta de control, autoría propia	73
Tabla 23 Cálculos realizados para determinar la carta de control, autoría propia	74
Tabla 24 Acomodo de datos para realizar la gráfica de control autoría propia	75



## Ilustraciones

<i>Ilustración 1 Clasificación de los procesos fundamentales autoría propia.</i>	10
<i>Ilustración 2 Metodología de investigación autoría propia.</i>	10
<i>Ilustración 3 Cabra Alpina, autoría propia</i>	14
<i>Ilustración 4 Cabra Saanen , autoría propia</i>	14
<i>Ilustración 5 Cabra Toggenburg , autoría propia</i>	14
<i>Ilustración 6 Cabra Boer ,autoría propia</i>	15
<i>Ilustración 7 Cabra Alpina, autoría propia</i>	15
<i>Ilustración 8 Control de modelo productivo por diseño modelo productivo autoría propia</i>	18
<i>Ilustración 9 concepción de modelo productivo, autoría propia.</i>	21
<i>Ilustración 10 Concepto de módulo compuesto por procesos, funciones y flujos de información internos y de interacción entre si</i>	22
<i>Ilustración 11 Visualización de las funciones administrativas de los módulos, estas se encargan de sustentar a las actividades que integran a un proceso mediante el registro, clasificación, procesamiento y archivo de eventos.</i>	23
<i>Ilustración 12 captura de pantalla del tipo de registros que maneja Caprino 1.0 mostrados en su propia interface, autoría propia.</i>	24
<i>Ilustración 13. Flexibilidad del proceso de alimentación en función de los costos de alimentación y los niveles de producción, autoriza propia.</i>	25
<i>Ilustración 14 Flexibilidad del proceso de producción de leche definiendo la extracción de leche y los elementos que lo componen.</i>	32
<i>Ilustración 15 Flexibilidad del proceso reproductivo tomada de (Gómez, 2009) y adaptada definiendo los puntos de inflexión en un ciclo de producción real.</i>	40
<i>Ilustración 16 Flexibilidad en el proceso de mejoramiento genético definido por los elementos que lo conforman, autoría propia</i>	43
<i>Ilustración 17 Flexibilidad del proceso para la medicina preventiva, compuesto por el manejo de desechos, el manejo higiénico y la evaluación del comportamiento.</i>	45
<i>Ilustración 18 Descripción del modelo productivo integrado por los módulos de producción, que contienen procesos definidos por actividades que pueden interactuar entre sí.</i>	49
<i>Ilustración 19 Proceso propuesto para la optimización de procesos autoría propia</i>	50
<i>Ilustración 20 Descripción del proceso de alimentación, compuesto por las cinco actividades que lo conforman.</i>	51
<i>Ilustración 21 Introducción del modelo de pronosticación en las actividades que compone la interacción de dos módulos, el vector de análisis se encuentra entre el estudio de la demanda y la división de animales para su selección.</i>	57
<i>Ilustración 22 Flexibilidad del proceso reproductivo tomada de (Gómez, 2009) y adaptada definiendo los puntos de inflexión en un ciclo de producción real. La manera en la que se optimiza esta actividad es por medio de una modelación analítica del ciclo estral esta estratificación permite fijar límites de producción que se comportan dinámicamente en función del registro de operaciones y la frecuencia en que se alimenta de manera estadística al modelo.</i>	58
<i>Ilustración 23 representación gráfica del modelo matemática de la expresión (9 , en este caso se ejemplifica todo un ciclo de producción en un solo animal, sin ser esta una delimitante.</i>	60
<i>Ilustración 24 Producción de leche en todo una temporada, a diferencia de la ilustración 23, en este caso se representa el comportamiento de una población de animales (Granja del carmen SA de CV, 2014-2015)</i>	62
<i>Ilustración 25 Estimación de la demanda de leche, según las expresiones (16 y (17, autoría propia</i>	63
<i>Ilustración 26 sincronización de oferta y demanda con el comportamiento de un solo animal, en la primer columna se expresan los meses del año en donde se proyectó el ciclo estral el cual está contenido en cada etapa de la columna 4 y su convergencia en la columna 3, al finalizar se observa que la producción es insuficiente</i>	65
<i>Ilustración 27 sincronización de la demanda y la producción de cuatro animales analizando el caso de un superávit de leche.</i>	66
<i>Ilustración 28 Nivel de excedencia en producción, se aprecia la capacidad al ser fuentes de producción constantes Autoría propia</i>	66
<i>Ilustración 29 demanda vs nivel de producción autoría propia</i>	67



<i>Ilustración 30</i> Introducción de método de elección por variables de decisión, se puede apreciar que el vector de análisis cae en la selección de los animales _____	68
<i>Ilustración 31</i> comportamiento de la producción en el tiempo de más de un animal, (Granja del carmen SA de CV, 2014-2015) _____	69
<i>Ilustración 33</i> Parámetros para la determinación de k tomado de (Trejo, 2015) _____	71
<i>Ilustración 35</i> grafico de control _____	75
<i>Ilustración 36</i> Algoritmo para el proceso de producción autoría propia _____	77
<i>Ilustración 37</i> Algoritmo para el procesos de reproducción autoría propia _____	78
<i>Ilustración 38</i> Algoritmo para el proceso de ordeña autoría propia _____	79
<i>Ilustración 39</i> Algoritmo para el proceso de mejoramiento genético autoría propia _____	80
<i>Ilustración 40</i> Algoritmo para el proceso de medicina preventiva autoría propia _____	81



## Bibliografía

- Academy, N. (1995). - *Nutrient Requirements Council. Nutrient requirements goats: Angora, dairy and*. Washington, D.C., U.S.A.
- AgroMex SA de CV. (22 de Julio de 2015). *AgroMex Fabricación de ordeñadoras*. Obtenido de Agromex: <https://www.lactoagromex.com/equipos-de-orden>
- Andrés E. Ducoing Watty. (martes de octubre de 2011). *conasamexico.org.mx*. Obtenido de [http://www.conasamexico.org.mx/conasa/2011\\_docs\\_19a\\_reunion/201110\\_25-martes/salon\\_LAS-NUBES/Ovinos-y-Caprinos/comite\\_9/ANDRES\\_DUCOING\\_WATTY.pdf](http://www.conasamexico.org.mx/conasa/2011_docs_19a_reunion/201110_25-martes/salon_LAS-NUBES/Ovinos-y-Caprinos/comite_9/ANDRES_DUCOING_WATTY.pdf)
- Aréchiga, C., Aguilera, J., Rincón, R., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V., & Meza-Herrera, C. (2008). Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 14.
- cllemente, E. (09 de mayo de 2016). *Directo al paladar*. Obtenido de Directo al paladar: <https://www.directoalpaladar.com/autor/esther-clemente>
- Gómez, R. y. (2009). *Manual de producción caprina*. San Luis Potosi: UASLP.
- Granja del Carmen SA de CV. (22 de Agosto de 2014-2015). Registro de producción. *registro interno de animales productores*. Tequisquiapan, Queretaro, Mexico: registro interno.
- INRA. (1990). *Alimentación de Bovinos, Ovinos y Caprinos*. Madrid: Mundi prensa.
- Jimenez, J. S. (octubre de 2015). descripción de procesos para la explotación del ganado caprino . México D.F., México.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. (24 de agosto de 2015). *NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012*. Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4692/seeco/seeco.htm>
- Pulido, H. G. (2009). *CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA*. Mexico D.F.: The McGraw-Hill.
- SAGARPA. (2007-2012). *Publicaciones SAGARPA, Programa Nacional Pecuario 2007 -2012*. Recuperado el 08 de 10 de 2015, de <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Programa%20Nacional%20Pecuario/Attachments/1/PNP260907.pdf>
- Trejo, M. G. (9 de Septiembre de 2015). *Unidad 3 Herramientas para CEC*. Obtenido de Unidad 3 Herramientas para CEC: <https://ingenieriaindustrialupvmtareasytrabajos.files.wordpress.com/2012/08/cartas-de-control-por-variables.pdf>
- Trujillo, A. M. (24 de Julio de 2015). Análisis de procesos para desarrollo de modelo productivo. (J. S. Jiménez, Entrevistador)
- Watty, A. E. (14 de Agosto de 2015). Procesos para el diseño de un modelo productivo. (J. S. Jimenez, Entrevistador)



# 1 Introducción

La caprinocultura en lo fundamental se define como todos aquellos procesos encaminados a la explotación del ganado caprino (cabras) para la obtención de carne, leche, piel y estiércol. Esta actividad milenaria tiene sus orígenes en el oriente medio hace más de siete mil años y se desarrolló como una de las primeras domesticaciones de un animal productor, convirtiéndose en uno de los primeros modelos productivos de la historia. (Gómez, 2009).

En la actualidad la producción caprina ha sido acotada principalmente por factores culturales de consumo alimenticio (sabor, consistencia, textura etc.) y en gran medida al desconocimiento de los productos y las bondades que estos pueden traer para el consumidor. Los principales usos para la explotación caprina alrededor del mundo se presentan a en la tabla 1, los cuales se pueden interpretar como condiciones del mercado actual (Andrés E. Ducoing Watty, 2011).

REGIÓN GEOGRAFICA	PRINCIPALES USOS
Países de Asia y África	Consumo de leche y carne en forma líquida en sistemas de autoconsumo familiar
Mediterráneo	Elaboración de quesos y consumo de carne
Países de influencia anglosajona	Se consume en forma líquida (leche)
Latinoamérica	En México consumo en forma líquida y transformada en quesos, cajeta y barbacoa
	En Brasil, consumo de leche líquida

Tabla 1 Principales usos para el consumo de productos caprinos en el mundo (Andrés E. Ducoing Watty, 2011)

Las condiciones de consumo han dividido la explotación de forma global. Lo que se traduce a productos que son consumidos en ciertas partes del mundo y en algunas otras no. Ante tal situación existe una oportunidad latente para aquellos puntos en donde el consumo de los distintos productos es prácticamente nulo y las condiciones de producción son aptas para el desarrollo de la actividad.

Es recurrente pensar que aquellos países con mayores números en inventario de animales puedan ser líderes en cuanto a la explotación caprina, esta idea se puede rechazar (tabla 2) ya que no existe correlación de la producción de leche de cada animal con el inventario caprino, tomando la leche como indicador ya que la explotación en la gran mayoría (80%) de los modelos productivos esta dirigida a esta operación.

País	Inventario caprino en millones de cabezas de ganado	Producción promedio de leche [kg] anual por animal
Francia	1.26	494
India	126	32
México	8.9	19

Tabla 2 producción de leche en función del número de animales, comparación que se realiza con el mayor contenedor de animales que es India y el más eficiente que es Francia (Andrés E. Ducoing Watty, 2011)



Ante tales dispersiones en la eficiencia, México dispone de un modelo productivo pobre en cuanto a infraestructura comercial, métodos de explotación y estructura organizacional (Watty, 2015). Afianzando este concepto (Trujillo, 2015) define algunas variables por las cuales la explotación es pobre.

- Deficiente organización de productores e integración de eslabones de la cadena de valor pertenecientes a la industria.
- Deficiente aplicación de métodos de diagnóstico en enfermedades, rápido, eficiente, accesible y con cobertura en campo.
- Baja riqueza en recursos genéticos con capacidad agroecológica.<sup>1</sup>
- Pobre Intensificación de la producción.
- Inestabilidad al garantizar la calidad e inocuidad de la leche.
- Déficit en el manejo sustentable de los recursos forrajeros.

Analizando el comportamiento descrito bajo la perspectiva de la ingeniería industrial, son alarmantes las deficiencias en la gestión, documentación y estandarización de los procesos, visualizando a la actividad como un modelo productivo integral para fines comerciales netamente.

Resaltando de esta manera la imperiosa necesidad en la producción de estudios que beneficien dichas actividades (actividades Agrícolas) para dejar de manejar modelos productivos de forma empírica y en la obsolescencia de la explotación animal, para aumentar la eficiencia, la tecnificación y el cuidado de los animales.

Una solución para enfrentar la situación de la caprinocultura en la industria, reside en la tropicalización de métodos y procesos provenientes de países considerados de alta eficiencia productiva. Esta clase de soluciones no es 100% fiable, debido a que la explotación caprina depende íntegramente del ambiente y la adaptación de los animales a este, resultando mucho más conveniente un diseño productivo en función de las condiciones geográficas del punto de producción.

Considerando las referencias en cuanto a la industria caprina en un enfoque productivo analítico y dirigido a la eficiencia comercial, nacionalmente las fuentes existentes recaen en la clasificación de manuales y guías de cuidados en su mayoría empíricos o puntualmente teóricos zootécnicos. En la literatura internacional existen diferentes estudios y artículos de distintas regiones de Europa que investigan la explotación animal, principalmente en países como España, Francia y Grecia entre ellos destacan los estudios del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas de Francia y la Unidad de Investigación de producción animal de la universidad de Córdoba en España, viéndose limitada la aplicación de éstos debido a la condición de tropicalización, por este motivo es preciso analizarlos como métodos y consideraciones al proceso genérico. Concluyendo en la inexistencia de esta clase de literatura en México, por lo que el presente trabajo pretende dejar un precedente en la producción animal mexicana y su optimización, concibiéndola como un modelo productivo con fines comerciales.

---

<sup>1</sup> La agroecología es una disciplina que frente a la agronomía convencional se basa en la aplicación de los conceptos y principios de la ecología al diseño, desarrollo y gestión de sistemas agrícolas sostenibles.



Se declara la primer etapa del trabajo al definir la metodología utilizada (ilustración 1) comenzando por realizar investigación de campo dentro de granjas caprinas de diferentes estados de la república mexicana como son Querétaro, Sinaloa y Guanajuato, seguido de la documentación y estandarización de los procesos utilizados en las distintas tareas que conlleva la explotación, al obtener la mayoría de los procesos comunes aplicados en los diversos puntos de la producción, se prosiguió por proponer una clasificación propia de los mismos, agrupándolos en módulos (ilustración 2) como resultado del análisis.

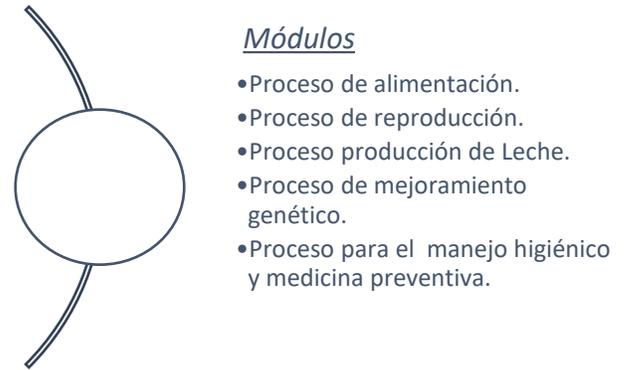
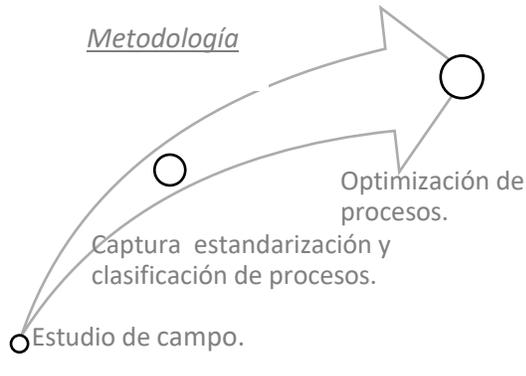


Ilustración 2 Metodología de investigación autoría propia.

Ilustración 1 Clasificación de los procesos fundamentales autoría propia.

Después de estandarizar los procesos fundamentales se prosiguió por diseñar una herramienta para facilitar la gestión de información respectiva al flujo de éstos, para dicha operación se creó el software caprino 1.0 (plataforma Excel) para medir precisamente variables comunes de cada actividad y su interacción entre los diversos procesos. Obteniendo como resultado un modelo productivo conformado por módulos que describen procesos reales y medibles, además de ser probados con datos de los puntos de producción a los que se asistió.

Se define la última etapa del trabajo (ilustración 1) esta consiste en la optimización de los clasificados como procesos pertenecientes a un módulos documentados en la investigación de campo y previamente estandarizados, por lo que se recurre a la aplicación de diversas metodologías que garantizan robustez al ser aplicadas a cada proceso y brindando eficiencia a la concepción de modelo productivo general (véase la tabla3).

<b>Proceso fundamental</b>	<b>Método de optimización</b>
Proceso de alimentación	EOQ (sin faltantes) para determinar cantidad optima de alimento
	Diseño de algoritmo
Proceso para la producción de Leche	Suavizado estadístico, para pronosticar la producción de leche
	Optimización de la producción por medio de parámetros de decisión
	Diseño de algoritmo
Proceso de mejoramiento genético	Diseño de algoritmo
Proceso de medicina preventiva	Diseño de algoritmo
Proceso de reproducción	Diseño de algoritmo

Tabla 3 Procesos y métodos de optimización, se trata de optimizar el modelo propuesto mediante la cuantificación analítica y la designación de funciones, autoría propia.



## 1.1 Objetivo general

Investigar, gestionar y optimizar los procesos pertenecientes a la producción animal del ganado caprino mediante el diseño de un modelo productivo que se establezca en la perspectiva analítica y tome como eje rector a la ingeniería industrial para la optimización de sus actividades y la toma de decisiones.

### **Objetivos específicos**

#### ***En cuanto a la investigación***

- Investigar los procesos y consideraciones de las principales actividades que intervienen en la producción caprina para su concepción como modelo productivo consistente.
- Determinar por medio de la observación y análisis de distintos puntos de producción y procesamiento, actividades referentes a la industria que podrían conformar un modelo productivo genérico.
- Determinar las principales fortalezas y debilidades de la cadenas productiva y comercial actual
- Consultar las condiciones biológicas y zootécnicas para la implementación de la caprinocultura en México
- Consultar las normas que establecen los parámetros de calidad en la explotación caprina en México.

#### ***En cuanto a la gestión***

- Clasificar las actividades investigadas en procesos fundamentales para su medición y concepción genérica.
- Diseñar un modelo productivo que permita interrelacionar los procesos caracterizados en módulos, por medio del registro y procesamiento de información.
- Gestionar la información en función de un registro de eventos que permitan visualizar y consultar en el tiempo para su valoración
- Probar el modelo productivo prediseñado mediante el análisis y monitoreo de algunas actividades en producción real.

#### ***En cuanto a la optimización***

- Determinar un medio que permita planear y controlar la producción animal en función de la demanda e información del propio sistema.
- Deducir los algoritmos de cada proceso interviniente en el modelo descrito.
- Relacionar un modelo productivo de características analíticas y un modelo práctico para la toma de decisiones en la producción caprina



## 1.2 Aportes

- Documentación y clasificación de los procesos fundamentales que definen a la caprinocultura como modelo productivo en la producción animal.
- Software modular para la gestión y registro de información de los procesos del modelo productivo propuesto.
- Aplicación de metodología EOQ para determinar las cantidades óptimas en el abastecimiento de alimento de los animales.
- Propuesta de una distribución de producción para ayudar a controlar, planear y pronosticar la producción de la leche de cabra
- Propuesta de metodología para incrementar la eficiencia en la producción de leche por medio de la extrapolación de cartas de control y parámetros de decisión estadísticos (Shewhart., 2012) para medir la calidad de los animales productores.
- Compendio de algoritmos que conforman algunos de los procesos del modelo productivo propuesto.



## 2 La Caprinocultura

La cabra se ha considerado uno de los primeros animales en domesticar, su historia se remonta a Mesopotamia y se constituye actualmente como el animal productor de mayor dispersión en el mundo. Culturalmente en diversas civilizaciones la cabra se ha manifestado como un símbolo de abundancia y sacrificio, lo que le daba una percepción de valor desde entonces.

La teoría más precisa sobre la extensión de esta especie a lo largo del mundo se justifica por sus características de adaptación, lo que la convierten en una especie rustica y de alta eficiencia ya que como productos primarios se obtienen carne y leche mientras que secundariamente se dispone de abono y piel. Su adaptación se define en climas tropicales, subtropicales y áridos (Tabla 4), además de ser un animal dócil y sencillo de manejar.

Zona geográfica	Porcentaje de distribución
Asia	55.40%
Africa	29.80%
Sudamérica	7.30%
Europa	4.40%
Norte y Sudamérica	3%
Islas del pacifico	0.1
720 millones de cabras en el mundo	

Tabla 4 Inventario caprino global 2011 (Andrés E. Ducoing Watty, 2011)

En México la especie fue traída por los españoles en medio de la conquista entrando en un principio por el caribe para posteriormente diseminarse a toda América. De igual manera en Sudamérica los portugueses en el siglo XVI contribuyeron con parte del inventario caprino de esta región. Este proceso en gran medida se dio por el intercambio cultural y social que hubo en aquellos tiempos.

Actualmente México dispone de 8.9 millones de cabras del que es considerado el rebaño más grande de América, que en comparación con los grandes productores apenas representa el 1% de la población mundial de cabras (Aréchiga, y otros, 2008) . La distribución de los animales por su nivel de adaptación y las condiciones climáticas de México hace que sea factible su crianza en prácticamente todo el país, pero su distribución real es distinta (tabla 5).

Porcentaje	Distribución en México
64%	zonas áridas
36%	zonas templadas
8.9 millones de cabezas de ganado	

Tabla 5 Distribución de cabras en México (Aréchiga, y otros, 2008)



## 2.1 Razas caprinas en México

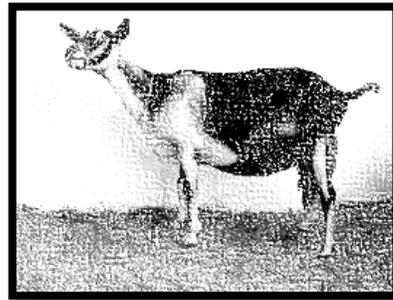
Dentro de la especie caprina existen una gran variedad de razas que a lo largo del tiempo se han desarrollado con la finalidad de ser eficientes en la producción de carne, leche o la mezcla de ambas actividades. A continuación se describe la clasificación de las razas más comunes y adaptadas en la caprinocultura mexicana de acuerdo al propósito de cría (Trujillo, 2015).

### Principales razas lecheras

Estas razas se enfocan en obtener la mayor producción de leche debido a sus características genéticas y de adaptación. Existe una gran variedad de razas lecheras pero las que más recurrentes para la producción son: Alpina, Saanen y Toggenburg. (Watty, 2015)

#### Alpina

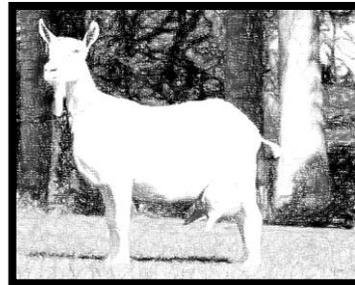
De las cabras de los Alpes, la Alpina es la más rústica, adaptable a climas templados y con capacidad lechera excelente, por su contenido de sólidos es decir grasa y proteína. Es la raza lechera de mayor adaptabilidad a climas templados y calurosos. (ilustración 3) (Watty, 2015)



*Ilustración 3 Cabra Alpina, autoría propia*

#### Saanen

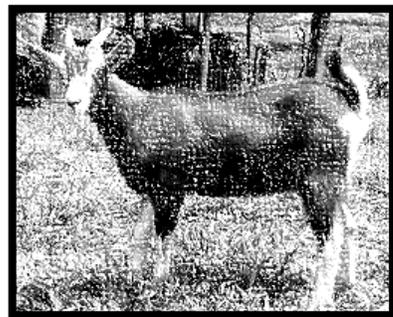
Los animales de la raza Saanen son corpulentos y con gran aptitud lechera. Son de color blanco o cremoso, con pelo corto y fino. Las cabras de esta raza producen el mayor volumen individual de leche y son de las más prolíficas, pero son muy sensibles a la radiación solar, pues están mejor adaptadas a climas fríos. (Ver ilustración 4) (Watty, 2015)



*Ilustración 4 Cabra Saanen, autoría propia*

#### Toggenburg

Las cabras Toggenburg son un poco más pequeñas que las Alpinas y las Saanen, y son casi igual de lecheras. Es vigorosa, alerta y puede tener pelo corto o largo, presenta líneas blancas en los lados de la cara, y las patas generalmente son blancas. (Ver ilustración 5) (Watty, 2015)



*Ilustración 5 Cabra Toggenburg, autoría propia*



### Principales razas para la producción de carne

La producción de carne es uno de los fines comunes de un rebaño, incluso en muchos casos las razas lecheras también tienen como fin el consumo de carne, pero cabe destacar que existen ciertas razas que por sus características son más apropiadas para este fin.

#### Boer

Esta es una raza rústica, seleccionada para producir en condiciones de pastoreo. Se adapta bien a climas semiáridos y subtropicales en México se introdujo en 1993, y desde entonces ha sido usada para mejorar el peso del cabrito y de la canal de chivos para birria (ver ilustración 6) (Trujillo, 2015).

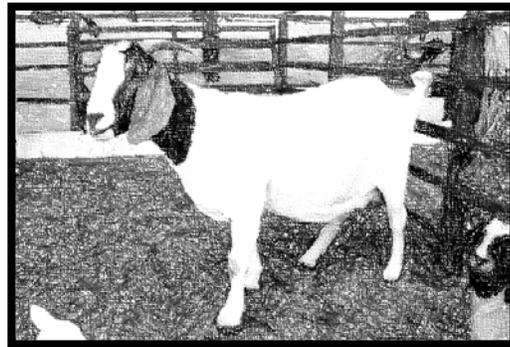


Ilustración 6 Cabra Boer ,autoría propia

### Principales razas para la producción de carne y leche

Dentro de la clasificación caprina existen razas con doble propósito es decir que se encuentran en un punto medio en la producción de leche y carne lo cual se puede aprovechar dependiendo del modo de producción. (Trujillo, 2015).

#### Nubia

Es una raza de cabra Grande, criada en la mayoría de las veces con doble propósito debido a que si bien su producción de leche en litros es baja, la calidad de su leche es rica en grasa. Normalmente el peso mínimo de las hembras es de 61 kg y 79 kg en los machos. (Ver ilustración 7) (Watty, 2015).

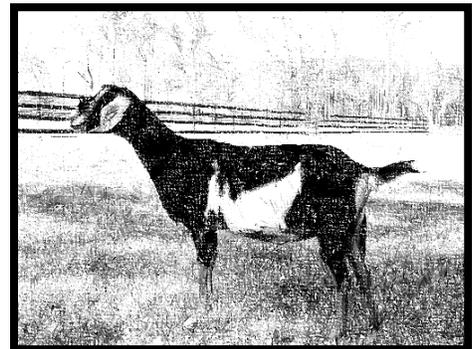


Ilustración 7 Cabra Alpina, autoría propia



## 2.2 Productos caprinos

La demanda de productos caprinos en el mundo es dependiente de los hábitos de consumo de la región, lo que produce una segmentación en la producción, un claro ejemplo de este evento es la industria tan añeja que existe alrededor del queso de cabra en Europa, evolucionando la industria a tal grado que su precio ronda hasta los 120 euros por kilogramo, es el caso del queso “old ford” producido por Mary Holbrook en Gran Bretaña madurado durante ocho y tres meses según su sabor, proporcionando al proceso de producción y la calidad un valor agregado alto para la leche de cabra en este caso (Clemente, 2016).

Sin embargo, el panorama en México es muy distinto, el consumo primordialmente se basa en la carne del animal con 43,000 toneladas de carne anualmente destinadas principalmente para la preparación de barbacoa (SAGARPA, 2007-2012), producto que en el mercado alcanza un valor de entre el 400% y 300% mayor al del precio promedio de la carne más consumida en México (bistec de res). Mientras que en los lácteos se producen alrededor de 160 millones de litros de leche que en la gran mayoría debido a sus métodos de extracción se vuelven de escaso valor, causas de este fenómeno por ejemplo son; en México aún existen enfermedades que están completamente erradicadas en países principalmente de Europa como es el caso de la Brucelosis caprina bloqueando igualmente la importación de animales desde México, otra causa son los ineficientes modelos de producción que aún se aplican y no garantizan inocuidad.

Mientras que las posibilidades para la explotación y comercialización de productos caprinos son variadas en sus distintos tipos de procesamiento, se puede determinar que es un producto de consumo creciente ya que está ligado a la demanda alimenticia en el mundo.

### 2.2.1 Valor de la leche de cabra

En el mundo actualmente existen alrededor de 720 millones de cabras que representa el 2% del total de leche producida en el mundo. Donde el 85% de las cabezas de ganado se encuentran concentradas en Asia y África aportando un 64% de la producción mundial de leche de cabra, mientras que en Europa con un 6% de propiedad sobre la población mundial generan un 25 % de la producción total de leche. (Aréchiga, y otros, 2008)

Propiedades nutricionales (Andrés E. Ducoing Watty, 2011)

- Los glóbulos grasos de la leche de cabra son más pequeños en comparación con los de la leche de vaca, lo que implica que sea más digestible.
- Alternativa para bebés de madres que no pueden amamantar.
- Por ser de mejor digestión es ideal para dietas de convalecientes con alteraciones gástricas y úlceras.
- Los ácidos grasos que contiene, muestran la cualidad metabólica con capacidad de limitar depósitos de colesterol.
- Es más blanca porque no contiene beta-carotenos (vitamina. a).
- En comparación con la leche de vaca, contiene la misma cantidad de proteínas, grasas, hierro, vitaminas e y d. mayor cantidad de vitamina. a y b. menor cantidad de lactosa.

La leche además de las bondades nutricionales, como materia prima dispone de un amplio espectro de posibilidades al ser bastante versátil para su transformación principalmente en quesos, jabones, cajeta, industrialmente esta propiedad permite resguardar el producto sin disminuir su valor abriendo posibilidades para el control de la producción de manera estratégica.



### 2.2.2 Carne de cabra

La carne de cabra tiene una participación del 6 % en la producción total anual mundial de carne lo que representa aproximadamente 200,000 millones de toneladas, el aumento del consumo se especula porque en los años de 1980 a 2002 la demanda mundial de carne incremento de un 13.9% a 20.8% respectivamente, este hecho se atribuye a que se ha dejado de producir en los puntos de comercio como consecuencia de la globalización, lo que da pie a un aumento en la demanda por el nacimiento de la emergente clase media de los países subdesarrollados principalmente. En los cuales su ingesta de carne rara vez sobrepasa los 10 g. por día, mientras que en países desarrollados supera los 55 g. por día haciendo de la caprinocultura una alternativa más de abastecimiento que hasta ahora se ha estacionado en el autoconsumo en algunas regiones como en el caso de México (Aréchiga, y otros, 2008).

### 2.2.3 Productos secundarios

Los productos secundarios son aquellos que inherentemente estarán involucrados en la producción primaria (leche y carne), estos productos son el caso de la piel, excremento, pezuñas y cuernos. Solo por este medio el seis por ciento de las pieles en la industria mundial del vestido son de cabra. Mientras que los cuernos y pezuñas son utilizados en producción de gelatina debido al alto contenido de colágeno, mientras que el excremento se aprovecha como abono.



### 3 Análisis industrial de la caprinocultura

En México existen 494,000 unidades de producción caprina y aproximadamente 1.5 millones de mexicanos tienen como actividad productiva primaria o complementaria a la caprinocultura (Aréchiga, y otros, 2008).

Desde la percepción de la caprinocultura como un modelo productivo perteneciente a la ganadería, se identifican históricamente tres modelos de producción, que por su naturaleza son dependientes de la geografía y las condiciones del lugar.

- **Extensivo**

Se define como el modelo de producción en donde el ganado se encuentra en libre pastoreo de manera seminómada y la producción de la leche es de forma estacional de acuerdo al ciclo estral <sup>2</sup>del animal, la producción de carne se sincroniza con la demanda. La principal ventaja es la disminución de costos por alimentación.

- **Intensivo**

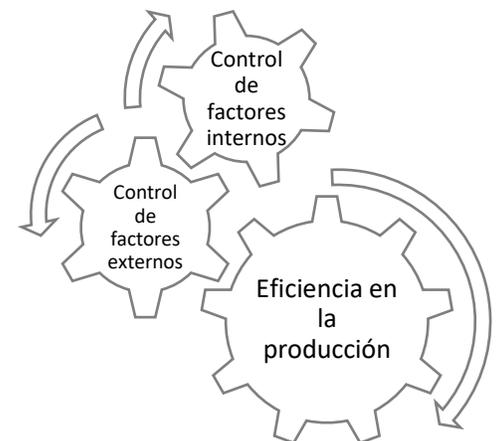
Es el modelo de producción más eficiente en comparación con los otros dos, actualmente el intensivo se percibe como un modelo de producción de estabulación total, lo que significa el control del ciclo estral de la cabra para su reproducción implicando una producción de leche constante y una producción de carne sincronizada a la demanda. La principal ventaja es la producción constante que va en función de la inversión inicial.

- **Semintensivo**

Es aquel modelo que fusiona los dos tipos de producción, en donde durante el día los animales comen libremente en el área y en la tarde noche son estabulados. No existe control del ciclo estral por lo que la producción de leche es estacional, mientras que la producción de carne se sincroniza a la demanda.

Al de contextualizar las condiciones de producción de la industria y el creciente mercado, las necesidades de industrialización son inmediatas. El objetivo fundamental de esta tesis es la concepción y el diseño de un modelo productivo para la generación de riqueza por medio del aprovechamiento de los recursos naturales para fines comerciales de la ganadería y puntualmente de la caprinocultura en cuanto a la de carne, leche o la fusión de estas dos actividades principalmente.

La idea de modelo productivo que se propone está fuertemente relacionada con el control por medio del registro y conocimiento del impacto de aquellos factores que directa o indirectamente afectan a los procesos que componen el punto de producción, el control y registro que muestran información relevante y se sintetiza en parámetros e indicadores para poder optimizar los procesos partiendo por la captura de información para definirlos como un conjunto de diversas operaciones alineadas a un mismo objetivo.



*Ilustración 8 Control de modelo productivo por diseño modelo productivo autoría propia*

<sup>2</sup> Ciclo natural que representa la estacionalidad de la reproducción en función de la captación de luz y las estaciones del año



### 3.1 Control de la caprinocultura

La idea de control que a continuación se muestra se basa en la observación derivada de la investigación de campo y del análisis de diversos modelos de producción, el concepto aterriza en el control de variables de tipo interno y externo. (Ilustración 8).

Por medio de esta visualización se identificaron dichos factores de control, quienes mediante la estandarización se pueden visualizar como módulos productivos, dotando a estos como entes funcionales y administrativos de todo el sistema de producción quienes se encargan de procesos específicos en la configuración del modelo.

#### **Módulos de control interno**

Los módulos de control internos son considerados como aquellos en los cuales se puede tener injerencia en el proceso y dependen absolutamente de las acciones que los productores pongan en práctica, por lo tanto describen los procesos internos del modelo productivo.

##### **Alimentación:**

La alimentación de los animales es una de las actividades de más peso ya que en función de la nutrición y el aprovechamiento que tenga el rebaño de ésta, dependerá la producción cárnica y lechera del hato<sup>3</sup>. Se debe tener en cuenta que la alimentación en general es dinámica de acuerdo a las necesidades que tienen los animales siendo estas diferentes en cada etapa de vida, sin perder de vista que dependiendo de las condiciones geográficas y climatológicas estas pueden cambiar.

##### **Desarrollo reproductivo:**

El desarrollo reproductivo del rebaño se deberá poner en marcha mediante la planeación estratégica de un plan reproductivo que estará íntimamente ligado con la producción lechera, ya que la producción de leche, analógicamente se considera como el control de la reproducción.

##### **Desarrollo del mejoramiento genético:**

Una de las actividades a futuro es el mejoramiento del hato por medio de aquellas características que pudiesen tener las cabras y resulten beneficiosas para aumentar la productividad de todo el rebaño; es decir si dentro del rebaño se tiene a una cabra en ordeño que es buena productora de leche y que además cuenta con características anatómicas y fisiológicas adecuadas para la reproducción, lo más probable es que esta propiedad pueda transferirse a la cría y así por medio de este aumentar el nivel de producción lechero, tomando en cuenta de igual forma las características del macho con el que se empadre, ya que estas repercutirán también en la cría. Por el contrario si un animal tiene un muy corto periodo de producción y su aportación de leche es pobre, la transmisión de esta característica podría mermar los niveles de producción lechero lo que indica la sustitución del rumiante y el aprovechamiento de su carne.

---

<sup>3</sup> Referencia a una porción de ganado



### **Módulos de control externo**

Se describen como módulos de control externos aquellos en los cuales no se puede tener injerencia, pero que al tomar cierto tipo de medidas preventivas es posible aumentar o disminuir su impacto, desde luego no se puede garantizar un cien por ciento de efectividad con este tipo de acciones pero ayudan a reducir o aumentar la probabilidad de tener resultados satisfactorios. Un ejemplo claro es la medicina preventiva ya que esta reducirá el riesgo de que el animal sufra ciertas enfermedades, pero esta por ningún motivo garantizará que el rebaño no sufra ninguna enfermedad.

#### **Medicina preventiva:**

La medicina preventiva juega un papel importante ya que esta reducirá la probabilidad de que el rebaño sufra ciertos padecimientos que obliguen a aplicar tratamientos médicos correctivos, por consecuencia esto entorpecerá el desarrollo óptimo del sistema y además genera costos no deseables y variables. La medicina preventiva tendrá que realizarse por medio de un plan sistemático y constante que pueda garantizar la salud de los animales y su buen desarrollo.

#### **Manejo higiénico:**

El manejo higiénico consiste en saber de manera adecuada como manipular a los animales sin que estos estén propensos a sufrir algún tipo de daño o maltrato consecuencia de malas prácticas. Además este tipo de actividades contribuye en aumentar la calidad de vida del rebaño lo que significa una mayor vida útil.



### 3.2 Modelo productivo para la caprinocultura

Al enunciar los componentes conceptuales que integran el modelo productivo propuesto, se debe esquematizar en un sistema formado en el registro de operaciones y el procesamiento de información sobre las mismas, que a su vez interactúan entre sí para dotar de indicadores relevantes a los usuarios en aras de una mayor incidencia en la producción animal, (Ilustración 9 y Tabla 6).

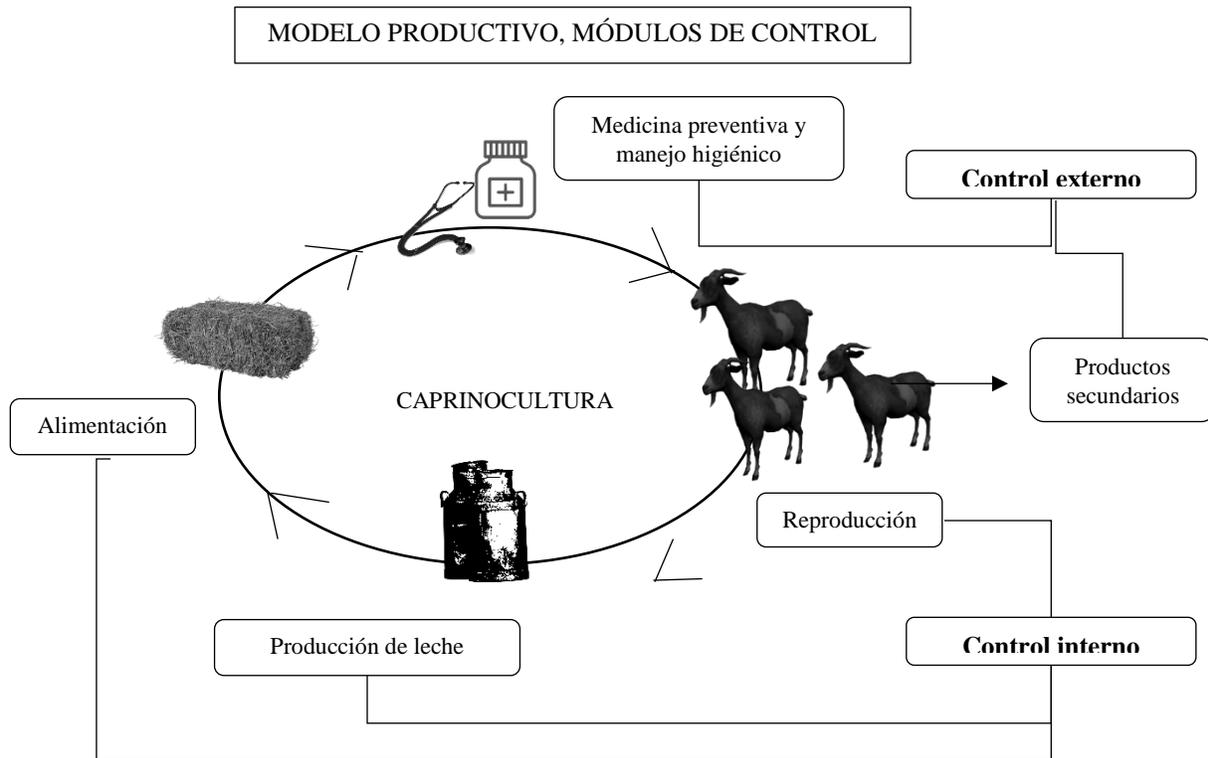


Ilustración 9 Representación del modelo productivo mediante la integración y adaptación de módulos

MÓDULOS DE CONTROL INTERNO			MÓDULOS DE CONTROL EXTERNO
Proceso de alimentación	Proceso de ordeño	Proceso reproductivo	Medicina preventiva y manejo higiénico
Abastecimiento de alimento	Extracción de leche	Análisis de la demanda	observación del comportamiento
Alimentación de cabras adultas y sementales	Pruebas de calidad en la leche	Planeación de la producción	Monitoreo del desarrollo
Alimentación en crías	Pruebas de acidez en la leche.	Mejoramiento genético	vacunación
Alimentación de crías mixta leche y suero	Mantenimiento del equipo de ordeño.	Empadre	Desparasitación
Alimentación de cabrito utilizando únicamente leche	Sala de ordeño.		Atención en el parto
	Almacenamiento		Manejo de los animales

Tabla 6 Clasificación de los módulos que componen el sistema productivo de acuerdo a la naturaleza de su control ya sea interno o externo, autoría propia



### 3.2.1 La gestión

Para poder obtener información veraz acerca de los distintos procesos que se llevan en el modelo productivo, es preciso dimensionarlos por medio de la recopilación de datos de aquellas variables de interés que a lo largo de cierto tiempo permiten comparar entre sí la información y verificar el impacto de aquel proceso medido.

Es de suma importancia tener control de aquellas variables que pueden alterar los resultados productivamente reflejando el desempeño del modelo. ¿Pero de qué manera se puede tomar el control de dichos factores? Para comenzar se debe tener conciencia del tipo de datos que se pueden obtener de los distintos procesos que se desarrollan alrededor del modelo, en general se podrán obtener dos tipos de información, información cualitativa y cuantitativa, de acuerdo al tipo de información que se puede obtener se elige la naturaleza del método que se desarrollará para su análisis. Este proceso tiene como fin práctico la toma de decisiones sustentada en un análisis sistemático realizado en aquellas variables que pudiesen tener mayor impacto dentro del desarrollo del modelo según los resultados de la investigación de campo.

Introduciendo la idealización de los módulos de control al presente sistema productivo es necesario describir la funcionalidad precisa en cuanto a la gestión de la información y su administración. (Ilustración 11)

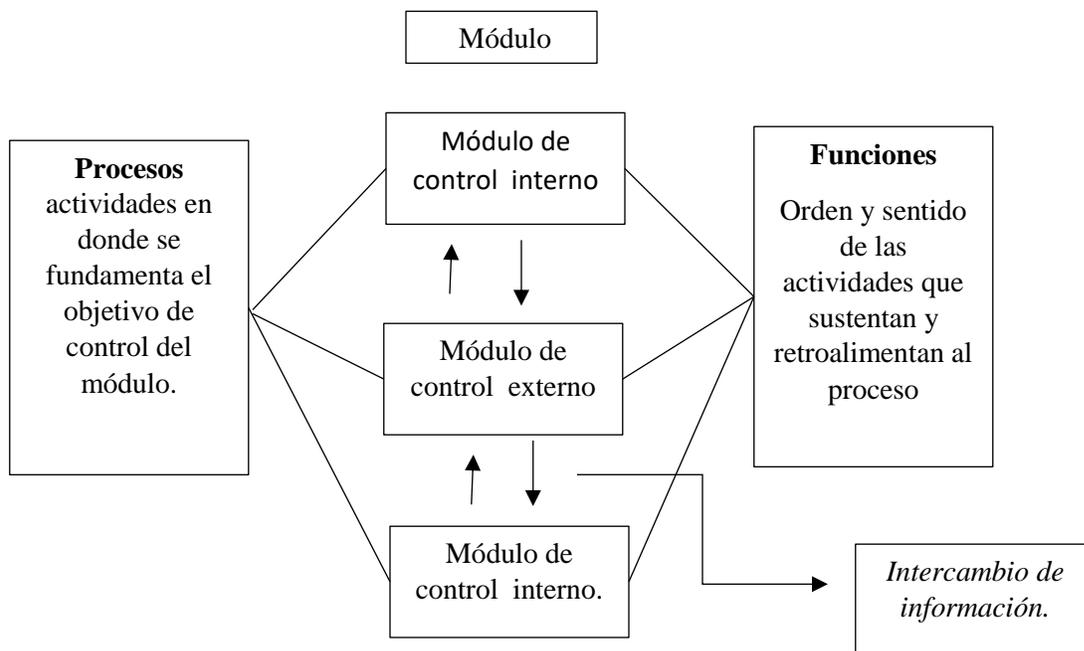


Ilustración 10 Concepto de módulo compuesto por procesos, funciones y flujos de información internos y de interacción entre si con la capacidad de acoplarse a cualquier punto de producción mediante la modificación de sus funciones.

Al visualizar de esta manera los módulos de control que definen al modelo productivo, las expectativas para el registro de información que lo alimentan son exigentes ya que para asegurar un margen de incertidumbre bajo en la muestra de información y en los cálculos, el registro y procesamiento de datos debe hacerse de manera constante y con alta frecuencia, tarea de la cual se encargan las funciones administrativas (ilustración12) del módulo por medio de políticas de operación específicamente, adecuadas a la funcionalidad del punto de producción.



# Modelo administrativo

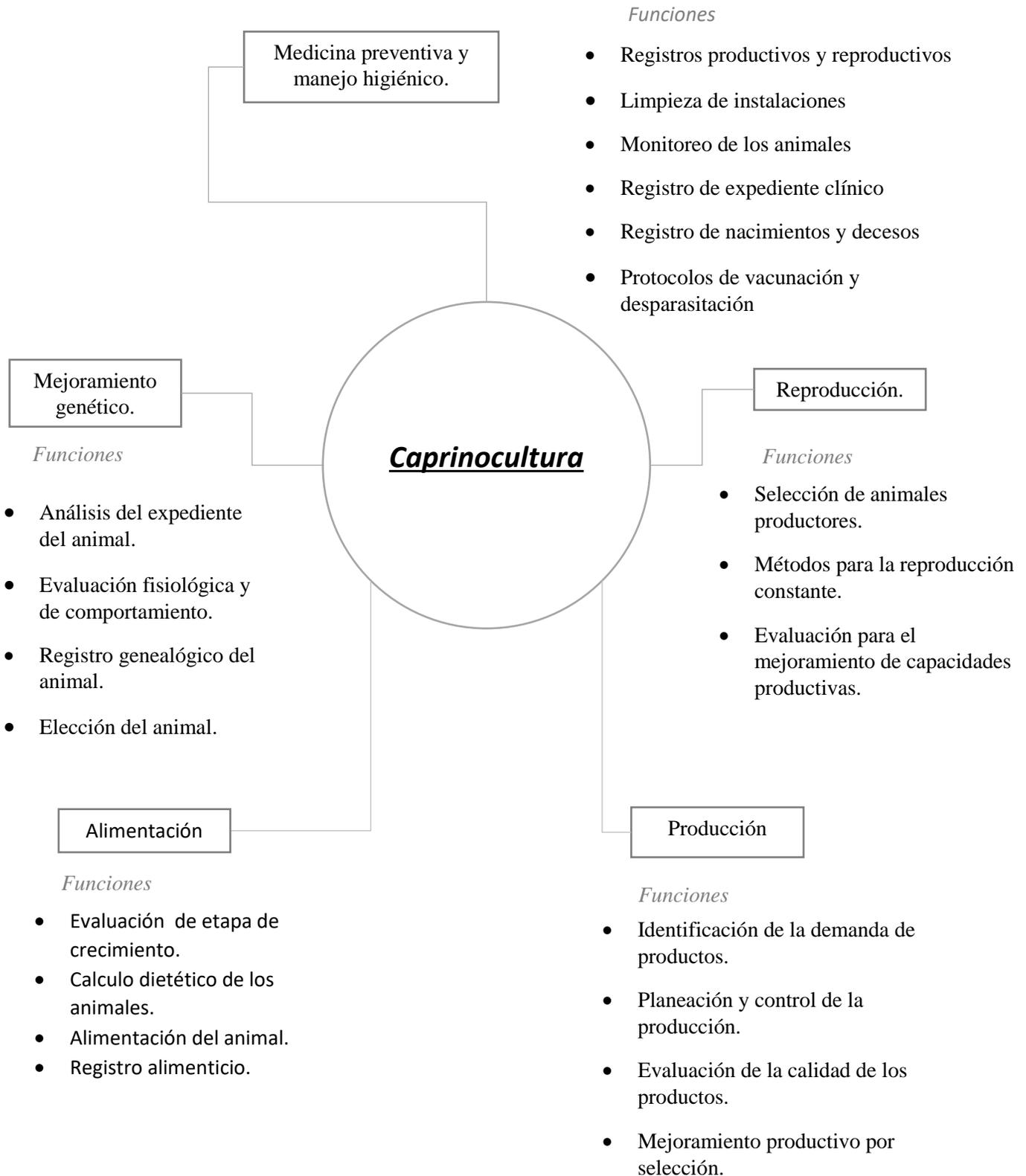


Ilustración 11 Visualización de las funciones administrativas de los módulos, estas se encargan de sustentar a las actividades que integran a un proceso mediante el registro, clasificación, procesamiento y archivo de eventos.



Para satisfacer la necesidad de gestión en el modelo productivo, fue diseñado y programado un software básico llamado “caprino 1.0” el cual tiene por tarea la recopilación de forma histórica que atañen puntualmente a los módulos que lo conforman (Tabla 7), se pueden apreciar de manera resumida el nombre de los registros, el tipo de proceso y los indicadores que ayuda a dimensionar el software. (Descarga del programa en [Carpino 1.0](#) (contraseña: kellytes)

<b>Tipo de proceso</b>	<b>Nombre de registro</b>	<b>Indicadores a medir</b>
Alimentación	Consumo de alimento	Consumo de alimento en KG, TON, pacas
	Ganancia de pesos en crías	Ganancia de peso relativa en Kg
Producción	Registro de producción	Producción de leche en de forma individual y como población en L
Desarrollo reproductivo	Inventario caprino	Número de animales contenidos en una clasificación y un perfil determinados medido en cabezas de ganado
Mejoramiento genético	Control de natalidad	Registro de la genealogía de los animales con los que cuenta el inventario caprino medido en generaciones y número de empadres
Medicina	Registro clínico	Registro del número de eventos clínicos que tuvo el animal de acuerdo a su expediente
Manejo higiénico	Registro clínico	Registro del número de eventos clínicos que tuvo el animal de acuerdo a su expediente

Tabla 7 Gestión de módulos por medio del software caprino 1.0 programado para facilitar la gestión de datos y eventos provenientes del modelo productivo.

Mientras que en la ilustración 13 se aprecian los nombres de los registros que pertenecen a la interface del software, el cual se alimenta de forma manual y amigable en un ambiente Excel.

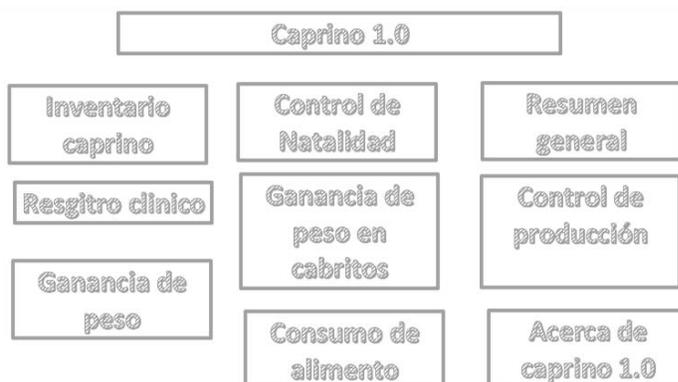


Ilustración 12 captura de pantalla del tipo de registros que maneja Caprino 1.0 mostrados en su propia interface, autoría propia.



## 4. Estandarización y documentación de procesos para la caprinocultura

### 4.1 Proceso de alimentación

El proceso se divide en diferentes vertientes ya que un animal atraviesa por distintas etapas antes de llegar a la madurez reproductiva y entrar al ritmo de producción del modelo productivo, a continuación se describe (Ilustración 10) la flexibilidad del proceso genérico de alimentación de la que sería considerada una cabra productora.

#### Flexibilidad del proceso

##### Nivel de alimentación

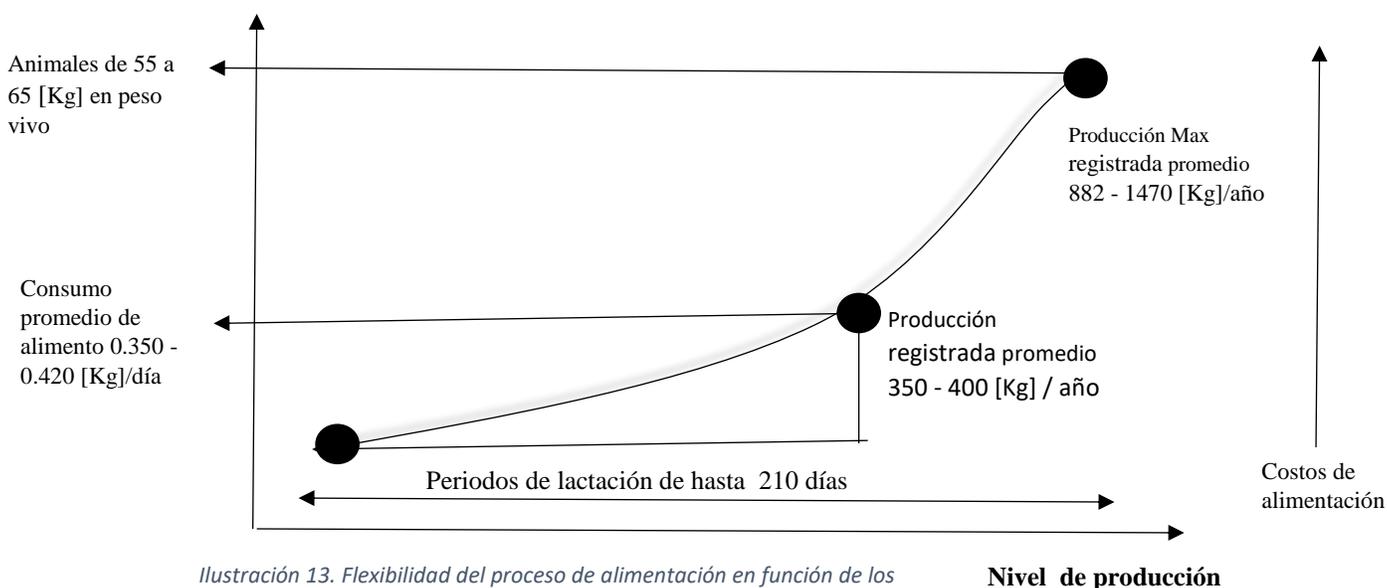


Ilustración 13. Flexibilidad del proceso de alimentación en función de los costos de alimentación y los niveles de producción, autoriza propia.

El 80 % de los costos de producción de un rebaño provienen de la alimentación (SAGARPA, 2007-2012) por lo que el manejo del producto debe ser eficiente para disminuir mermas

Para determinar la cantidad de materia seca <sup>4</sup> que pueden consumir los caprinos en la bibliografía se han elaborado una serie de modelos matemáticos que se adecuan a las necesidades de estos animales, ya que se consideran las etapas fisiológicas en las cuales se encuentran características como nivel de producción, peso vivo y grado de actividad realizada. Los siguientes modelos fueron evaluados y desarrollados por en el Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas de Francia.

<sup>4</sup> Forraje seco del cual se alimentan las cabras, como paja, alfalfa entre otras



Secas	CMS [g] = 316 (PL)**+ 10(PV)^ + 700
Gestantes	
Destete	
Sementales	
Donde	
CMS	consumo de materia seca [g]
(PL)**	producción de leche con 3.5 % de grasa [Kg]
(PV)^	peso vivo de bascula del animal [KG]

#### Nomenclatura de animales

\*secas, cabras que no están produciendo leche  
 \*gestantes cabras que están en gestación pero aun no producen leche  
 \*Destete, cabras recién nacidas que acaban de dejar de tomar leche  
 \*sementales, machos para reproducción

Tabla 8 Modelos de alimentación, bajo condiciones especiales desarrollados en Europa (INRA, 1990)

Se ha podido comprobar que estos modelos se adecuan a las condiciones de México entre un  $\pm 10\%$  según (Trujillo, 2015) por lo cual no es recomendable seguirlas como parámetros estrictos, pero si pueden generar una idea bastante real del consumo.

1/3 de la lactación	CMS [g] = 316 (PL)**+ 10(PV)^ + 900
2° y 3/3 de la lactación	CMS [g] = 316 (PL)**+ 10(PV)^ + 700
Donde	
CMS	consumo de materia seca [g]
(PL)**	producción de leche con 3.5 % de grasa [Kg]
(PV)^	peso vivo de bascula del animal [KG]
<b>Nota:</b> al resultado de los modelos previos se les debe sumar 200 [g] más si los animales se encuentran en estabulación <sup>5</sup> total y 400 [g] si están en condiciones de pastoreo	

Tabla 9 Modelos de alimentación en la lactancia, bajo condiciones especiales desarrollados en Francia (INRA, 1990)

#### Consideraciones para los modelos de Alimentación

- A estos animales no se les debe incrementar ninguna cantidad debido a que no repercute ninguna corrección en cuanto a estabulación o pastoreo
- Los modelos no consideran desperdicios de alimento. Los modelos solo consideran el consumo de alimento en materia seca por lo que el contenido de nutrientes de esa materia se debe calcular sobre la base de los requerimientos nutricionales de cada animal.
- Regularmente las cabras se encuentran en condiciones de poca disposición de agua al ser una especie rustica, pero es importante estimar los requerimientos de dicho líquido para que el consumo de materia seca sea el adecuado y se obtenga la producción esperada.

segmentación	Consumo de agua por [ l / KG de CMS ]
Animales en producción sin importar el tercio de la lactación	3.5
Secos, sementales, gestantes	2
Animales en crecimiento	1
<b>Nota:</b> Estos estimados son para temperaturas ambiente entre los 10 y 20 [°C], cuando la temperatura es mayor a los 20 [°C] se incrementan las necesidades de agua en un 20 %	

Tabla 10 Estimaciones para el consumo de agua, bajo condiciones especiales desarrollados en Francia (Academy, 1995)

<sup>5</sup> Cría de ganado en establos o en algún recinto fuera del natural



#### 4.1.1 Alimentación de cabras adultas

##### *Consideraciones:*

Lotificar<sup>6</sup> a las cabras en función de su peso, etapa fisiológica etc. Esto para evitar peleas por establecimiento de jerarquías y la comida pueda ser bien distribuida entre los animales.

En la distribución de los corrales se debe tener en cuenta que el suministro de alimento se debe realizar en un lapso no mayor a los 20 por corral [minutos] con la finalidad de no generar estrés a los animales.

El tiempo entre comidas idealmente deberá ser el mismo en forma rutinaria, para evitar periodos de ayuno que traigan consigo condiciones de acidosis ruminal crónica<sup>7</sup>.

El hecho de suministrar alimento una sola vez al día no garantiza que ellos consuman a su capacidad máxima, además de que el alimento puede añejarse o contaminarse dejando de ser apetitoso para las cabras, aumenta la merma en cuanto a alimento distribuido, elevando el costo de producción sin tener una productividad real.

El primer alimento aconsejable que se debe suministrar al animal debe ser algún tipo de paja con el fin de neutralizar el PH rumial<sup>8</sup> debido a la salivación que se provoca en las cabras al comer forrajes fibrosos para lograr la proliferación de las bacterias degradadoras de celulosa y hemicelulosa.

En el último suministro de alimento se recomienda aportar los ingredientes más succulentos para la cabra, como son el alimento balanceado (granos). Esto provoca que la comida no sea degradada en el rumen sino el abomaso<sup>9</sup> e intestino.

Se recomienda que los forrajes secos sean picados a una longitud aproximada de 1 “ya que con esto se incrementa el área de contacto de las bacterias con las paredes del forraje y se estimulan los movimientos rúmiales.

El acceso al agua debe ser libre durante todo el día de acuerdo a los requerimientos de cada animal.

Es de suma importancia considerar dentro de la dieta de los animales la nutrición en cuanto a minerales, esta suele ser de manera natural adquiriéndolos en el proceso de pastoreo ya que sus necesidades las satisfacen los nutrientes provenientes de la tierra en donde se encuentran, idealmente se recomienda un estudio de suelo para ver las deficiencias que este pueda tener para suplementar las carencias dentro del alimento diario del animal. Un error típico es considerar que todos estos minerales que necesita el animal solo se reducen a cloruro de sodio, por lo cual se debe tener cuidado ya que la producción de leche y carne primordialmente.

---

<sup>6</sup> Clasificar en función de características similares y separación en lotes

<sup>7</sup> La acidosis ruminal clínica o aguda (pH ruminal menor a 5.0) se debe principalmente a la acumulación de ácido láctico, lo cual sucede después de un consumo rápido de carbohidratos altamente fermentables

<sup>8</sup> Indicador del procesos del proceso de fermentación realizado principalmente en las dos primeras partes del estómago por los microorganismos (protozoarios, hongos y bacterias)

<sup>9</sup> El abomaso o cuajar es el cuarto y último compartimento del estómago de los rumiantes



#### 4.1.2 Alimentación en crías

La alimentación de las crías puede variar dependiendo del desarrollo del modelo productivo es decir, si en un rancho se pretende realizar el procesamiento de la leche en quesos, existe la posibilidad de aprovechar el suero<sup>10</sup> que regularmente se desecha, reutilizándolo como complemento alimenticio para los animales recién nacidos reduciendo costos y aprovechando mermas, debido a esto a continuación se describen dos de los diferentes procesos de alimentación

##### *Consideraciones:*

Se puede implementar una lactancia artificial utilizando el suero de la producción de quesos como un sustituto parcial de la leche materna.

El suero para la alimentación de los cabritos debe estar en un rango  $< 80$  [°D], de lo contrario se puede balancear con bicarbonato de sodio al 75% a razón de una cucharadita sopera (20 ml) por cada 20 [L] de suero para establecer el complemento alimenticio.

Al dar a luz las ubres del animal se llenan de calostro, el calostro es una sustancia amarillenta más densa que la leche y mucho más dulce que aporta a las cabras proteínas necesarias para que el animal pueda vivir y se sigue produciendo en la hembra durante tres días posteriores al nacimiento de la cabrita, es decir, esta sustancia juega el papel de sistema inmunológico durante los primeros días de nacimiento del animal, ya que las cabras no nacen con su sistema inmune propiamente desarrollado.

Si no se les proporciona calostro a las cabritas en los primeros quince minutos de vida aumenta la probabilidad de que la cría muera, si el calostro de la mama no es de buena calidad, se les suministra calostro extraído de otras hembras.

Es ideal extraer todo el calostro durante el día que la cabra pario para poder resguardarlo y suministrar periódicamente en función del peso y desarrollo del animal, si existiese un excedente de calostro este se puede resguardar en refrigeración y suministrarlo posteriormente a aquellas crías en las cuales el calostro de las madres es deficiente o anormal en cuanto color, olor y consistencia.

No se recomienda resguardar ni almacenar el calostro producido por las hembras durante los días posteriores al nacimiento de su cría, ya que este calostro es menos eficiente en cuanto a sus propiedades y deja de aportarle a las crías los nutrientes necesarios.

El calostro es suministrado a las cabritas por aproximadamente tres días durante dos veces al día a razón de 250 [ml] en cada toma por animal.

Se recomienda inmediatamente después del nacimiento que la cabrita sea separada de la madre en un corral especialmente para los cabritos, en donde se les proporciona leche de manera artificial, mediante una vivieron artificial.

A las cabritas separadas y en el corral independiente se les comienza a dar leche proveniente del ordeño tres veces al día, estos suministros de leche están en función de su peso.

---

<sup>10</sup> Merma de la producción de quesos



Si la cría rechaza la leche suministrada de manera artificial, se mete en el mismo corral que la mama para que ella pueda proporcionarle leche, una vez monitoreada la cabrita se evalúa si ya puede comer pastura por sus propios medios y es separada de la mama al corral independiente con las demás cabritas.

La leche suministrada para las cabritas parte del estimado que se muestra en la tabla 11

Veces que se les proporciona leche a las cabritas	Peso de las cabritas	Cantidad de leche
3 veces al día	Hasta los 8 kg	750 [ml]
2 veces al día	De 8 kg a 10 kg	750 [ml]
1 vez por día	10 kg a 14 kg en adelante dependiendo el monitoreo del peso de la cabrita	1.5 [l]

*Tabla 11 Distribución de comida en crías de acuerdo a la evolución del peso, producto del análisis en la investigación de campo, autoría propia.*

La leche suministrada a las cabritas puede variar, dependiendo de los resultados que se obtengan al monitorear el peso con relación a la inclusión de pastura como alimento primordial, si se llega a notar que el peso baja al introducirle forraje, entonces se puede optar por proporcionar leche directamente de la madre.

#### **Proceso: Alimentación de crías utilizando únicamente leche**

- **Registrar el peso del recién nacido:** terminando la labor de parto de la cabra que dio a luz, se debe registrar el peso de la cría para verificar cuando termina la etapa de lactancia.
- **Ordeñar a la cabra que acaba de dar a luz:** esto con la finalidad de extraer todo el calostro de la madre durante ese día y almacenarlo para después proporcionárselo a las cabritas de acuerdo a su plan alimenticio.
- **Se verifica la calidad del calostro:** es importante verificar el calostro de la hembra que acaba de parir, ya que si en este existen anomalías en color, olor y consistencia puede repercutir en la cabrita a quien se lo estemos suministrando.
- **Calostrar a las cabritas:** el suministro de calostro debe ser durante tres días a partir del nacimiento de la cría durante dos veces al día con aproximadamente 250 [ml] como se mencionó antes.
- **Suministrar leche tres veces al día:** se deberá suministrar 750 [ml] de leche repartido equitativamente en tres tomas durante el día con aproximadamente 4 horas de diferencia entre cada toma de leche.
- **Se monitorea el peso de la cabrita:** se debe monitorear el peso de la cría para que esta llegue a los 8 [kg] y pasar a la siguiente etapa de alimentación.
- **Suministrar leche dos veces al día:** se deberá suministrar 750 [ml] de leche repartido equitativamente en dos tomas durante el día con aproximadamente 6 horas de diferencia entre cada toma de leche.
- **Se monitorea el peso de la cabrita:** se debe monitorear el peso de la cría para que esta llegue a los 10 [kg] y pasar a la siguiente etapa de alimentación.
- **Suministrar leche una vez al día:** se deberá suministrar 1.5 [l] de leche en una toma durante el día por la mañana.
- **Se monitorea el peso de la cabrita:** se debe monitorear el peso de la cría para que esta llegue a los 14 [kg] y concluir la etapa de lactancia.
- **Conclusión de la lactancia:** la etapa de lactancia terminara cuando los cabritos obtengan un peso entre los 10 y los 14 [Kg] o cuando alcance un triple aumento de peso en función de su peso de nacimiento,



durante este tiempo es necesario comenzar a alimentar con pastura a los animales para que comiencen a acostumbrarse a este tipo de alimentación.

#### Proceso alimentación de crías mixto en cuanto a Leche y suero

- **Registrar el peso del recién nacido:** terminando la labor de parto de la cabra que dio a luz, se debe registrar el peso de la cría para verificar cuando termina su etapa de lactancia.
- **Ordeñar a la cabra que acaba de dar a luz:** esto con la finalidad de extraer todo el calostro de la madre durante ese día y almacenarlo para después proporcionárselo a las cabritas de acuerdo a su plan alimenticio.
- **Se verifica la calidad del calostro:** es importante verificar el calostro de la hembra que acaba de parir, ya que si en este existen anomalías en color, olor y consistencia puede repercutir en la cabrita a quien se lo estemos suministrando.
- **Calostrar a las cabritas:** el suministro de calostro debe ser durante tres días a partir del nacimiento de la cría durante dos veces al día con aproximadamente 250 [ml].
- **Suministrar el 100% de leche:** una vez en la lactancia y terminando de calostrar a la cría, se le suministrara el 100% de leche de cabra durante el 4°, 5° y 6° día, se les proporcionará 2 tomas al día con una diferencia de 10 [hrs], este proceso se lleva a cabo en botellas con chupones adaptadas especialmente para el cabrito.
- **suministrar 75% en leche de cabra y 25% de suero:** durante los siguientes tres días 7°, 8° y 9° se les suministra 75 % de leche y 25 % de suero, con un consumo máximo de 1.5 [l] esta alimentación se dará en cubetas con chupones especiales para la alimentación del animal.
- **Suministrar 50% en leche de cabra y 50% de suero:** los siguientes tres días 10°, 11° y 12° la dilución será de 50 % leche y 50 % suero.
- **Se monitorea el peso de la cría:** una vez llegando a la alimentación en 50% suero y 50% leche es muy importante monitorear y registrar el peso ya que se mantendrá esta dieta en función del peso vivo del animal.
- **Conclusión de la lactancia:** la etapa de lactancia terminara cuando los cabritos obtienen un peso entre los 10 y los 14 [Kg] o cuando alcance un triple aumento de peso en comparación con el peso de nacimiento, durante este tiempo es necesario comenzar a alimentar con pastura para que comiencen a acostumbrarse.

#### 4.1.3 Proceso genérico de alimentación

- **Revisar limpieza de comederos y bebederos:** se deberá estar pendiente de la limpieza de los comederos y bebederos para reducir la probabilidad de afecciones hacia los animales por agentes contaminantes en dichas instalaciones.
- **Alimentar con pastura:** la alimentación se realizara de acuerdo a la dieta de cada animal y en proporción de su etapa de crecimiento, este proceso se repetirá aproximadamente 4 veces durante el día con un tiempo de tres horas entre cada comida.
- **Verificar el comportamiento:** mientras las cabras y sementales están alimentándose, es recomendable verificar si todas las cabras comen o si alguna tiene un comportamiento anormal, ya que de ser cierto



cabe la posibilidad de que algún animal este enfermo y es necesario canalizar el caso con un médico veterinario que pueda realizar las revisiones pertinentes.

- **Limpiar comederos bebederos y corrales:** a la mitad del proceso de alimentación se hará la limpieza de los comederos, bebederos y corrales es decir después de la segunda comida.
- **Alimentar con concentrado:** en la última comida se recomienda alimentar a los animales con granos succulentos, estos pertenecientes al concentrado alimenticio correspondiente a cada etapa del animal.



## 4.2 Proceso para la producción de Leche

La producción de leche es una de las actividades más importantes, ya que de este proceso depende la productividad del hato, con el fin de producir leche como materia prima para diversos tipos de transformación y productos comerciales.

### Flexibilidad del proceso

Este proceso depende de una gran cantidad de factores que pueden alterar la producción de leche dejando un beneficio o un déficit dependiendo de que tanto control se tenga sobre dichas variables de la producción, entre ellas (Trujillo, 2015) hace hincapié en:

- Análisis de la demanda que se pretende satisfacer.
- Nutrición de los animales.
- Establecimiento de un programa reproductivo.
- Establecimiento de un programa de mejoramiento genético.
- Programas médicos preventivos y correctivos.

Por lo tanto el modelo productivo define al proceso de producción de leche como la integración de diversas operaciones que tienden a maximizar la producción y calidad de la leche (Ilustración11).

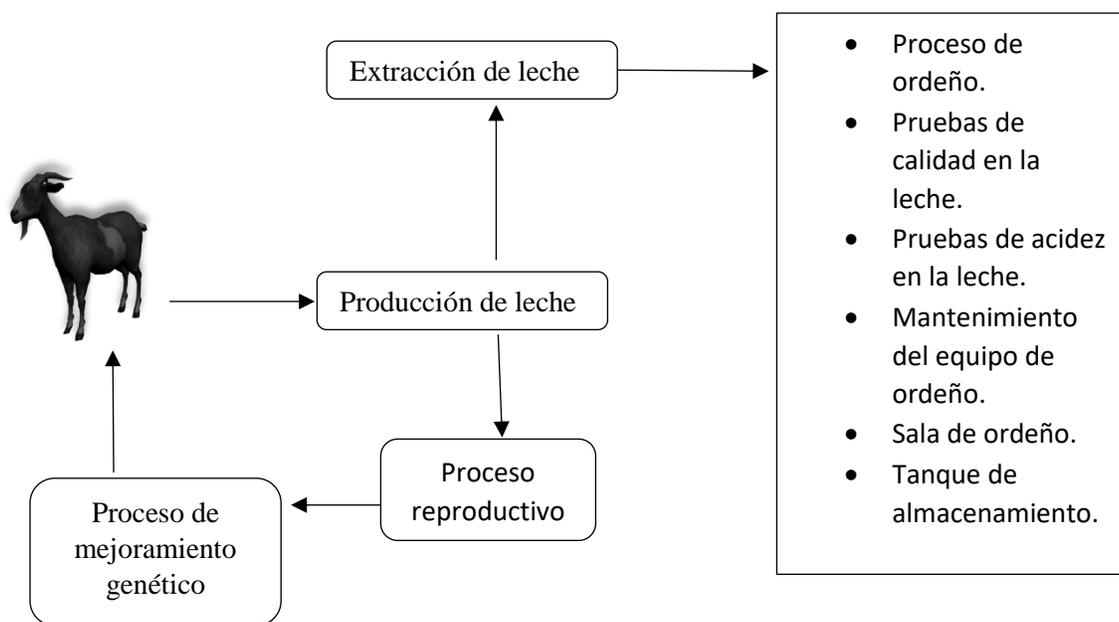


Ilustración 14 Flexibilidad del proceso de producción de leche definiendo la extracción de leche y los elementos que lo componen.



### *Consideraciones:*

El ordeño de los animales se debe realizar diariamente siendo constantes en la hora y el tiempo de ordeño, esto con la finalidad de evitar la reabsorción de la leche en las ubres y por tanto evitar caídas en el volumen de producción total.

El ordeño de una cabra se puede realizar de una a dos veces al día, es conveniente realizar un análisis detallado del costo beneficio que se obtiene para determinar si efectivamente el ordeño en dos ocasiones al día es redituable.

Se comienza por ordeñar a cada grupo (corral) de cabras pasando a la sala de ordeño en donde las cabras permanecen resguardadas esperando a ser ordeñadas, el orden para comenzar a ser ordeñadas dependerá de la proximidad de los corrales a la sala de ordeño.

La distribución de los corrales dependerá de la clasificación que se le haya otorgado a cada grupo de cabras dentro del rebaño, habiendo así por ejemplo cabras portadoras del retrovirus artritis encefalitis, que no transmisible a los seres humanos pero si entre los mismos animales, lo cual puede afectar a la larga el tiempo de vida de los animales debido a las afecciones que este puede provocar, uno de los vehículos de transmisión es el contacto directo entre las ubres de las cabras, por eso es muy importante clasificar a los animales que estarán en producción y organizar una buena distribución y un óptimo análisis para determinar en qué momento se debe ordeñar cada grupo de animales.

El tiempo de ordeño de cada animal depende de su fisionomía siendo más preciso, depende de las características de la ubre, por lo cual es muy difícil establecer un tiempo estimado para ordeñar a cada cabra, pero no así el tiempo general de ordeña de todos los animales en producción, el cual se recomienda que siempre sea constante.

En las cabras la leche se contiene en un 70% en las ubres del animal, el otro 30% permanece resguardo en la parte superior de la ubre, esta tiende a bajar al ser estimulada para el ordeño, así que se debe tener en cuenta esto para ordeñar de manera eficiente a la cabra y así obtener un volumen óptimo de leche.

Es recomendable que en la sala de ordeño se puedan tener a las cabras sin estrés, esto ayudara a que el proceso de ordeño fluya rápidamente y no merme el volumen final de leche

Se aconseja que después del proceso de ordeño se saquen a los animales a pastar en el área, esto para darles movilidad y libertad y que puedan absorber aquellos nutrientes de forma natural, además de que ayuda a que se desarrollen y se puedan educar cuando exista alguna movilización.



#### 4.2.1 Proceso de ordeño

**Verificar la limpieza de la estación de ordeño:** antes de proceder a ordeñar a todas las cabras que están en producción es necesario verificar la limpieza de las instalaciones para poder prevenir contaminación de la leche.

**Trasladar a las cabras:** se deben trasladar a todo el lote de cabras que serán ordeñadas a la sala de ordeño, en donde permanecerán confinadas en la sala de espera.

**Subir a las cabras a rampa de ordeño:** se abrirán las puertas de la rampa de ordeño para subir a las cabras y ordeñarlas de manera más cómoda.

**Limpiar las ubres de la cabra:** se recomienda limpiar con un trapo húmedo las ubres de las cabras para evitar la contaminación de la leche debido al pelo o heces fecales que pudiese desprender el animal.

**Despuntar las ubres de la cabra:** sacar la primera muestra de leche, manualmente para análisis.

**Analizar leche del despunte:** se evalúa visualmente las condiciones de la leche y se verifica la existencia de grumos o alguna otra anormalidad.

**Conectar las pezoneras:** Se colocan las pezoneras en posición perpendicular con la ubre de la cabra, para que los diferenciales de presión queden directamente en la ubre y se ejerza una pequeña fuerza de vacío con respecto a la ubre de forma que no se desconecten los succionadores para que la presión de vacío quede directamente en la ubre y ayude a fluir la leche.

**Verificar el flujo de leche:** Se debe estar al pendiente de la salida de leche a través de las mangueras transparentes al tanque contenedor, para saber si a la cabra le sigue bajando leche o es necesario estimularla manualmente con un masaje.

**Verificar el ordeño de la cabra:** si se observa que por medio de la estación de ordeño no está fluyendo leche, se tiene que verificar si efectivamente la cabra está completamente ordeñada o sigue resguardando líquido en las ubres, para ello es necesario probar con el ordeño manual.

- el ordeño a mano consiste en sostener con la mano completa toda la ubre del animal, hasta que la mano de la impresión que se tiene el puño cerrado.
- con los dedos pulgar e índice se ejerce una presión mayor con respecto con los otros dedos para que se confine la leche dentro del animal y esta no tenga más área de desahogo que la parte inferior de la ubre.
- Se comienza a ejercer presión uniforme y disminuyente a lo largo de toda la ubre para que la leche confinada por los dedos índice y pulgar pueda salir.
- Este procedimiento se repite tantas veces sea posible hasta que ya no salga leche por la ubre de la cabra.

**Sellar a las ubres de la cabra:** se recubre con sellador desinfectante la parte inferior de las ubres de las cabras para prevenir alguna afección.

**Trasladar a las cabras a su corral:** al terminar de ser selladas las cabras, estas son trasladadas a su corral para ordeñar el siguiente lote.



#### 4.2.2 Pruebas de calidad en la leche

Existen diferentes métodos para saber si la leche de cabra está en óptimas condiciones, estos métodos pueden ser meramente intuitivos verificando el color, olor o consistencia de esta. Uno de los métodos más usuales para probar las condiciones de la leche de cabra consiste en medir su acidez, este método es un método extensivo en donde de forma indirecta se mide el PH de la leche. Los grados de acidez de la leche se miden en unidades Dornic.

Según las normas (NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba, 2015) en lácteos, marcan como una leche en condiciones ideales cuando se encuentra entre catorce y quince grados Dornic.

La conservación de la leche recién ordeñada depende de varios factores, desde la higiene que se tenga en la estación de ordeño<sup>11</sup> hasta la temperatura en la que se encuentre el ambiente en donde se lleva a cabo dicha operación.

La higiene en el tanque de almacenamiento, en la estación de ordeño y todo utensilio que tenga contacto con la leche es fundamental ya que ante la presencia de bacterias producidas por las heces del animal, o por la presencia de partículas suspendidas en el ambiente, pueden de forma indirecta contaminar la leche y alentar el cultivo de bacterias y hongos que dañan la leche y la hacen inservible.

La leche recién ordeñada puede permanecer aproximadamente dos horas sin refrigeración a una temperatura máxima de cuarenta grados centígrados, la leche recién ordeñada sale de la cabra a una temperatura promedio de 37 [c°] y se debe de mantener a una temperatura de 2 grados centígrados en refrigeración, no se debe exceder ni reducir más esta temperatura ya que podría producir un congelamiento inminente en la leche o un deterioro por la alta temperatura.

Es muy importante monitorear constantemente la leche que se tenga almacenada, ya que a la primera sospecha de anomalía en el color, sabor o consistencia es posible que se tenga la presencia de leche de mala calidad, por lo que es preciso practicar pruebas de acidez en la cual de manera indirecta se podrá evaluar las condiciones generales de está.

Una leche catalogada como ácida puede tener diferentes usos, entre ellos la producción de algunos tipos de quesos o la producción de jabones.

La leche ácida no se puede utilizar para alimentación de las cabritas, ya que existe la posibilidad de que este nivel de acidez sea causado por alguna enfermedad en la cabra la cual se podría transmitir por medio la leche. Si se tiene cierta cantidad de leche con una acidez inadecuada no se puede neutralizar el efecto al diluirla con ningún tipo de leche, se producirá un efecto absorbente en la cantidad total de la leche y se desbalanceara el PH, teniendo todo el producto fuera del rango de los 14-15 grados Dornic que la (NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba, 2015) estima como adecuado.

---

<sup>11</sup> Instalaciones en donde se ordeña a las cabras de manera rutinaria



## Proceso prueba de acidez

Este proceso parte directamente de la coloración de la leche ante la presencia de marcadores que indican la acidez del producto en función de la cantidad que se le está agregando.

**Tomar una muestra de la leche:** se toma una muestra de 10 [ml] de leche en un recipiente.

**Agregar hidróxido de sodio:** a la muestra se le agregan seis gotas de hidróxido de sodio y se disuelve de manera uniforme con movimientos circulares suaves.

**Cargar jeringa con fenolftaleína:** Se carga una jeringa graduada con aproximadamente 10 mililitros de fenolftaleína y se comienza a agregar a la muestra difiriendo por cada décima parte de mililitro siendo esta la unidad de sensibilidad (décima parte mililitro), cada décima parte mililitro agregado se tomara como un grado Dornic medido en la muestra.

**Agregar fenolftaleína:** Al presentarse en la mezcla una tonalidad rosa pálido se considerara como el punto de inflexión donde se encuentre la acidez de la leche, por lo tanto se comienza por agregar cada décima parte de mililitro de fenolftaleína y se procede a agitar la muestra para tener una mezcla homogénea.

**Verificar la coloración:** Sucesivamente se observa la coloración de toda la mezcla para poder marcar el grado de acidez. Una leche optima se tiene que colorar en tonalidad rosa al agregarle de a 14 o 15 décimas partes de mililitros de fenolftaleína en toda la muestra.

**Seguir agregando fenolftaleína:** Si la leche aun no llega a cambiar su tonalidad con esta cantidad de fenolftaleína se procede a seguir diluyendo dicha sustancia verificando el punto donde obtenga la coloración deseada.

**Determinación:** Si la leche sobrepasa los catorce o quince mililitros de fenolftaleína se puede decir que es una leche acida, fuera de rango según la norma.



#### 4.2.3 Mantenimiento del equipo de ordeño

Como se ha visto con anterioridad el proceso de ordeño es pieza fundamental en el desarrollo del proceso y este depende de una gran variedad de factores internos y externos que puedan afectar la eficiencia del mismo, un factor importante dentro de la producción de leche es la limpieza y el mantenimiento de los equipos e instalaciones de todo el rancho, puntualizando el cuidado principalmente en la sala de ordeño y todas sus inmediaciones, esto se debe a que cualquier agente por minúsculo que parezca pueda alterar la calidad de toda la leche y generar grandes daños a la producción láctea en general.

##### **Estación de ordeño**

Es importante mantener una excelente higiene, por eso se recomienda que aquellas personas que tengan contacto con los animales guarden una buena limpieza, entre las recomendaciones se encuentran:

- Lavarse las manos antes de tocar a los animales.
- Mantener siempre limpias las instalaciones de la sala de ordeño.
- Desinfectar y lavar bien todo el instrumental utilizado para el ordeño.

De igual forma es importante verificar las condiciones de la estación de ordeño y la calibración de esta, con el fin de evitar problemas que puedan repercutir en las cabras, desde una mala calibración en la presión de la máquina que en el peor escenario pueda generar mastitis a una cabra, o un mal control en el mantenimiento de la estación que pueda generar averías y una interrupción en el proceso, para evitar estas complicaciones es recomendable:

Realizar una bitácora de mantenimiento de la estación de ordeño.

Contar con refacciones las cuales sean más propensas a desgastarse y dañarse.

Verificar la calibración de la estación de ordeño, la cual deberá cumplir las siguientes condiciones según las especificaciones técnicas de Agromex (AgroMex SA de CV, 2015).

- Presión de vacío dentro de las pezoneras: 11-13 [mm Hg].
- Frecuencia de pulsaciones: 90-140 [pulsaciones/minuto].
- Relación ordeño descanso 50:50, máximo 70:30.

##### *Consideraciones:*

Se debe tener en cuenta el cuidado y la limpieza para la estación de ordeño desde antes, hasta el lavado de contenedores, ya que al no tener las medidas higiénicas necesarias puede generar en la cabra una afección como mastitis<sup>12</sup> por una mal ordeño o contaminación en la leche debido a partículas que se queden adheridas a las mangueras o contenedores del centro de ordeño por una limpieza deficiente.

Antes de comenzar con el ordeño y el acarreo de los animales al centro de ordeño es preciso purgar el centro de ordeño con agua caliente y cloro ya que esto ayudará a desinfectar y eliminar cualquier agente que pueda contaminar la leche en el proceso de succión.

---

<sup>12</sup> Inflamación en las ubres de las cabras producidas por diversas causas



## **Proceso para la limpieza de sala de ordeño**

**Verificar limpieza de sala de ordeño:** antes de comenzar con el proceso de ordeño, verificar la limpieza de toda la sala de ordeño, así como la calibración de la estación de ordeño.

**Realizar mezcla de cloro:** se llena un bote con agua caliente y se le agregan 15 [ml] de cloro comercial para desinfectar.

**Desinfección con cloro:** el bote de agua caliente con cloro parte a ser succionado por todas las pezoneras desahogando en los contenedores.

**Retención de mezcla de cloro:** al tener toda la mezcla de agua y cloro en los contenedores, esta es retirada de los contenedores y se almacena en un bote aparte para utilizarse al finalizar el ordeño para volver a lavar el centro de ordeño.

**Limpieza de sala de ordeño:** se comienza por barrer y remover todos los rastros de estiércol que las cabras hayan dejado en la estancia o en las rampas de ordeño.

**Lavado de contenedores:** por otra parte los contenedores del centro de ordeño son lavados con agua y jabón, después se vuelven a poner en su lugar habitual nuevamente.

**Uso de agua almacenada con cloro:** la mezcla de agua y cloro almacena al inicio de la limpieza del centro de ordeño para antes de ordeñar se vuelve a succionar.

**Lavado de sala de ordeño:** el agua succionada llega a los contenedores donde se vacía en las rampas y el piso para remover mejor la suciedad.

**Solución acida:** se llena un bote de agua 25 [l] con 15 [ml] de solución acida, esta agua de igual forma es succionada por las pezoneras y es desahogada en los contenedores verificando que no quede agua estancada en las mangueras.

**Solución alcalina:** se llena un bote de agua 25 [l] con 15 [ml] de solución al alcalina, esta agua de igual forma es succionada por las pezoneras y es desahogada en los contenedores verificando que no quede agua estancada en las mangueras.

**Solución clorada:** se llena un bote de agua 25 [l] con 15 [ml] de cloro comercial, esta agua de igual forma es succionada por las pezoneras y es desahogada en los contenedores verificando que no quede agua estancada en las mangueras.

**Secado de contenedores:** al tener los contenedores llenos con las tres mezclas de agua estos son vaciados en botes independientes, y los contenedores se ponen a escurrir para que queden bien secos.

**Lavado general de sala de ordeño:** el agua separada con los tres desinfectantes es vaciada en toda la sala de ordeño para poder tallar los pisos y rampas.

**Limpieza de aditamentos:** se verifica que el bote de despuntes, la coladera para filtrar y todos los utensilios estén limpios.

**Cubrir pezoneras:** por último se cubren las pezoneras limpias con una bolsa de manta, esto para evitar la formación de hongos y evitar que se contaminen en el tiempo que no se usan.



#### 4.2.4 Almacenamiento de leche

##### *Consideraciones:*

Al tener dentro del tanque de almacenamiento refrigeración y centrifugado, la leche balanceada en acidez, se recomienda que después de desahogarlo, lavarlo de forma exhaustiva para que los residuos de leche no contaminen la leche proveniente de la nueva producción de ordeño.

Se recomienda que cada vez que el tanque de almacenamiento este vacío se aproveche para realizar la limpieza del mismo.

Se deberá tener siempre el tanque de almacenamiento debe estar cerrado, para evitar la inclusión de agentes extraños que puedan contaminar la leche y el gasto en energía eléctrica sea bajo.

##### **Proceso lavado de tanque de almacenamiento**

**Vaciado del tanque:** se desahoga y vacía el tanque de almacenamiento.

**Enjuague del tanque:** se enjuaga el tanque con agua caliente y cloro comercial.

**Solución acida:** se le agrega al tanque 10 [ml] de solución acida al tanque y se sigue tallando.

**Enjuague del tanque:** se enjuaga el tanque con abundante agua.

**Solución alcalina:** se le agrega 10 [ml] de solución alcalina y se vuelve a lavar el tanque.

**Solución de yodo:** se le agregan 10 [ml] de yodo como desinfectante y nuevamente se vuelve a lavar el tanque con esta sustancia y agua.

**Enjuague con agua caliente:** se enjuaga el tanque con agua caliente.

**Secado del tanque:** se deja secar el tanque y se verifica que no existan residuos de agua estancada.



### 4.3 Proceso de reproducción

La implementación de un programa reproductivo es fundamental en la producción ya que para que las cabras pueda producir leche deben reproducirse y lactar, llamando a este evento empadre. Bajo este principio se puede inducir el empadre natural y esperar a que la cabra lacte para aprovechar la leche, pero la idea fundamental es controlar el empadre de los animales para que indirectamente se tome el control de la lactancia y así establecer periodos de producción de leche que se sincronicen con la demanda que se pretende abastecer.

#### Flexibilidad del proceso

El tiempo de gestación de las cabras será aproximadamente de 150 [días], por cual se puede proyectar el comportamiento de todo el modelo de producción de leche y empadres entre animales (véase la ilustración12). Los ciclos de producciones también pueden variar hasta los 310 días como límite histórico registrado (Granja del Carmen SA de CV, 2014-2015).

El proceso de producción de las cabras se puede clasificar y dividir en tres tercios de acuerdo al tiempo total de la gestación, cada tercio está conformado por cincuenta días, es importante distinguir en cada tercio las necesidades del animal.

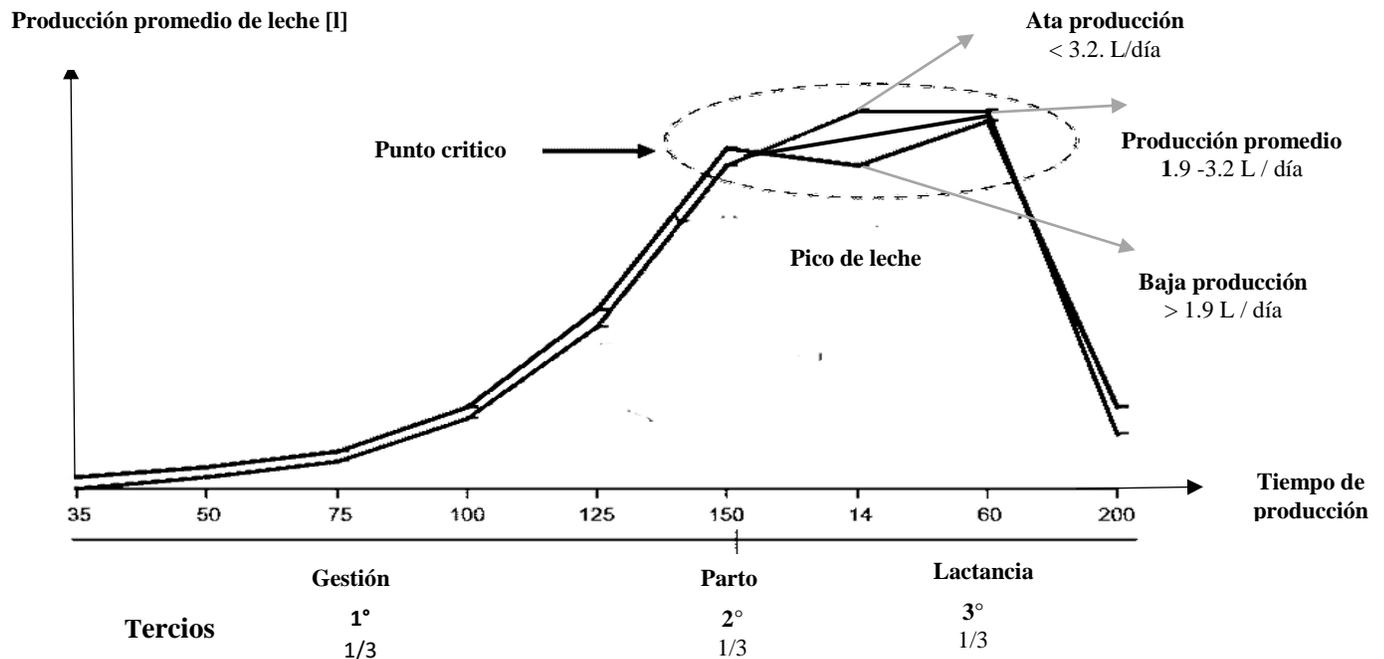


Ilustración 15 Flexibilidad del proceso reproductivo tomada de (Gómez, 2009) y adaptada definiendo los puntos de inflexión en un ciclo de producción real.

#### Primer tercio de la producción:

En el primer periodo la cabra comenzará a alimentarse como lo hace regularmente pero se apreciará un pequeño incremento teniendo como limites los 0.350 - 0.420 kg/día. En relación a la producción de leche esta etapa define la transformación del alimento en leche.



### **Segundo tercio de la producción:**

En el segundo periodo la alimentación en pastura se tendrá que aumentar la cantidad al igual que de concentrado (granos), en estos casi últimos dos meses que la cabra está cargada, se tiene que evitar que tenga alta movilidad. La producción de leche es interrumpida por el parto por lo que la cabra gestante deberá ser secada con un mes de anticipación.

### **Tercer tercio de la producción:**

En el tercer periodo las cabras comerán mucho más que en el primer periodo, en este periodo se les dará la misma ración de pastura que a finales del primer periodo aumentando también la cantidad de concentrado especialmente. La producción de leche en este periodo es alta y define un punto de inflexión en cuanto alta, promedio y baja producción, ya que más allá de que las cabras produzcan más leche es preciso cuidar la producción, esto quiere decir por ejemplo que no se enfermen en este periodo, dejando el aumento de leche al proceso de mejoramiento genético.

### *Consideraciones:*

Antes de comenzar con la implantación de un programa reproductivo se debe estimar la demanda que se quiere satisfacer, esto para no generar insuficiencias en la producción que puedan atraer pérdidas económicas.

Al poder tener una estimación de la demanda, es muy importante guardar un registro histórico que ayude a proyectar la demanda de manera más exacta y eficiente que podrá ayudar a tener éxito en el programa reproductivo.

Al conocer y estimar la demanda, se podrá estimar la producción requerida, con lo cual se aconseja subdividir a todas las cabras consideradas para la producción en subgrupos y controlar el empadre<sup>13</sup> de los subgrupos para así tener control en función de la demanda establecida.

Para tener mayor eficiencia en el proceso reproductivo se debe conjugar con un eficiente programa genético en donde las condiciones y características deseables o atractivas, que puedan generar algún beneficio se transmitan naturalmente, mediante la selección de animales los cuales han sido considerados para el programa reproductivo.

Los animales reproductores seleccionados para el empadre deben contar con cuernos o existencia de registro de los mismos al ser desbotonados o descornados, ya que la ausencia de cuernos está relacionada altamente con la infertilidad.

Un factor muy importante durante la fijación de un programa reproductivo es justamente evaluar las etapas de la reproducción para estimar de una manera más exacta cuando los animales darán a luz y por consecuencia cuando se podrá tener la mayor producción de leche, este factor puede ser modificable al inducir artificialmente a las cabras al celo, y de la misma forma estimular a los sementales para el empadre.

Las cabras que se encuentran en producción, deberán secarse aproximadamente un mes desde que ocurrió el empadre, esto para evitar problemas en todo el proceso de gestación.

---

<sup>13</sup> Proceso de fertilización entre semental y hembra



Es importante poner atención al consumo de alimento y la producción de la leche durante la gestación de la cabra, estos factores son fuertemente correlacionados.

El diagnóstico de gestación se realizara a los 6 y 21 días posteriores del empadre con el no retorno al celo, así como posteriormente a los 30 días post inseminación mediante palpación abdominal o ultrasonido.

Es probable que existan cabras que no queden cargadas, por lo cual se debe analizar el caso específico de cada animal, esto se aplica de acuerdo con el expediente de la cabra y su eficiencia en producción, de ahí el tomar la decisión de desechar al rumiante o mantenerlo dentro del rebaño.

#### 4.3.1 Proceso genérico de reproducción

**Identificación de la demanda:** identificación y estimación de la demanda.

**Análisis de la demanda:** al tener la identificación de la demanda que se debe satisfacer, se selecciona el número de subgrupos en los cuales subdividiremos a las cabras, de esa manera se podrá definir el número de animales que contendrá cada subgrupo y así sincronizar la demanda con la capacidad.

**División de las cabras en subgrupos:** Se deberá planear la división del rebaño en subgrupos para poder abastecer la demanda estimada y así el número de animales que requiriese empadrear.

**Selección e identificación de hembras:** seleccionar e identificar de hembras reproductoras, de acuerdo a las características mencionadas en el programa genético.

**Selección e identificación de sementales:** seleccionar e identificar machos para empadre, de acuerdo a características mencionadas en el programa genético.

**Secado de las cabras productoras:** para poder secar a las cabras gestantes que se encuentran en producción se debe alternar el ordeño por día, si aun así la cabra se resiste y sigue produciendo leche se terciara la ordeña.

**Estimulación de los animales:** se comienza por estimular al empadre tanto a hembras como machos.

**Empadre de los animales:** se realiza la monta de las cabras y los sementales.

**Diagnóstico de gestación:** se realiza el diagnóstico de las cabras gestantes.

**Análisis de eficiencia:** si existiría alguna cabra que no quedo cargada es necesario realizar el análisis de eficiencia considerando su producción y su expediente a lo largo de su desarrollo en el rebaño.

**Registro de hembras gestantes:** es importante mantener registro de aquellas cabras que resultaron gestantes para tener las consideraciones necesarias en su proceso de gestación.



#### 4.3.2 Proceso de mejoramiento genético

El proceso de mejoramiento genético se reconoce porque para que se lleve a cabo se deben trasgredir brechas generacionales y los puntos de selección deben ser precisos por medio de la observación de todo ese tiempo. Existe también la alternativa de acelerar este proceso por medio de inseminaciones artificiales al igual que por medio semen y óvulos comercializables mejorados, pero se debe tener en cuenta que el tiempo del proceso en cuanto a la gestación y crecimiento dependerán de la naturaleza del animal, (ilustración 13). Lo que necesariamente atiende a un mejoramiento por medio de la selección, para este modelo productivo el objetivo es la producción así que un buen parámetro es la producción de leche, lo que obliga al proceso a tener a las mejores productoras para su reproducción, como alternativa de selección se tiene la optimización de parámetros estadísticos de decisión (sección 5.3)

#### Flexibilidad del proceso

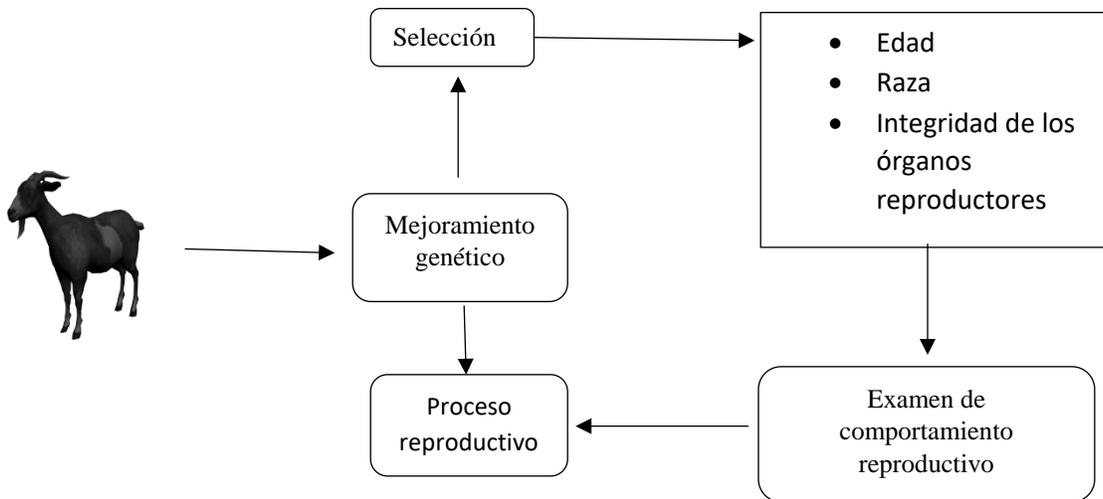


Ilustración 16 Flexibilidad en el proceso de mejoramiento genético definido por los elementos que lo conforman, autoría propia

#### Edad:

En el caso de hembras se busca que alcancen la madurez, esto con el fin de evitar problemas en el parto al no estar suficientemente desarrolladas, la edad optima se alcanza a los siete meses aproximadamente o bien cuando hayan logrado el 60% de su peso vivo adulto, este depende primordialmente de la raza.

Para los sementales de igual forma se busca que tengan una edad y peso adecuados procurando que sea antes de los ocho meses de vida y hayan alcanzado el 75% de su peso vivo adulto.

#### Raza

Se debe considerar que los animales que se seleccionan como reproductores sean de la raza que se desea tener en producción principalmente en los sementales y sobre todo que tengan una excelente calidad genética.

#### Integridad de los órganos reproductivos externos



Se debe observar que los animales reproductores tengan órganos en buenas condiciones, esto depende en el caso de las hembras que no cuenten con anomalías en la anatomía de los genitales de igual forma en los sementales.

### **Examen de comportamiento reproductivo**

Al contar con animales seleccionados para reproducción en buenas condiciones anatómicas, también se debe evaluar el comportamiento sexual, sobre todo en los sementales, esto depende de la estimulación que pueda tener, de igual forma el tiempo de reacción del mismo, esto es el tiempo que tarda en montar con su primer eyaculación y la segunda monta, siendo lo recomendable que el tiempo de reacción sea de 2.30 minutos entre una monta y otra.

#### *Consideraciones*

Para inducir al celo a cabras primaras se puede utilizar acetato de melengestrol <sup>14</sup> a una dosis de 0.22 mg por animal al día, durante un tiempo de nueve días, el noveno día se les administrara una dosis de 250 U.I. de gonadotropina corionica equina (ECG<sup>15</sup>) para cada una de las cabras primaras (Trujillo, 2015).

A las adultas se les administrara Prostaglandina F2 <sup>16</sup>alfa en lugar de la EGC, a una dosis de 5 mg.

Se puede utilizar de igual forma el método de efecto macho hembra, cuando las cabras presenten celo durante los nueve días que dura el tratamiento con acetato de melengestrol se gestaran por monta directa del macho.

A las cabras tratadas con ECG o Prostaglandina F2 podrán ser inseminadas con semen fresco diluido de la raza a la que pertenece 48 horas después del tratamiento

También se pueden utilizar dispositivos internos de droga liberada (CIDR), durante nueve días, al noveno día será retirado el dispositivo y se aplicara a cada cabra 250 UI de ECG intramuscular; a las 24 y 48 horas después del retiro del dispositivo, estos animales estarán listos para la inseminación artificial

### **Proceso para el mejoramiento genético**

**Identificación** de los animales por medio de un registro genealógico en cual se evaluara sus características como:

- Producción de leche (análisis de producción de leche)
- Resistencia a enfermedades (expediente clínico del animal)

**Análisis** Con base en la capacidad instalada y el número de animales se procede a fijar un porcentaje de animales de desecho.

**Evaluación** a los animales de acuerdo a su producción, fijando pruebas estadísticas de calidad.

**Selección** Los animales seleccionados para no ser desechados y que cumplen los parámetros de calidad fijados son evaluados de acuerdo a las consideraciones del programa reproductivo los parámetros de selección después

---

<sup>14</sup> progesterona para el control del estro en bovinos suizo

<sup>15</sup> hormona glicoproteica producida durante el embarazo por el embrión en desarrollo después de la fecundación

<sup>16</sup> denominada farmacéuticamente dinoprost, es una prostaglandina natural utilizada en medicina como inductor del parto y como abortivo



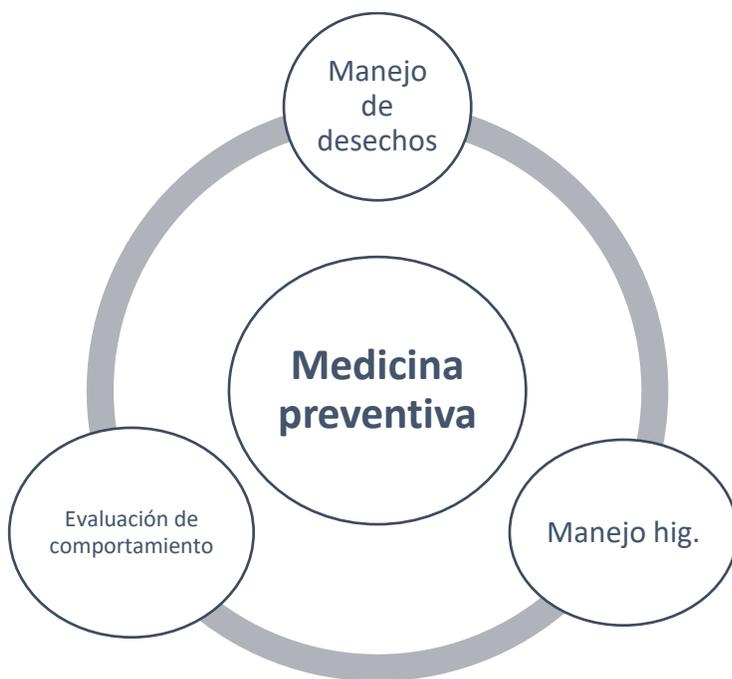
y las pruebas de calidad, serán modificados de acuerdo a la demanda de animales para producción y al mejoramiento debido a una selección de características.

#### 4.4 Proceso para la medicina preventiva y el manejo higiénico

La medicina preventiva es un proceso inherente a cualquier otro ya que sus efectos son inmediatos por medio de la prevención y los buenos cuidados del animal, que a su vez debe sentirse cómodo a lo largo de toda su vida (Ilustración 14).

##### **Flexibilidad del proceso**

La revisión de los animales es una tarea que se debe hacer en todo momento mientras se realizan todas las tareas productivas, siempre pendiente. Cuando se vea a una cabra triste o que de pronto deja de comer, esto puede ser un signo de que el animal está enfermo.



*Ilustración 17 Flexibilidad del proceso para la medicina preventiva, compuesto por el manejo de desechos, el manejo higiénico y la evaluación del comportamiento.*

Es recomendable que por lo menos una vez al año que el médico veterinario haga una revisión general, de esta manera se podrán monitorear algunos hábitos de los animales, estos cambios pueden ser los siguientes:

- Cambiar la comida de los animales.
- Poner nuevas vacunas a los animales.



- Desparasitar al rebaño.
- Cambiar la manera en que se ordeñan los animales (condiciones de proceso).

Se debe tener en cuenta que los animales son responsabilidad y que el buen cuidado que se tenga finalmente dará la oportunidad de obtener mayores ganancias además de la satisfacción de tener mejores animales.

#### 4.4.1 Medicina preventiva

##### **Observación del comportamiento**

Familiarizarse con los animales, y observar diariamente su comportamiento, así es fácil detectar cuando alguna cabra se comporta de manera diferente, el que se comporten diferente podría indicar que la cabra está enferma o tiene algún daño.

##### **Anotaciones del desarrollo**

Parte importante del control de la granja se da con el registro de los animales, el registro se debe generar desde el nacimiento y durante todo el desarrollo de la cabra, por ejemplo, si la cabra se encuentra enferma se debe anotar que tratamiento le mando el veterinario específicamente.

##### **Planes de vacunación y desparasitación**

Para poner en marcha estos planes es necesario asesoramiento de un médico veterinario, para que de acuerdo a la región en donde este el punto de producción se enfoque en enfermedades pueden presentar los animales.

##### **Vacunación:**

Cuando el cabrito llega a la edad de los 3-4 meses se recomienda la vacunación contra la Brucelosis<sup>17</sup>.

Cuando se lleva a cabo el destete del cabrito, estos tendrán que ser desparasitados en contra de coxidia<sup>18</sup>, 15 días antes del fin de la lactancia

##### **Desparasitación:**

Es muy fácil que el rebaño pueda adquirir alguna enfermedad parasitaria del ambiente perteneciente a la región o por la mala limpieza que se pueda tener en la granja, los parásitos pueden transmitirse por medio del aire, agua, o el contacto directo del animal con aquellos lugares que pueden servir incubadoras de parásitos por su falta de limpieza

La desparasitación de las cabras la realizará el médico veterinario por medio de pruebas periódicas, es necesario poder tener una revisión mínimo una vez por año para fortalecer así a nuestros animales. Estos exámenes se harán de acuerdo a la etapa de vida de las cabras.

**Empadre:** el poder fortalecer el empadre mediante la desparasitación ayudará a que el animal sea poco probable a la esterilidad

<sup>17</sup> Enfermedad infecciosa del ganado caprino, vacuno y porcino que se transmite al hombre por la ingestión de sus productos esta enfermedad bacteriana produce distintas afecciones dañinas

<sup>18</sup> Son parásitos obligados intracelulares, lo que significa que deben vivir y reproducirse dentro de las células.



**Parto:** después del parto las cabras sufren alteraciones en sus defensas, el poder desparasitar en esta etapa fortalece a no tener riesgos y la siguiente cruce sea más segura pero se debe realizar bajo la supervisión de un médico veterinario.

**Destete:** brinda mayor protección a los cabritos contra agentes externos y del ambiente que pudiesen provocar afecciones

#### 4.4.2 Manejo sanitario de cabras

El buen manejo de las cabras ayudará a que los animales se desarrollen más rápido y en buenas condiciones, el manejo abarca las labores al ordeñar, la alimentación que se le esté dando al animal y aquellas actividades que se realizan para evitar que se enfermen mientras se trabaja con el hato.

##### **Prevención de enfermedades**

Las cabras son muy sensibles para contagiarse de enfermedades que pueden venir de algunos otros animales, o visitantes al punto de producción.

Por ello hay que procurar tener las siguientes medidas:

- Desparasitar y procurar tener en buena salud a los animales domésticos que tengamos en la granja.
- Procurar no tener plagas ni roedores.
- Limpieza de las personas que tengan contacto con las cabras.
- Revisar que el agua que llega a la granja este limpia.
- Revisar que los corrales, bebederos y comederos estén limpios y en buen estado.

##### **Pastoreo**

El pastoreo es una actividad que ayuda a que los animales crezcan y se desarrollen mejor, es bueno sacar a pastar a las cabras siempre y cuando el ambiente lo permita y sea seguro, además que esto puede hacer que se ahorren costos en alimento.

##### **Manejo higiénico del rebaño**

Uno de los factores que más puede afectar al rebaño es el manejo que se tenga para evitar la aparición de enfermedades, o la transmisión de parásitos y virus debido a un mal cuidado por la limpieza en los desechos de los animales y de la granja en general.

##### **Manejo del estiércol**

Es necesario que se mantengan los corrales en buenas condiciones de higiene por eso se necesitan diariamente limpiar para que no exista acumulación de estiércol.

Se limpian los corrales al inicio de las actividades de igual forma es recomendable limpiarlos al finalizar el día.

Todos los desechos que se acumulan de la limpieza de los corrales deberán ser trasladados a un área que deberá estar lejos de las corrientes de aire que puedan trasladar polvo a los corrales.

El estiércol que se acumula puede funcionar como abono.

##### **Manejo de animales muertos**



Todos los animales que mueren, por causas de enfermedades, productos de abortos o muerte natural, deberán ser trasladados lejos de los corrales por donde no pase agua ni corrientes de aire que pudiesen causar enfermedades a las cabras sanas, para más tarde enterrarlos a una profundidad no menor a los 90 cm, o cuando proceda avisar a las autoridades sanitarias para que se hagan cargo del cadáver y realicen los estudios que consideren pertinentes.

### **Despezuñar a las cabras**

Las cabras tendrán problemas para moverse si las pezuñas les crecen mucho, por ello es necesario que una vez al mes se les corten las pezuñas, esto para que no se lastimen o se fracturen alguna pata. Cuando se despezuñe se debe tener mucho cuidado de no cortar de más para no causarles heridas.

### **Descornar a las cabras**

Al inicio de la vida de una cabra es la mejor etapa para desbotonar a las cabras chiquitas ya que sufren menos que cuando están grandes ya que de grandes el médico veterinario tendrá que anestesiarlas, en cualquiera de los casos esta tarea la deberá hacer un médico veterinario o personal con experiencia.



## 5 Optimización del modelo productivo

Hasta este punto, se han clasificado y estandarizado aquellas actividades correspondientes a cada proceso (ilustración 19) para descifrar la interacción que existen entre las mismas y dimensionar su impacto para cuantificarlas, ahora con el fin de optimizar se analizan solo aquellas que se consideran definitorias en el proceso. El termino definitorias se establece como aquellas actividades que representan un punto crítico en la ruta del proceso, por ejemplo en el proceso de alimentación no tendría sentido ninguna actividad si no se lleva a cabo el abastecimiento de alimento en primera instancia.

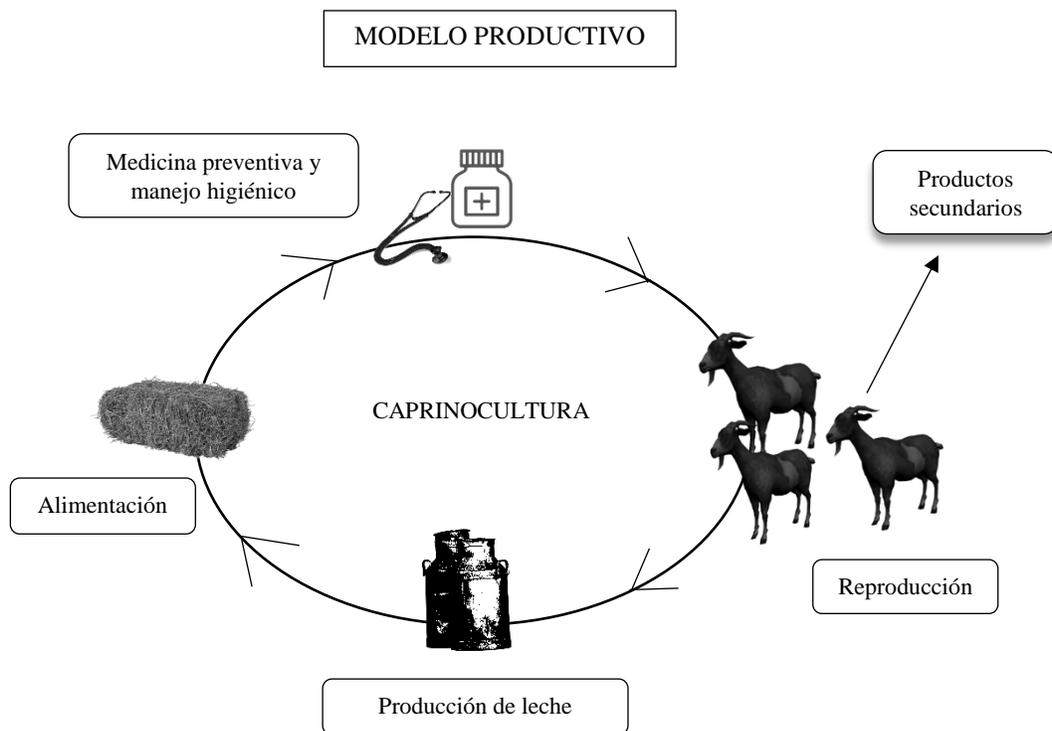


Ilustración 18 Descripción del modelo productivo integrado por los módulos de producción, que contienen procesos definidos por actividades que pueden interactuar entre sí.

La optimización asegura un incremento en la eficiencia de cada actividad que es permeado en todo el modelo como un conjunto. Existe gran cantidad de métodos para la optimización de procesos, que van desde modelos matemáticos pasando por Métodos heurísticos, hasta la obtención de políticas para el funcionamiento de toda la actividad.

Para este caso las actividades optimizadas influyen en el proceso de alimentación, y producción de leche, aplicando métodos pertenecientes al campo de la investigación de operaciones para que de forma analítica se tengan instrucciones precisas para ejecutar la actividad con menor incertidumbre.

Cabe mencionar que para la última parte de optimización, algunos de los procesos descritos se muestran de forma genérica, lo cual deja a disposición la facilidad de entendimiento del proceso, para modificarlo y analizarlo posiblemente de forma cualitativa y conformar el diseño y aplicación de políticas en los procesos (ver 5.4 diagramas de flujo)



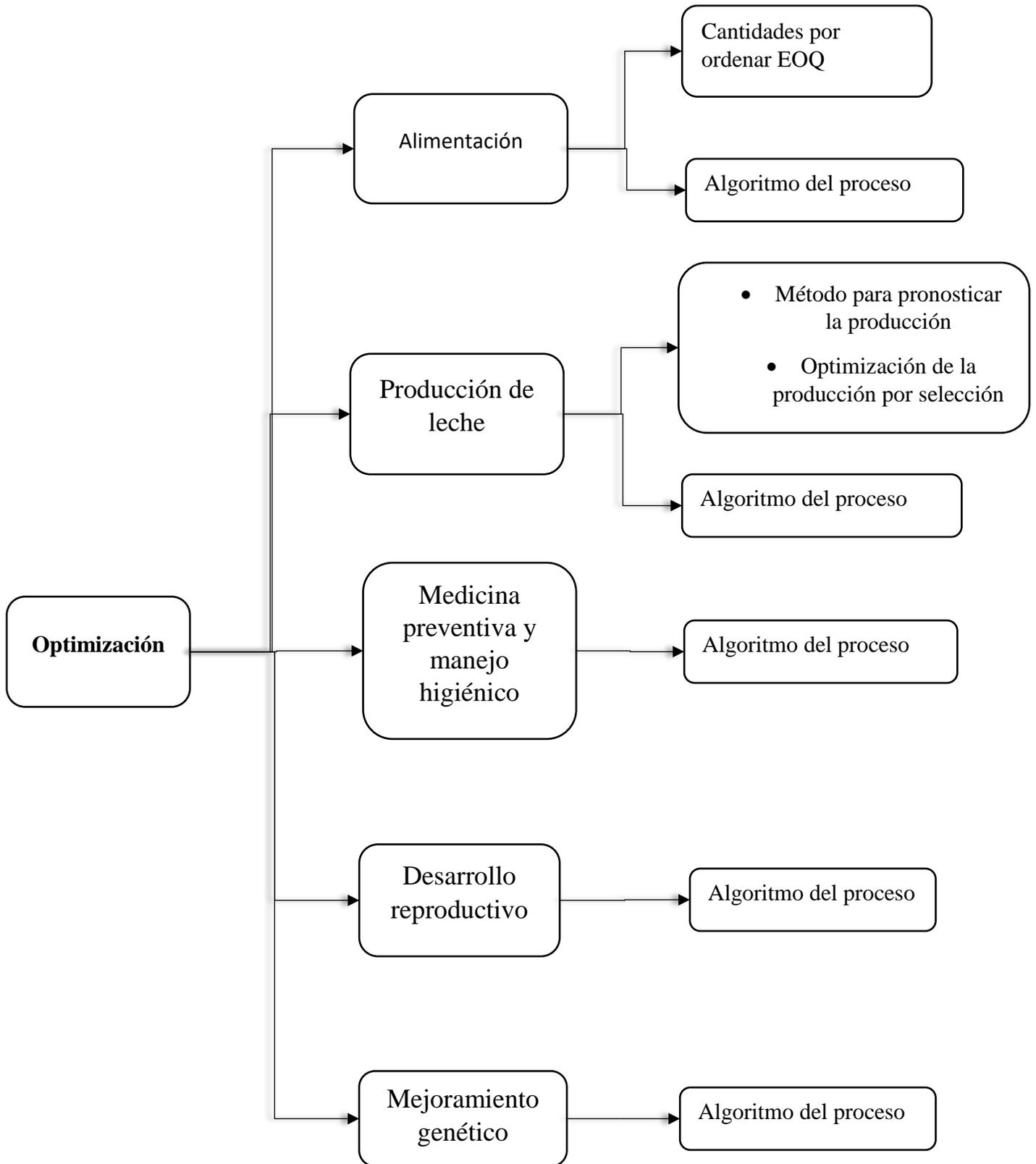


Ilustración 19 Proceso propuesto para la optimización de procesos autoría propia



## 5.1 Proceso de alimentación

Como se puede observar en la primera parte de este trabajo (4. Estandarización de procesos, 4.1.3 Proceso genérico de alimentación) el proceso de alimentación está compuesto por diversas actividades y vertientes a fin de obtener la mejor nutrición para cada animal al menor costo. Es el caso de la alimentación de crías y sementales que representan un costo al no ser animales productores constantemente, para este análisis solo se utilizará el proceso de alimentación que genera valor, el de la alimentación de cabras productoras. Este proceso genéricamente dispone de las siguientes actividades (Ilustración 21)

### Proceso genérico según la investigación de campo

Se ha tomado el proceso genérico de la estandarización de procesos (sección 4.1.3 Proceso genérico de alimentación) donde se describe cada actividad de manera puntual.

- **Abastecer el alimento**
- **Revisar limpieza**
- **Alimentar con pastura**
- **Verificar el comportamiento**
- **Limpiar**
- **Alimentar con suplemento**

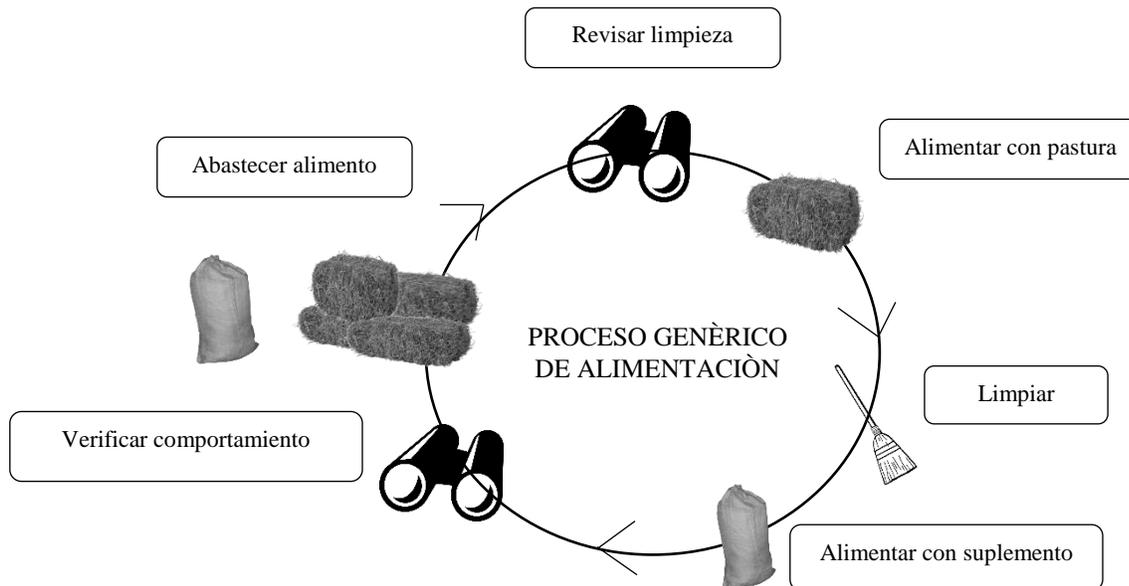


Ilustración 20 Descripción del proceso de alimentación, compuesto por las cinco actividades que lo conforman.



### 5.1.1 Actividad a optimizar

En el proceso de alimentación la actividad crítica que se percibe es el abastecimiento del alimento precisando en cuanto a pastura, afecta a todo el modelo productivo, ya que esta operación representa el 80% de los costos totales del modelo de producción. Además los precios que conforman los insumos de alimentación en este rubro tienden a ser muy volátiles porque son productos que depende del temporal y de la región principalmente, este es el caso de las pasturas de alfalfa, frijol y maíz que para el modelo representan más de un 70% en el consumo total de alimento (Trujillo, 2015).

El método que se utiliza para la optimización es el EOQ sin faltantes, o por su traducción la cantidad óptima económica a ordenar, este modelo matemático se plantea como el balance de los costos por el mantenimiento y almacenamiento del alimento con los costos por ordenar que en este caso serán aquellos costos que involucren el transporte y la gestión logística para acarrear el alimento.

### 5.1.2 Condiciones que permiten la aplicación del modelo EOQ

- Existe un solo artículo en el sistema de inventario, en este caso el alimento del ganado (alfalfa)
- La demanda se considera uniforme y determinística, el monto es de cierta cantidad de unidades, por unidad de tiempo (definido en cualquier intervalo, año, mes semana, aplicable siempre y cuando todas las variables se encuentren en la misma unidad de tiempo), esto se justifica al saber que la demanda se conservará constante ya que el número de animales permanecerá inamovible hasta la época de reproducción. Análogicamente la alimentación será constante hasta antes de cada periodo de nacimiento o crecimiento donde la población y la demanda aumentan.
- No se permitirán faltantes, esto se cumple ya que no es técnicamente factible dejar de alimentar a las cabezas de ganado debido a que la mala nutrición merma la producción de leche, además de que impacta en la vida útil del animal.

### 5.1.3 Modelo matemático

En planeación y control de la producción cita de Daniel Sipper propone como una posibilidad la siguiente modelación para optimizar el abastecimiento, EOQ sin faltantes, para calcular los parámetros de interés expresiones(1,(2),(3).

**Cantidad óptima**, garantiza un balance entre los costos por mantener y ordenar.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}} \quad (1)$$

**Tiempo de ciclo**, T= longitud de ciclo, tiempo que transcurre entra la colocación (o recepción) de órdenes de abastecimiento.

$$T = \frac{Q^*}{D} \quad (2)$$

**Costo mínimo por ciclo**, K' (Q\*)= costo total promedio como función del volumen requerido según la demanda proyectada.

$$k'(Q^*) = CD + \frac{AD}{Q^*} + H \frac{Q^*}{2} \quad (3)$$



La solución analítica del volumen óptimo, se define con el tiempo en el cual la demanda permanece constante antes de un cambio, de igual forma los periodos de tiempo medibles se especifican en meses debido a la vida útil del producto, además el modelo estima el tiempo en el cual se deben colocar las ordenes de producto.

### 5.1.3 Definiendo los parámetros del modelo matemático

*C= costo unitario del producto.*

Este costo es proporcionado por los proveedores y se deduce de acuerdo a las unidades de sensibilidad requeridas, en este caso [Kg].

*I= costo total anual de mantener el inventario en porcentaje.*

Este costo se calcula de acuerdo a un promedio ponderado en el cual el costo por mantener el inventario será la suma proporcional del costo de operación en dicha actividad, entre el costo operativo total de la manutención del rancho o modelo productivo (4

$$I = \frac{\text{costo operativo para la manutención del alimento} + \text{costo operativo para alimentar a los animales}}{\text{costo total de operación del rancho}} \times 100 \quad (4)$$

*H= costo total por mantener el inventario.*

Este parámetro se calcula como el producto de las variables I\*C

*A=costo por ordenar o emitir una orden.*

Este costo (A) es el que se carga al pedir o colocar una orden al proveedor, para este caso se asumirá como el costo proporcional al tiempo que se invierte para traer la alfalfa hasta las instalaciones.

*D= demanda a lo largo de cierto periodo de tiempo.*

Además se define D como la demanda por unidad de tiempo, esta demanda se calcula de acuerdo al consumo de alimento por cada animal, este consumo está en función de la etapa de crecimiento del animal, para este cálculo se suma todo el consumo de alimento a lo largo de un mes, que es el tiempo máximo que tiene la alfalfa para ser resguardada sin modificar sus propiedades.



#### 5.1.4 Calculando parámetros

Calculando C (costo unitario del producto).

Para ello es necesario definir la unidad de sensibilidad que se utilizará, con base en esto se selecciona el peso de una paca de alimento, se tomó el peso y se verificó que no existiera gran variabilidad para poder definir con precisión el costo por kilogramo de alfalfa, donde se define que cada paca de alfalfa pesara aprox. 18 [Kg] de acuerdo al muestreo que se muestra en la Tabla 12.

Alfalfa		
N. muestra	peso	unidad
1	17.56	[Kg]
2	18.22	[Kg]
3	17.97	[Kg]
4	18.4	[Kg]
5	17.98	[Kg]
6	17.8	[Kg]
7	18.12	[Kg]
8	17.85	[Kg]
9	18.22	[Kg]
10	18.24	[Kg]

Tabla 12 Muestreo de cantidad de alfalfa por paca, para determinar un estándar de peso en kg, autoría propia.

$\bar{X}$	<b>18.036</b>	[Kg]
$\sigma$	<b>0.23942431</b>	[Kg]

La paca de alfalfa tiene un costo que oscila en el rango de \$72 hasta los \$78 durante la época de primavera y verano, su precio depende de las condiciones climáticas, ya que el precio tiende a subir hasta \$ 90 en las estaciones más frías del año, por lo tanto el precio para esta época se estima con el promedio del rango definido en la Tabla 13

precio de la alfalfa en verano		
rango		promedio
li	ls	$\bar{X}$
\$	\$	\$
72.00	78.00	75.00

Tabla 13 Variación del precio de las pacas de alfalfa en una temporada, autoría propia



Con la información obtenida se estima el precio por kilogramo de alfalfa, lo que se considera como C (costo unitario del producto tomando como unidad un kilogramo) véase la tabla 13

costo por Kg de alfalfa		
peso X [paca]	costo X [\$]	precio por [Kg]
18	\$ 75.00	\$ 0.24

$$C=0.24 \text{ [\$]}$$

Tabla 14 Estimación de costos por pastura en una rango dado por el promedio y la desviación, autoría propia

El costo total anual por mantener i se estima según el tiempo que se le otorga a la manutención en donde la alfalfa estará almacenada, si no se cuentan con estos registros como en este caso se estima en un 20% este veinte por ciento siendo resultado de tomar el costo total por la infraestructura haciéndolo diferido a lo largo de los años, descontando una cantidad fija cada año y esta como porcentaje de los costos totales por manutención.

Estimando así un i real =15%

Por lo que la variables se define como  $h=i*c$

$$h=.15*0.24= 0.036 \text{ [$/anuales]}$$

Definiendo el costo por colocar cada orden, como el tiempo que invierte el trabajador que se encarga de esta actividad ilustrado en la Tabla 15.

Actividad	Tiempo invertido	Sueldo	Tiempo invertido
	[minutos]	[hora]	[\$]
Emitir orden	10	\$ 65.00	10.83333333
Descarga de pacas	90	42.85	64.275

$$A=75.10 \text{ [\$]}$$

**Total** 75.10833333

Tabla 15 Estimación de colocación de pedido, según el tiempo invertido y los costos adyacentes, autoría propia

Para determinar la demanda antes de cada periodo de nacimientos se debe fijar en cada corrida o cambio los parámetros de las Tablas 16 y 17.

Número de animales	consumo diario por comida [Kg]	Numero de comidas	Consumo total diario [Kg]
1	0.15	5	0.75
200	30	5	150

Tabla 16 Consumo diario promedio de alimento con base al número de comidas y número de animales, autoría propia



Número de animales	Consumo total diario [Kg]	Consumo anual [Kg]
1	0.75	273.75
200	150	54,750.00

Tabla 17 Consumo anual de pastura, autoría propia

$$D = 54,750 \text{ [Kg/año]}$$

Recopilando los datos se obtiene:

$$C = 0.24 \text{ [\$]}$$

$$i = 15\%$$

$$h = .15 * 0.24 = 0.036 \text{ [$/anuales]}$$

$$D = 54,750 \text{ [Kg/año]}$$

$$A = 75.10.84 \text{ [\$]}$$

Aplicando el modelo:

Para calcular la cantidad óptima a ordenar se sustituyen los datos en (1), (2 y (3 resultando en (5), (6, (7

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}} \quad (1)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * 75.10 * 54750}{.036}} = 4,777.24 \approx \mathbf{4,778 \text{ [Kg]}} \quad (5)$$

Para determinar el tiempo óptimo en el cual se debe realizar este pedido.

$$T = \frac{Q^*}{D} \quad (2)$$

$$T = \frac{4778}{54750} = .088 \text{ [años]} \quad (6)$$

$$.088 \text{ [años]} * \frac{365 \text{ [días]}}{1 \text{ [año]}} = \mathbf{32.12 \text{ días}} \quad (7)$$



## 5.2 Modelo para pronosticar la producción de leche

En el caso del proceso de producción de leche la variable crítica del flujo del proceso tiene que ver con la sincronización de la demanda y la producción, siendo una tarea conjunta de más de un módulo en el sistema (ilustración 22).

### Proceso para la producción de leche

- **Identificación de la demanda y análisis de la demanda** (Modelo para pronosticar la producción de leche)
- **División de las cabras en subgrupos** (Modelo para pronosticar la producción de leche)
- **Selección e identificación de hembras** (producción de leche)
- **Selección e identificación de sementales** (reproducción-mejoramiento genético)
- **Secado de las cabras productoras** (producción de leche)
- **Estimulación de los animales** (reproducción-mejoramiento genético)
- **Empadre de los animales** (reproducción-mejoramiento genético)
- **Diagnóstico de gestación** (reproducción-mejoramiento genético)
- **Análisis de eficiencia** (reproducción-mejoramiento genético)
- **Registro de hembras gestantes** (reproducción-mejoramiento genético)

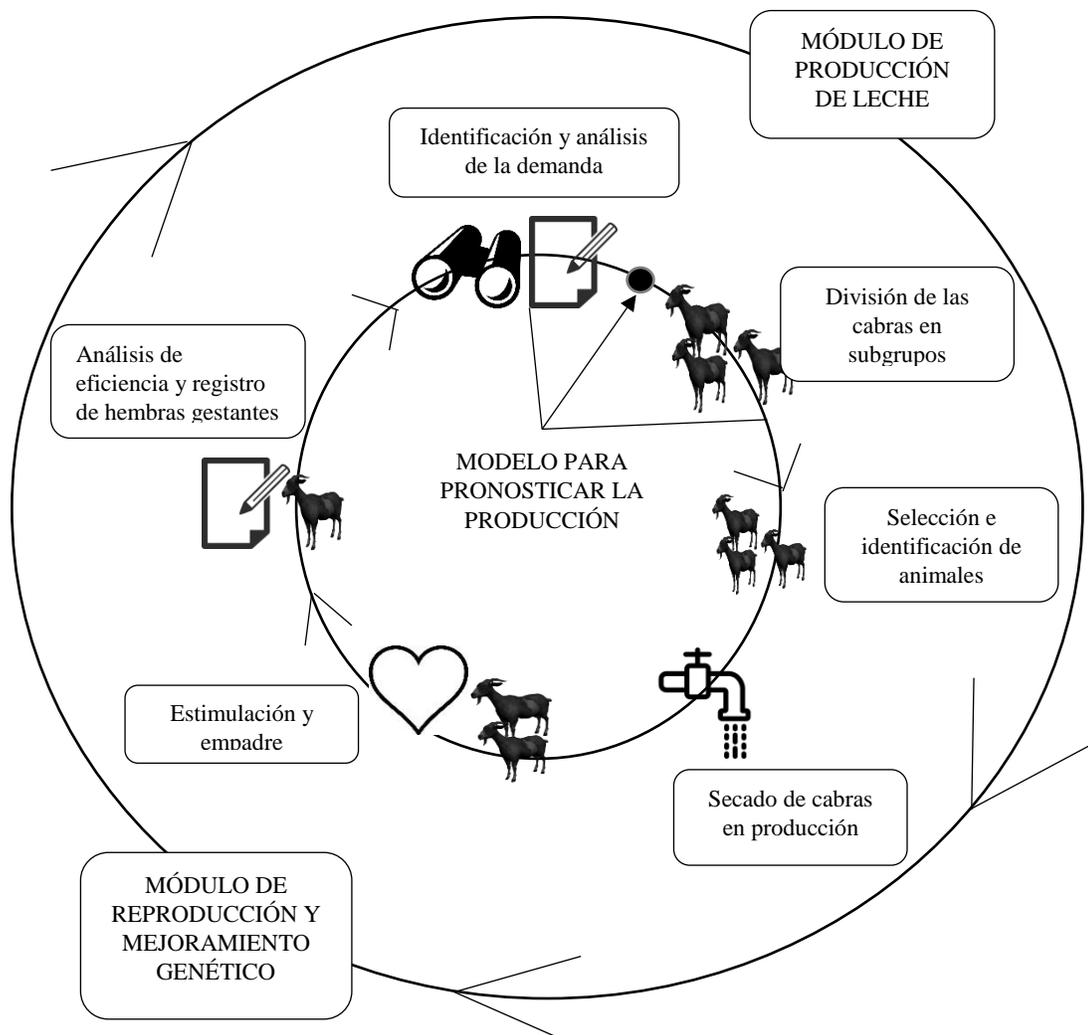


Ilustración 21 Introducción del modelo de pronosticación en las actividades que compone la interacción de dos módulos, el vector de análisis se encuentra entre el estudio de la demanda y la división de animales para su selección.



### 5.2.1 Actividad a optimizar

Como lo describe la estandarización de los procesos de reproducción, mejoramiento genético y producción de leche, la producción depende del control del ciclo estral de los animales productores que se rigen por dos módulos, la producción de leche que se encarga de proveer y la reproducción que se encarga de la planeación.

Al final el punto de decisión depende de una relación de la producción de leche con la demanda que el modelo pretende satisfacer ya que esta dará un estimado de cuantos, cuando y hasta quienes serán los animales que se deban reproducir dependiendo de sus características y del comportamiento de su curva de producción Biológica. (Ilustración 13)

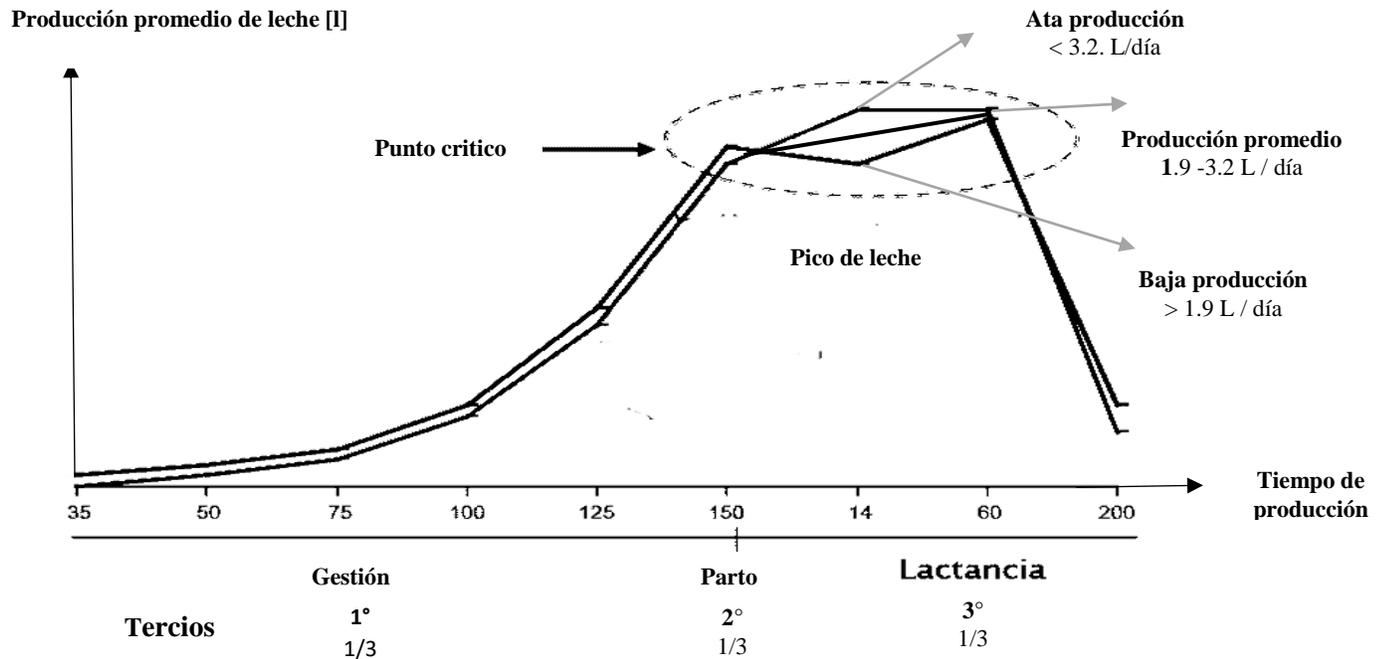


Ilustración 22 Flexibilidad del proceso reproductivo tomada de (Gómez, 2009) y adaptada definiendo los puntos de inflexión en un ciclo de producción real. La manera en la que se optimiza esta actividad es por medio de una modelación analítica del ciclo estral esta estratificación permite fijar límites de producción que se comportan dinámicamente en función del registro de operaciones y la frecuencia en que se alimenta de manera estadística al modelo.

Después de cuantificar el ciclo estral es necesario fijar las variables de interés, en este caso se fijaran como la fecha de reproducción y el número de animales que se deben reproducirse para cubrir la demanda de leche en cierto tiempo.

Para acoplarse con la curva de producción biológicamente relacionada con la alimentación (Gómez, 2009) se definen las etapas de producción como medio de sensibilidad entre cambios representativos de la producción promedio de los animales, siguiendo el ciclo estral e inducirlo con la reproducción asistida en cualquier época del año, para evitar la estacionalidad de la producción.



### 5.2.2 Condiciones que permiten la modelación

- Se conoce el ciclo estral de los animales.
- Los animales una vez que inician su producción es constante.
- Disposición de información con frecuencia constante en cuanto a los muestreos de leche e historia del animal. Las etapas de producción se adecuan al desarrollo de los animales, siendo que como conjunto establecerán niveles de producción consistentes y el modelo pertenecerá al comportamiento de ese mismo grupo o animal.
- La modelación permite establecer el análisis de producción en un animal o un grupo de animales indistintamente.
- Existen las condiciones para inducir el ciclo estral de los animales

### 5.2.3 Modelo estadístico

El modelo como tal es una representación estadística que se adapta a la cantidad de información que se tiene históricamente y que permite bosquejar las etapas biológicas de producción de leche, dicho modelo dispone de un factor de ajuste estadístico que le permite pronosticar los niveles de producción en las diferentes etapas definidas.

La curva de producción de leche se puede considerar como una serie de rectas en donde la longitud de cada recta corresponde a una etapa de producción que está en función del tiempo, lo que su pendiente significa un aumento o una disminución considerable en el promedio de producción de esa etapa de tiempo de cierto grupo de animales o de uno solo. Cada recta representa un cambio relativo en el ciclo estral y por tanto en la etapa de producción, se identifican idealmente 9 etapas de producción donde biológicamente se esperan cambios representativos.

Las etapas de producción comprenden un rango de tiempo con una duración de acuerdo a los niveles de producción de cada etapa, se consideran un periodo acotado en donde se expresan los niveles de producción estables de la muestra para ese animal o grupo de animales, la estabilidad relativa se mide por medio de la desviación estándar para determinar la sensibilidad y corroborar los cambios de etapa en cada periodo de tiempo, de esta manera el modelo se adapta a la información disponible.

Cada recta dentro de la curva se modela de la forma (8)

$$p(t) = \frac{x_i - x_{i-1}}{d_i} * t + x_{i-1} \quad (8)$$

Donde  $p(t)$  representa la producción en el tiempo  $t$  correspondiente a una etapa de producción, las etapas de producción comprenden un rango de tiempo con una duración  $d_i$ , cada etapa de producción se define como  $i$ , en donde se expresan los niveles de producción estables  $X_i$  que se definen como los promedios de los volúmenes de producción en cada etapa de producción  $i$ .

Al realizar la suma de todas las rectas y considerando que existen 9 periodos, se modela la expresión que se presenta de

$$p(t) = \sum_{i=1}^{i=9} \frac{x_i - x_{i-1}}{d_i} * (t - d_A) + x_{i-1} \quad (9)$$

En donde la producción se expresa como la sumatoria de todas las rectas representativas de los volúmenes de producción estables en cada una de las nueve etapas de producción. Los términos  $x_i$ ,  $d_i$  y  $t$  se consideran como en la expresión anterior, el término  $d_A$ , representa la duración acumulada de las etapas de producción hasta la etapa en la que se requiere analizar la producción.



El modelo (9) en su totalidad asume una postura de pronóstico basada en el último dato (10), expresado por un factor de ajuste determinado por una pendiente correspondiente a la diferencia de promedios a razón de la duración de cada etapa de producción analizada (11) en producto con el número de días que han pasado en la etapa que se analiza correspondiente al tiempo de pronóstico  $t$  (12)

$$p(t) = \sum_{i=1}^{i=9} \frac{x_i - x_{i-1}}{d_i} * (t - d_A) + x_{i-1} \quad (9)$$

**Último dato**

$$x_{i-1} \quad (10)$$

**Pendiente**

$$\frac{x_i - x_{i-1}}{d_i} \quad (11)$$

**Número de días**

$$(t - d_A) \quad (12)$$

Esta manera de cuantificar la producción (9) puede permitir la proyección de la producción de leche, además de que permite calcular la cantidad de animales que se deben considerar como productores y por consiguiente la fecha de empadre de los mismos. Para determinar la producción es necesario considerar el realizar muestreos representativos de los volúmenes de leche para poder fijar los límites de los niveles de producción; es decir los cambios representativos en el porcentaje relativo de producción.

Con base en el modelo anterior se obtiene la gráfica mostrada en la ilustración 18. Que representa el comportamiento del modelo propuesto.

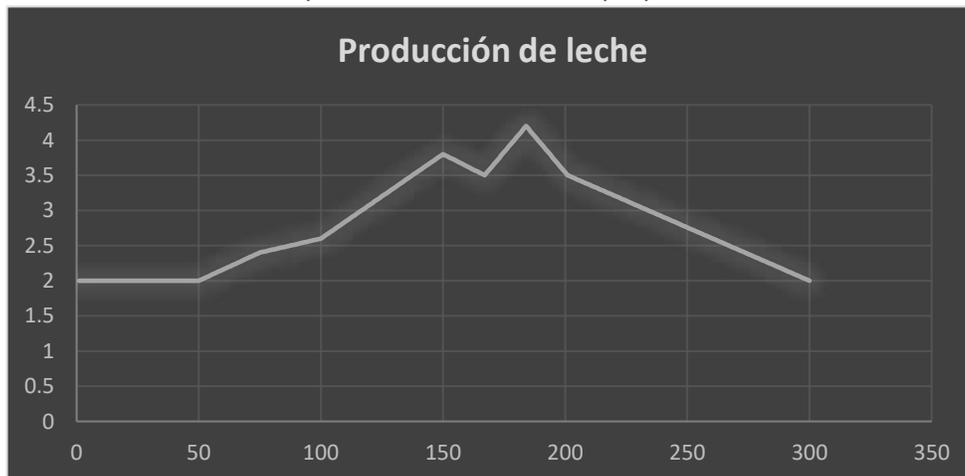


Ilustración 23 representación gráfica del modelo matemática de la expresión (9), en este caso se ejemplifica todo un ciclo de producción en un solo animal, sin ser esta una delimitante.



### 5.2.4 Definiendo parámetros

El comportamiento teórico se obtuvo proponiendo los volúmenes de producción que se ven en la tabla 17, en donde para efectos de análisis no se pretende hacer una comparación de los niveles de producción, más bien determinar la sensibilidad de los cambios en dichos volúmenes relativos o variaciones en las posiciones de las rectas que bosquejan las 9 etapas de producción que se puedan ajustar a una producción real.

Etapa i	Rango de tiempo de cada etapa		Duración de la etapa	$\sigma$	Producción promedio	Producción promedio por etapa
	Li	Ls	DA (días)	(litros)	(litros)	(litros)
1	0	50	50	0.2	2	100
2	50	75	25	0.3	2.4	60
3	75	100	25	0.2	2.6	65
4	100	125	25	0.4	3.2	80
5	125	150	25	0.3	3.8	95
6	150	167	17	0.2	3.5	59.5
7	167	184	17	0.3	4.2	71.4
8	184	201	17	0.4	3.5	59.5
9	201	301	100		2	200

Tabla 18 Estimación de etapas de producción dimensionadas en días de ciclo estral, la sensibilidad es delimitada por la desviación estándar  $\sigma$ , la cual permite ajustarse a cualquier número de muestras, se estima su comportamiento con la columna de producción promedio y producción promedio por etapa, Autoría propia.

Para estratificar y verificar el modelo, se analiza el siguiente estudio de caso, con base en los datos propuestos de la tabla 18. Se desea determinar el volumen de producción que habrá en el día 76, la expresión (9) obteniendo (13).

$$p(76) = \sum_{i=1}^{i=3} \frac{2.6-2.4}{25} * (76 - 75) + 2.4 = 2.4 \text{ [litros]} \quad (13)$$

Siguiendo la expresión será indispensable determinar en qué etapa se encuentra el tiempo t en donde queremos evaluar la producción, para este ejemplo (13) se muestra que el tiempo de producción de 76 días pertenece a la etapa tres, la cual cuenta con una duración de 25 días = di, en esa etapa se cuenta con una producción estable de 2.6 litros de leche = xi constatando la estabilidad con la desviación estándar correspondiente de 0.2 litros, en el periodo anterior se identifica una xi-1= 2.4 litros, el tiempo como se requiere en 76 días es necesario restarle las duraciones de las etapas de producción anteriores a la que se quiere evaluar, en este caso se puede apreciar que las etapas de producción anteriores son la etapa 1 con una duración di= 50 días y también la antecede la etapa dos con una duración de 25 días = di, por lo tanto la expresión Da se fijara como la suma de dichas duraciones, teniendo (14) y (15)

$$d_A = d_{i-1} - d_{i-2} \quad (14)$$

$$d_A = 50 + 25 = 75 \quad (15)$$

Teniendo como resultado final que la producción en el día **76 es de 2.408 [litros]**

$$p(76) = 2.4 \text{ [litros]}$$



Para constatar la flexibilidad del modelo estadístico, se representa de manera gráfica un histórico de datos proporcionado por (Granja del Carmen SA de CV, 2014-2015) de donde se realizó el estudio de campo, esta representación se realizó de manera integra a los datos proporcionados contra los periodos de tiempo en donde se tomaron las muestra de volúmenes de producción en más de 400 animales dos veces por mes durante un año de producción.

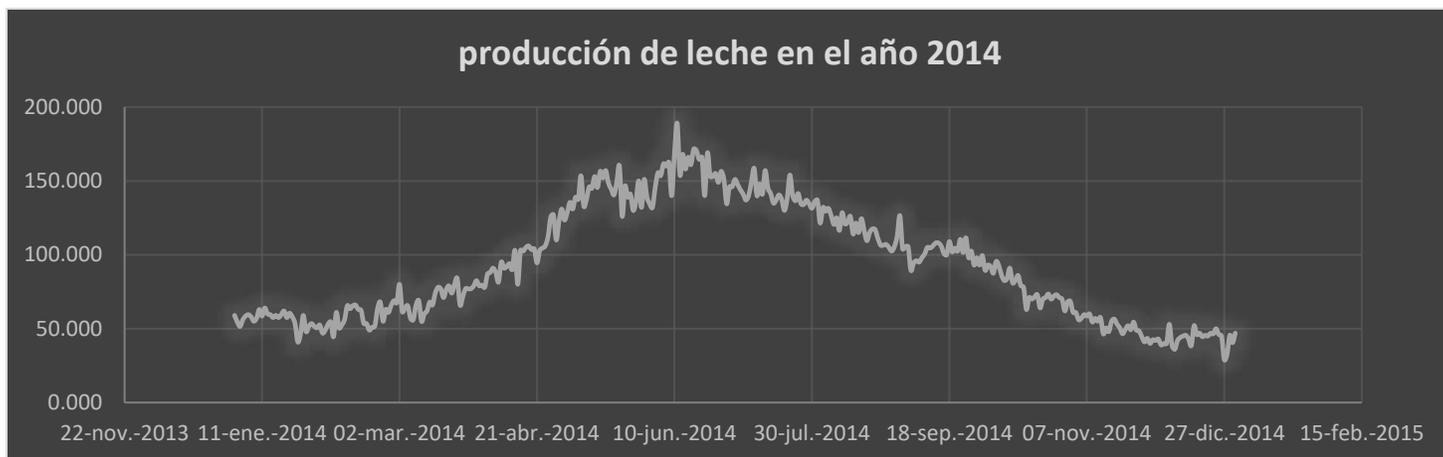


Ilustración 24 Producción de leche en toda una temporada, a diferencia de la ilustración 23, en este caso se representa el comportamiento de una población de animales (Granja del Carmen SA de CV, 2014-2015)

Como se aprecia en la curva de producción del modelo propuesto para la estimación de la misma es congruente con la gráfica teórica (véase ilustración 24) ya que el comportamiento es similar lo que permite ajustar los límites de cambios de producción relativos, por medio de las muestras periódicas de volumen de leche siendo mucho más sencillo con la implementación del software propuesto, el modelo delinea completamente el comportamiento de la producción de leche en las cabras de manera realista.

### 5.2.5 Calculando parámetros

#### La demanda

Como se menciona anteriormente la importancia del modelo residirá en la estimación de cuantos animales por lo menos se deberán cruzar para cumplir los volúmenes de producción que dicta la demanda. Considerando a la demanda del mercado con naturaleza completamente estocástica. Como no existen datos sobre la demanda de leche a lo largo de cierto periodo de tiempo se realiza un estimado de acuerdo a los cambios de los precios de la leche, dichos precios se miran en la tabla 18 esto otorgara un comportamiento para acoplar el modelo.

	<b>PRIMAVERA</b>	<b>VERANO</b>	<b>OTOÑO</b>	<b>INVIERNO</b>
PRECIO \$/litro	2.97	3.01	3.06	3.18
AUMENTO \$	-0.0707071	0.01346801	0.016611296	0.03921569
POR MES \$	-0.023569	0.00448934	0.005537099	0.0130719
Ajuste (10000)	127.638036	128.211046	128.9209636	130.718954

Tabla 19 Cambios en precios de leche de cabra, estas variaciones serán medidas para determinar un bosquejo rupestre de la demanda de acuerdo a la época del año.



En donde el aumento por mes se obtuvo de la siguiente manera (16)

$$aumento = \frac{p_{i-1} - p_i}{p_{i-1}} \quad (16)$$

En donde  $p_i$  es el precio de la leche por litro en periodo  $i$ , resultando de esta manera un porcentaje de aumento relativo entre los periodos donde cambio el precio de la leche

El aumento por mes no es más que la división del aumento por periodo entre los meses que comprende una estación, en este caso como cada periodo está representado por una temporada de demanda, cada estación del año comprende un periodo de tiempo de tres meses (17).

$$aumento \text{ por mes} = \frac{aumento}{3} \quad (17)$$

Al hacer dichas consideraciones y suposiciones en el comportamiento de la demanda se obtiene un modelo representativo de la misma. Cabe resaltar que esta suposición del comportamiento de la demanda es meramente teórica, se debe tener en cuenta que la demanda mostrara un sinnfín de comportamientos, en donde lo importante es ver de qué manera se puede acoplar la con el modelo de producción propuesto que genere el mayor aprovechamiento de recursos y pueda estimar los volúmenes excedentes o faltantes de acuerdo a la demanda teórica y la producción pronosticada.

La demanda propuesta para medir la sensibilidad del modelo de producción se expresa en la ilustración 25.



Ilustración 25 Estimación de la demanda de leche, según las expresiones (16 y (17, autoría propia

El siguiente paso consta en acoplar la demanda al modelo de producción para estimar los volúmenes de producción requeridos en cada periodo de tiempo que describa la misma, debido a ello y considerando el comportamiento de la demanda con base como un cambio porcentual del precio de la leche se propusieron los sientes valores que aparecen en la Tabla 20.



<b>ESTACIÓN DEL AÑO</b>	<b>Mes</b>	<b>Demanda [l]</b>
primavera	marzo	472
primavera2	abril	488
primavera3	mayo	508
verano	junio	512
verano2	julio	520
verano3	agosto	512
otoño	septiembre	516
otoño2	octubre	520
otoño3	noviembre	528
invierno	diciembre	536
invierno2	enero	560
invierno3	febrero	508

Tabla 20 Estimación de la demanda de leche en litros, se extrapola el comportamiento de los precios en volúmenes de producción, autoría propia.

De igual forma se proponen valores de producción histórica para aplicar y delimitar la curva de producción, esos valores corresponden a la producción de un solo animal en el periodo de producción representados en la siguiente tabla 21.

<b>Etapa i</b>	<b>Rango de tiempo</b>		<b>Duración de la etapa</b>	<b>producción promedio por día</b>	<b>producción promedio por etapa y por animal</b>	<b>producción por día</b>
	Li	Ls	Di [días]	xi [litros]	[litros]	[litros]
1	0	50	50	1.7	85	1.7
2	50	75	25	2.3	57.5	2.3
3	75	100	25	2.5	62.5	2.5
4	100	125	25	3	75	3
5	125	150	25	3.2	80	3.2
6	150	167	17	3.5	59.5	3.5
7	167	184	17	3.7	62.9	3.7
8	184	201	17	3	51	3
9	201	301	100	1.4	140	1.4

Tabla 21 Registro de producción de un solo animal (Granja del Carmen SA de CV, 2014-2015), la columna de etapa i establece el número de etapa, el rango de tiempo define las fronteras entre cada etapa en función de la desviación estándar.

Al tener la demanda Tablas 20 y el comportamiento estimado histórico de la producción Tabla 21 se aplica el modelo de pronóstico.



Mes	Días del mes	convergencia con etapas de producción	Acumulación de etapas	Duración de la etapa en días	Producción diaria promedio (l)	Producción total de los animales (l)	Demanda	producción (-) demanda (l)
Marzo	31	17	etapa 7	17	3.7	113.9	472	-358.1
		14	etapa 8	17	3			
Abril	30	3	etapa 8	3	3	149	488	-339
		27	etapa 9	100	1.4			
Mayo	31	42	etapa 9	73	1.4	102.2	508	-405.8
Junio	30	30	etapa 9	31	1.4	43.4	512	-468.6
Julio	31	1	etapa 9	1	1.7	86.7	520	-433.3
		30	etapa 1	50	1.7			
Agosto	31	20	etapa 1	20	1.7	34	512	-478
Septiembre	30	11	etapa 2	25	2.3	57.5	516	-458.5
Octubre	31	14	etapa 2	14	2.4	33.6	520	-486.4
Noviembre	30	25	etapa 3	25	2.5	137.5	528	-390.5
		5	etapa 4	25	3			
Diciembre	31	20	etapa 4	20	3.2	144	536	-392
		11	etapa 5	25	3.2			
Enero	31	14	etapa 5	14	3.8	342.2	560	-217.8
		17	etapa 6	17	1.7			
Febrero	28	17	etapa 7	17	3.7	113.9	508	-394.1
		11	etapa 8	17	3			
					<b>Total</b>	<b>1357.9</b>	<b>6180</b>	<b>-4822.1</b>

*Ilustración 26 sincronización de oferta y demanda con el comportamiento de un solo animal, en la primer columna se expresan los meses del año en donde se proyectó el ciclo estral el cual está contenido en cada etapa de la columna 4 y su convergencia en la columna 3, al finalizar se observa que la producción es insuficiente*

Como se observa en la ilustración 26 al considerar la producción de un solo animal con la demanda preestablecida, se obtiene un déficit en la producción apreciable en la columna de producción -demanda; coherente ya que es imposible que un animal satisfaga toda esa demanda.

### **Superávit en producción**

Para este caso se considera que el empadre de los animales se realizó en diciembre por lo tanto la producción comenzará después de que los animales den a luz en el mes de marzo de acuerdo al proceso Dicho lo anterior se realiza en primera instancia el ajuste del tiempo de producción de acuerdo a la demanda, como se muestra en la ilustración 26.

Al ir variando el número de animales en el modelo de producción se puede observar que al considerar cuatro animales como unidades productoras de leche en el horizonte de tiempo de 300 días partiendo desde marzo la producción satisface a la demanda completamente.



Mes	Días del mes	convergencia con etapas de producción	Acumulación de etapas	Duración de la etapa en días	Producción diaria promedio (I)	Producción total de los animales (I)	Demanda	producción (-) demanda (I)
Marzo	31	17	etapa 7	17	3.7	1822.24	472	1350.40
		14	etapa 8	17	3			
Abril	30	3	etapa 8	3	3	149	488	1896
		27	etapa 9	100	1.4			
Mayo	31	42	etapa 9	73	1.4	102.2	508	1127.7
Junio	30	30	etapa 9	31	1.4	43.4	512	182.4
Julio	31	1	etapa 9	1	1.7	86.7	520	867.2
		30	etapa 1	50	1.7			
Agosto	31	20	etapa 1	20	1.7	34	512	32
Septiembre	30	11	etapa 2	25	2.3	57.5	516	404
Octubre	31	14	etapa 2	14	2.4	33.6	520	17.7
Noviembre	30	25	etapa 3	25	2.5	137.5	528	1672
		5	etapa 4	25	3			
Diciembre	31	20	etapa 4	20	3.2	144	536	1768
		11	etapa 5	25	3.2			
Enero	31	14	etapa 5	14	3.8	342.2	560	4915.2
		17	etapa 6	17	1.7			
Febrero	28	17	etapa 7	17	3.7	113.9	508	1314.4
		11	etapa 8	17	3			
					<b>Total</b>	<b>1357.9</b>	<b>6180</b>	<b>-4822.1</b>

Ilustración 27 sincronización de la demanda y la producción de cuatro animales analizando el caso de un superávit de leche.

Como la demanda queda cubierta con la producción de cuatro animales, se comprueba que el modelo de producción es capaz de adaptarse a cualquier comportamiento de la demanda. Esto se muestra al graficar la demanda acumulada con la producción acumulada en el mismo periodo de tiempo (ilustración 28 y 27.)

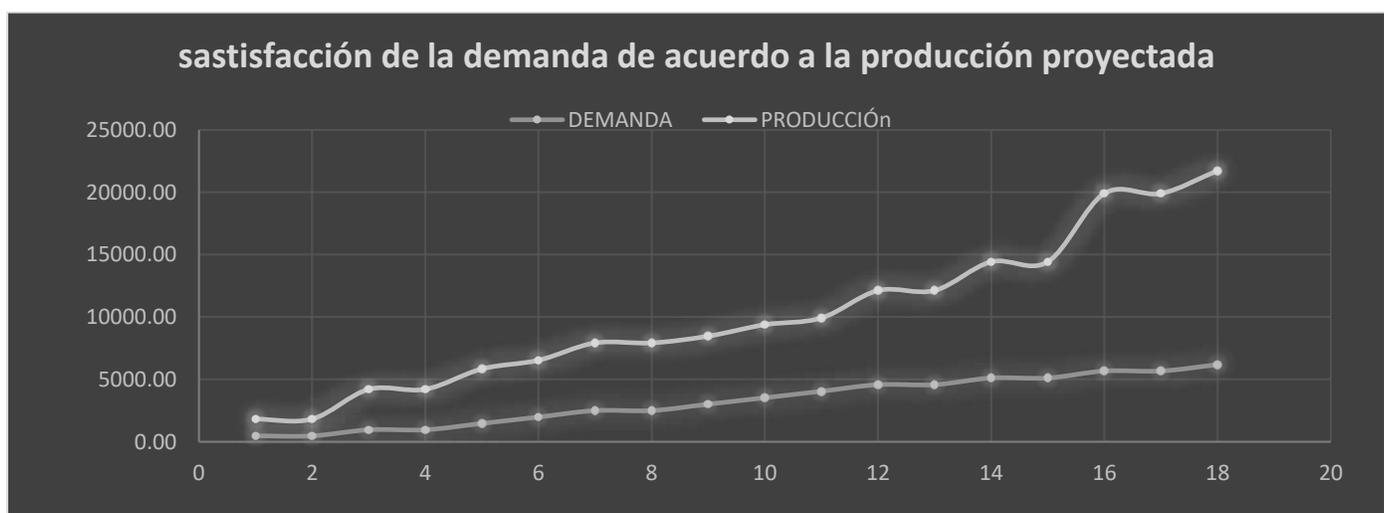


Ilustración 28 Nivel de excedencia en producción, se aprecia la capacidad al ser fuentes de producción constantes Autoría propia



Una situación muy importante al considerar los volúmenes de producción proyectados como constantes e inamovibles es el nivel de excedentes que se pueda tener, este es apreciable en la ilustración 28 ya que se cubre a la demanda pero se cae en un excedente importante debido a las diferencias de nivel que representa la demanda y la producción en la ilustración 29. Se realiza un análisis de los excedentes los cuales serán producidos forzosamente por lo cual el modelo de producción podrá estimar la producción de excedentes y alertar para analizar que se realizara con esa leche restante para comercializarla

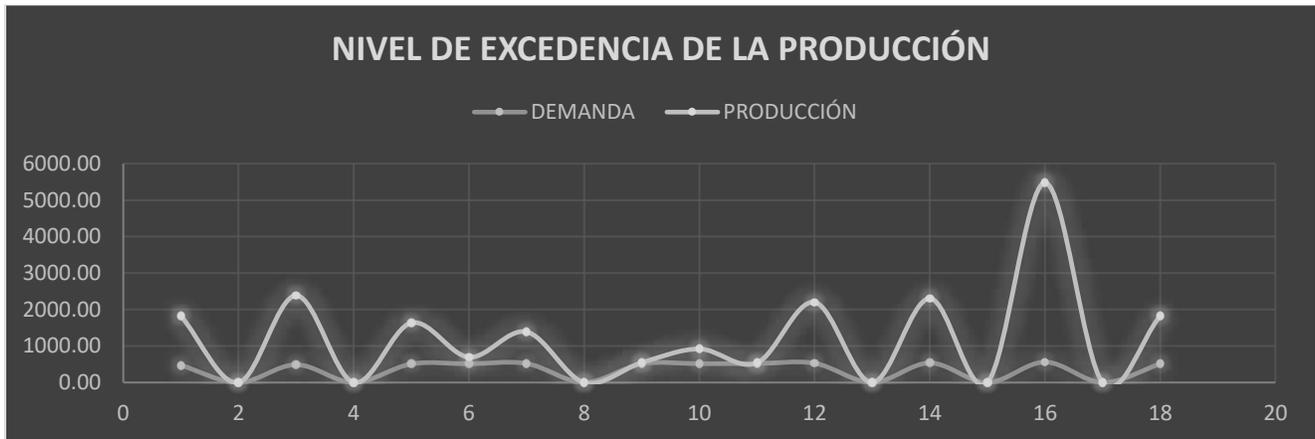


Ilustración 29 demanda vs nivel de producción autoría propia

Como se advirtió existe un nivel de excedencia alto de la producción, lo cual dota de un nivel de servicio muy alto al proceso de producción de acuerdo al modelo propuesto que lo describe, el problema puntual será el determinar el aprovechamiento de los excedentes para que no incrementen los costos por mantener. Siendo esta misma una ventaja de la leche al ser parte fundamental de distintos procesos en diferentes productos, como cajeta, quesos jabones etc.



### 5.3 Optimización en la producción de leche por medio de parámetros de decisión

En este caso también se involucrara el proceso de producción de leche bajo la misma concepción del modelo matemático de la parte anterior pero esta vez dirigido hacia otra actividad, esta actividad es la sección de animales para la reproducción que engloba al proceso de mejoramiento genético especificado en la parte de estandarización, de nuevo se puede identificar una nueva interacción entre dos módulos del sistema. (Ilustración 30)

(Ilustración 30)

#### Proceso para la producción de leche

- **Identificación de la demanda y análisis de la demanda** (Modelo para pronosticar la producción de leche)
- **División de las cabras en subgrupos** (Modelo para pronosticar la producción de leche)
- **Selección e identificación de hembras** (producción de leche)
- **Selección e identificación de sementales** (reproducción-mejoramiento genético)
- **Secado de las cabras productoras** (producción de leche)
- **Estimulación de los animales** (reproducción-mejoramiento genético)
- **Empadre de los animales** (reproducción-mejoramiento genético)
- **Diagnóstico de gestación** (reproducción-mejoramiento genético)

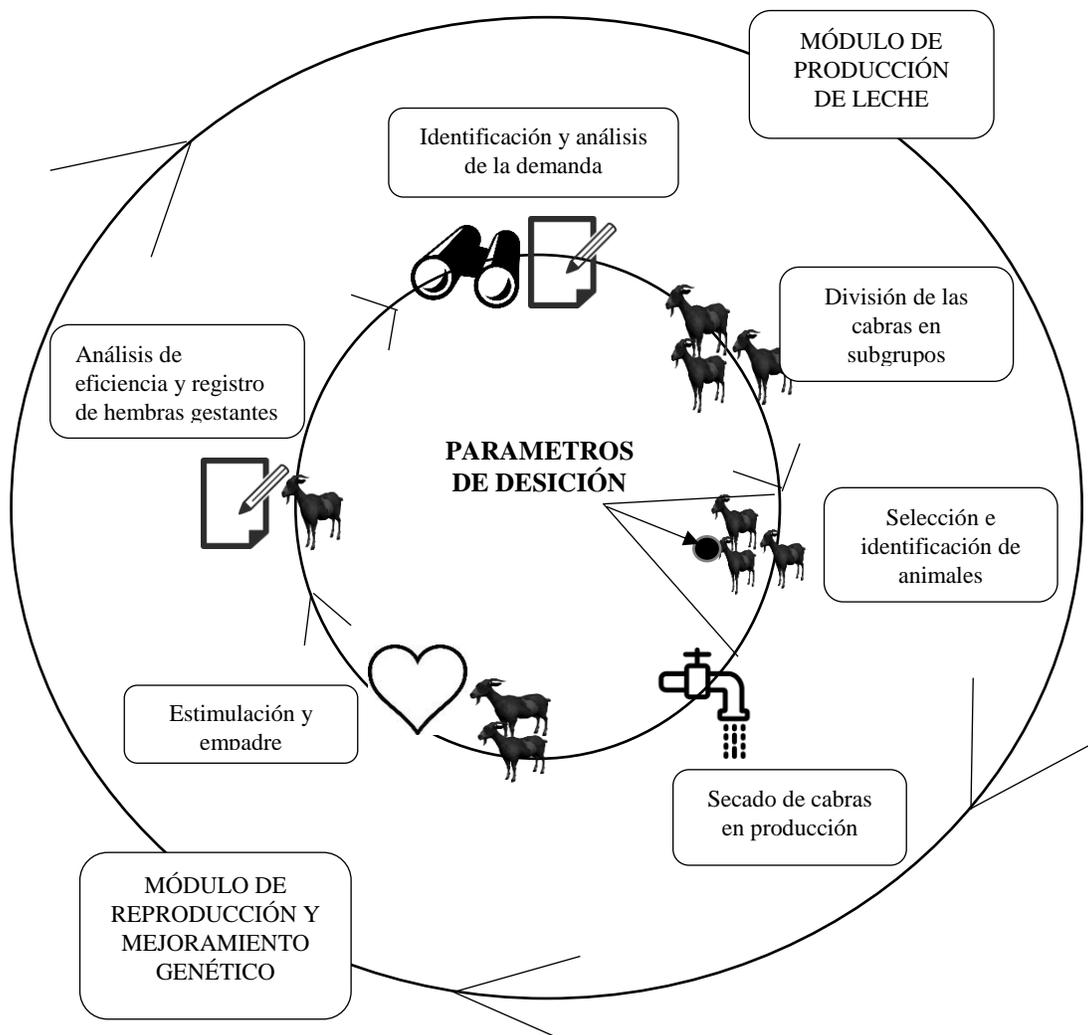


Ilustración 30 Introducción de método de elección por variables de decisión, se puede apreciar que el vector de análisis cae en la selección de los animales



### 5.3.1 Actividad a optimizar

El proceso de ordeña tiene como uno de sus objetivos mantener la calidad de la leche a un nivel constante o por lo menos a un nivel de producción similar en cualquier etapa del ciclo de producción al considerarse una actividad de control humano y que la única actividad que puede modificar a la leche es la higiene.

Definiendo lo anterior es importante resaltar que la única manera de modificar la calidad de la leche es mejorando las características de los animales productores y para aumentar la producción se debe mejorar el aporte de leche dentro de un esquema de mejoramiento genético a largo plazo.

Dicha actividad es referida específicamente a la selección de animales, la cual el módulo de reproducción tiene la capacidad de procesarla y guardarla históricamente por medio de la herramienta de gestión propuesta.

### 5.3.2 Condiciones que permiten la modelación

Tomando como base el modelo propuesto que describe la producción de leche de los animales productores se puede considerar estable el nivel de producción en cada “etapa de producción” de las nueve que propone el modelo matemático de la parte anterior, se puede analizar que los animales en producción deben mantener una constancia en cada etapa la cual se mide por medio de la desviación estándar, esta idea es consistente en el análisis de calidad que propone el DR. Shewhar tomadas del libro control estadístico de la calidad y seis sigma (Pulido, 2009) que analizan la variabilidad de los volúmenes de producción significativos.

La carta propuesta para realizar el monitoreo y el control de los volúmenes de producción es la carta X-R que podrá determinar la variación de los promedios de los volúmenes de producción en relación a un rango de producción. Para determinar esta carta de control se adaptara la metodología propuesta por (Trejo, 2015).

Como se puede apreciar en la ilustración 31, que describe el comportamiento productivo de un grupo de animales productores, es notable que la gráfica cuenta con fluctuaciones en la misma ventana de tiempo, lo cual determina que se trata del análisis de más de un animal, según los estándares del proceso de mejoramiento genético, el aumento de la producción se puede asegurar solo manteniendo a los animales de “mejor producción” en el sistema.



Ilustración 31 comportamiento de la producción en el tiempo de más de un animal, (Granja del Carmen SA de CV, 2014-2015)



Como se puede apreciar en cada etapa existen diversas fluctuaciones de diversos animales en cada etapa de producción. En donde el modelo matemático anterior tiene injerencia pero en una etapa de tiempo específica o lo que se podría interpretar como una de las nueve rectas que conforman toda la expresión.

Cada vez que se planea la producción de forma anual es necesario elegir aquellos animales que se reproducen, “buenos productores” ante esto se puede realizar un análisis histórico de los niveles de producción para determinar dichos animales en un enfoque de mejoramiento genético, mientras que un análisis mensual de la producción podrá dotar del monitoreo de los animales como productores evaluando su desempeño e identificando si existen mejoras en la producción una vez aplicado el proceso de mejoramiento genético.

La elección se basará en la identificación de aquellos animales que tengan anomalías en sus volúmenes de producción, es decir que varíen de forma significativa a lo que se tiene esperado.

La variable a medir es el volumen en litros de la producción que cada animal presenta a lo largo de las mediciones de leche en su etapa de producción correspondiente

Para la elección de subgrupos quedara determinada por el número de animales contenidos en el lote de producción, esto se determina a partir de ver a cada animal productor como una fuente de producción que esta sincronizada con otras fuentes de producción

### 5.3.3 El modelo

En esta ocasión se analizan las variaciones en cada etapa de producción implementando cartas de control de (Shewhart., 2012), tarea que identifica a los animales para producción, como candidatos para mejoramiento genético o dirigido a la producción de carne subsecuentemente.

Se toman muestras de los volúmenes de producción de leche de cada animal, Shewhar (Pulido, 2009) sugiere por lo menos tomar cinco muestras, es decir cinco muestras de volúmenes de producción en cada etapa de producción.

Cada animal será considerado como un subgrupo compuesto por el número de muestreos de leche, por lo tanto el cálculo de su promedio de producción con respecto a las cartas lo representa (18 (Trejo, 2015)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (18)$$

Donde:

$\bar{X}$  = promedio de un subgrupo

$X_i$  = promedio de la variable medida

$n$  = tamaño de la muestra

$R_i$  = valor max – valor min



En donde el promedio de subgrupo, será el promedio de producción que tengan todos los animales que estén produciendo en una misma etapa de producción, el valor de la variable medida quedara determinado por los litros que esté produciendo cada animal perteneciente al subgrupo, el tamaño de la muestra quedara determinado por el número de animales que esté produciendo en el mismo subgrupo; es decir aquellos animales productores en la misma etapa de producción.

Para calcular el promedio de rangos y el promedio de promedio es necesario utilizar las siguientes expresiones (19 y (20.

$$\bar{X} = \frac{\sum xi}{k} \quad (19)$$

$$\bar{R} = \frac{\sum Ri}{k} \quad (20)$$

En donde la variable k está determinada como un factor de ajuste de acuerdo al número de muestras en la ilustración 33 se explica los parámetros de ajuste predefinidos

Tamaño de la muestra, n	Carta X	Carta R		Estimación de $\sigma$
	A <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>
2	1.880	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.575	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.115	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.970
10	0.308	0.223	1.777	3.078
11	0.285	0.256	1.744	3.173
12	0.266	0.283	1.717	3.258
13	0.249	0.307	1.693	36
14	0.235	0.328	1.672	3.407
15	0.223	0.347	1.653	3.472
16	0.212	0.363	1.637	3.532
17	0.203	0.378	1.622	3.588
18	0.194	0.391	1.608	3.640
19	0.187	0.403	1.597	3.689
20	0.180	0.415	1.585	3.735
25	0.153	0.459	1.541	3.931

Ilustración 32 Parámetros para la determinación de k tomado de (Trejo, 2015)



### Calcular los límites de control

Los límites de control quedaran determinados para indicar la variación de producción de cada animal con respecto al promedio global compuesto por todos los demás animales que estén en producción, las siguientes expresiones (21, (22, (23.

*límites de control para  $\bar{X}$*

$$UCL_x = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad (21)$$

$$\text{Linea cenatral} = \bar{X} \quad (22)$$

$$LCL_x = \bar{X} - A_2 \bar{R} \quad (23)$$

### Trazar la gráfica de control

Una carta de control  $\bar{X}$ -R nos presenta dos gráficos en una hoja, la gráfica superior es la de las medias  $\bar{X}$  y la gráfica inferior es la de rangos R.

En el eje de las "x" se representa el número de subgrupos (se anotan los números cardinales que representan las muestras sucesivas). En el eje de las "y" se representan los valores de las medias o rangos según corresponda a la gráfica que estemos trazando.

Para la gráfica para las medias La grafica consiste en tres líneas de guía: Límite de control inferior LCLx, línea central CLx y límite de control superior UCLx. La línea central es el promedio de promedios y los dos límites de control son fijados más o menos a tres desviaciones estándar.

Cada subgrupo se identifica en la gráfica como un punto, un círculo o una cruz según se establezca, cada punto corresponde a un valor  $\bar{x}_i$ .

Para la gráfica de Rangos La grafica consiste en tres líneas de guía: Límite de control inferior LCLRm, línea central CLRm y límite de control superior UCLRm. La línea central es el promedio de los rangos y los dos límites de control son fijados más o menos a tres desviaciones estándar.

Cada subgrupo se identifica en la gráfica como un punto, un círculo o una cruz según se establezca, cada punto corresponde a un valor  $R_i$ .

Para este caso, como asumimos estabilidad en cada etapa de producción, las muestras tomadas de los volúmenes de producción en la etapa deberán caer en un mismo rango de valores, en este caso cada etapa de producción tendrá un rango de 3 desviaciones estándar ajustadas en cada etapa de producción de acuerdo a la carta de calidad R-X.



### 5.3.4 Calculando parámetros

Para ello se realizará el ejercicio para una tapa de producción, analizando el alcance de control que esto representa, por lo tanto se asumirán los valores propuestos en la tabla 22 para realizar el análisis de correspondiente

<b>Etapa de producción</b>				<b>2</b>
<b>Muestreo</b>	<b>Producción de leche en litros</b>			
1	2.3	2.2	1.9	1.8
2	2	2.2	2.1	2
3	1.89	1.97	1.79	1.9
4	1.96	2.03	1.95	2.33
5	1.94	1.95	1.93	1.92
6	2.02	2.02	2	2.3
7	1.88	1.89	1.98	1.95
8	1.89	1.95	1.92	1.93
9	1.92	1.934	1.99	2.03
10	1.89	1.78	1.92	1.95

<b>Etapa de producción</b>				<b>2</b>
<b>Muestreo</b>	<b>Producción de leche en litros</b>			
11	2.02	2.01	1.98	2.03
12	2.3	2.2	2.2	2.02
13	1.97	1.98	1.99	2.02
14	2.3	2.3	2.2	2.05
15	2.03	2.29	2.23	1.99
16	1.99	1.98	1.95	1.97
17	1.88	1.85	1.85	1.88
18	2.2	2.29	2.19	2.16
19	1.88	1.89	1.95	2.03
20	2.2	2.14	2.19	2.17

*Tabla 22 Simulación de datos para determinar la carta de control, autoría propia*

Para ello es necesario realizar el cálculo de los rangos y de las medias con las expresiones antes mencionadas como se observa en la tabla 23.



<b>Etapa de producción</b>				<b>2</b>	<i>Media</i>	<i>Rango</i>
<i>muestreo</i>	<i>Producción de leche en litros</i>					
1	2.3	2.2	1.9	1.8	2.05	0.5
2	2	2.2	2.1	2	2.075	0.2
3	1.89	1.97	1.79	1.9	1.8875	0.18
4	1.96	2.03	1.95	2.33	2.0675	0.38
5	1.94	1.95	1.93	1.92	1.935	0.03
6	2.02	2.02	2	2.3	2.085	0.3
7	1.88	1.89	1.98	1.95	1.925	0.1
8	1.89	1.95	1.92	1.93	1.9225	0.06
9	1.92	1.934	1.99	2.03	1.9685	0.11
10	1.89	1.78	1.92	1.95	1.885	0.17
11	2.02	2.01	1.98	2.03	2.01	0.05
12	2.3	2.2	2.2	2.02	2.18	0.28
13	1.97	1.98	1.99	2.02	1.99	0.05
14	2.3	2.3	2.2	2.05	2.2125	0.25
15	2.03	2.29	2.23	1.99	2.135	0.3
16	1.99	1.98	1.95	1.97	1.9725	0.04
17	1.88	1.85	1.85	1.88	1.865	0.03
18	2.2	2.29	2.19	2.16	2.21	0.13
19	1.88	1.89	1.95	2.03	1.9375	0.15
20	2.2	2.14	2.19	2.17	2.175	0.06

**2.024425 0.1685**

*Tabla 23 Cálculos realizados para determinar la carta de control, autoría propia*

En donde  $\bar{R}=0.1685$  y  $\bar{X}=2.024$

Por consiguiente de acuerdo a la metodología se debe realizar el cálculo de los límites de la carta de control, con ayuda de los factores de ajuste de la ilustración 33 Por lo tanto:

*límites de control para  $\bar{X}$*

$$UCL_x = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad (24)$$

$$\text{Linea cenatral} = \bar{X} \quad (25)$$

$$LCL_x = \bar{X} - A_2 \bar{R} \quad (26)$$

$$UCL_x = 2.02442 + (.729) * 0.1685 = 2.14726$$

$$\text{linea central} = 2.024$$

$$LCL_x = 2.02442 - (.729) * 0.1685 = 1.9015$$



Después de obtener los valores para los límites de control de la carta, se debe hacer la gráfica de control, en donde no podemos perder de vista que se trata de analizar la variación de la producción de leche en una etapa de producción, en este caso la etapa dos, para realizar la gráfica se deben acomodar los valores de la siguiente manera como la tabla 24

ETAPA DE PRODUCCIÓN				2	Media	Rango	UCL	LC	LCL
muestreo	Producción de leche en litros								
1	2.3	2.2	1.9	1.8	2.05	0.5	2.14726	2.024	1.90158
2	2	2.2	2.1	2	2.075	0.2	2.14726	2.024	1.90158
3	1.89	1.97	1.79	1.9	1.8875	0.18	2.14726	2.024	1.90158
4	1.96	2.03	1.95	2.33	2.0675	0.38	2.14726	2.024	1.90158
5	1.94	1.95	1.93	1.92	1.935	0.03	2.14726	2.024	1.90158
6	2.02	2.02	2	2.3	2.085	0.3	2.14726	2.024	1.90158
7	1.88	1.89	1.98	1.95	1.925	0.1	2.14726	2.024	1.90158
8	1.89	1.95	1.92	1.93	1.9225	0.06	2.14726	2.024	1.90158
9	1.92	1.934	1.99	2.03	1.9685	0.11	2.14726	2.024	1.90158
10	1.89	1.78	1.92	1.95	1.885	0.17	2.14726	2.024	1.90158
11	2.02	2.01	1.98	2.03	2.01	0.05	2.14726	2.024	1.90158
12	2.3	2.2	2.2	2.02	2.18	0.28	2.14726	2.024	1.90158
13	1.97	1.98	1.99	2.02	1.99	0.05	2.14726	2.024	1.90158
14	2.3	2.3	2.2	2.05	2.2125	0.25	2.14726	2.024	1.90158
15	2.03	2.29	2.23	1.99	2.135	0.3	2.14726	2.024	1.90158
16	1.99	1.98	1.95	1.97	1.9725	0.04	2.14726	2.024	1.90158
17	1.88	1.85	1.85	1.88	1.865	0.03	2.14726	2.024	1.90158
18	2.2	2.29	2.19	2.16	2.21	0.13	2.14726	2.024	1.90158
19	1.88	1.89	1.95	2.03	1.9375	0.15	2.14726	2.024	1.90158
20	2.2	2.14	2.19	2.17	2.175	0.06	2.14726	2.024	1.90158

Tabla 24 Acomodo de datos para realizar la gráfica de control autoría propia

El comportamiento se muestra en la representación gráfica de control en la ilustración 35

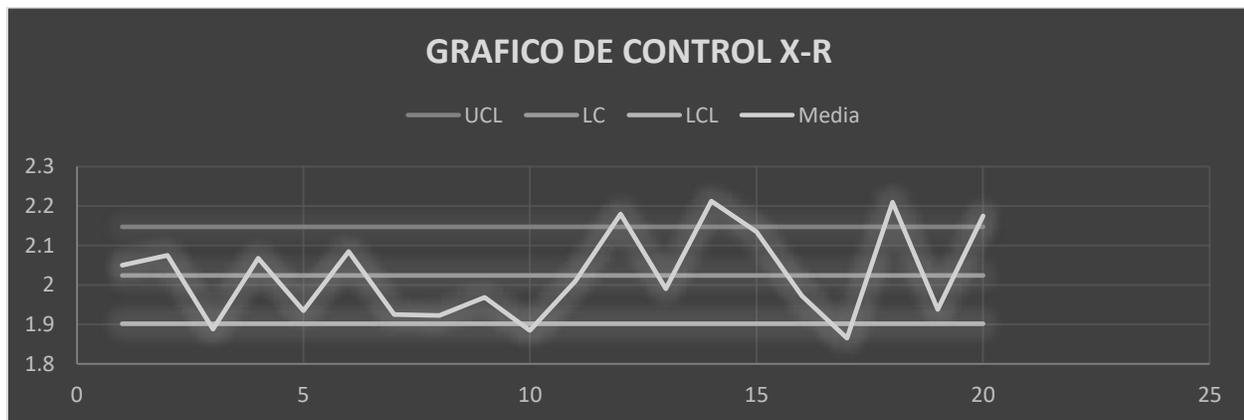


Ilustración 33 grafico de control, involucra la producción promedio en litros de manera vertical y los parámetros antes calculados, los puntos de interés se enfocan en aquellos que salen de los límites

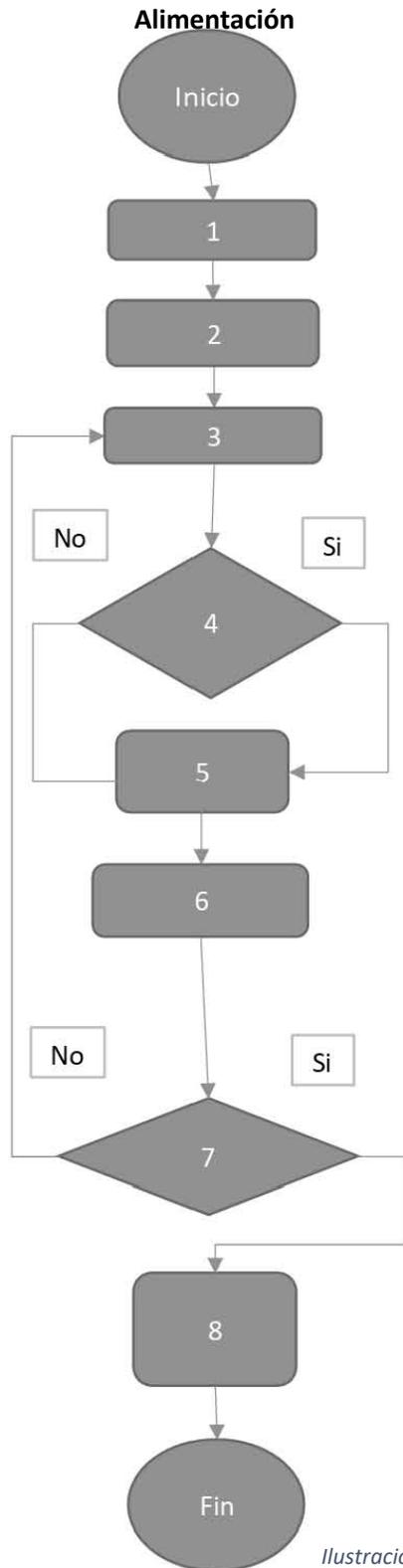


Los límites de control superior (UCL) e inferior (LCL) dará un rango de variación de los datos, por lo tanto aquellos puntos (promedio de producción en cada muestra) que caigan fuera del rango de variación de la etapa serán puntos fuera de control estadístico, en este caso los puntos que rebasan el límite superior (UCL) serán aquellos animales que de manera positiva tienen una variación en su producción de leche superior a la de los demás animales, resultado satisfactorio, ya que el animal se podría catalogar como un buen productor. En el caso contrario de que los puntos caigan por debajo del límite inferior (LCL) serán animales con una producción promedio en las muestras mucho menor que el resto de los animales, es decir son animales que tienen variaciones negativas en sus niveles de producción en donde se está monitoreando la misma, lo cual es alarmante ya que son animales que por agentes externos al proceso están teniendo fluctuaciones negativas en su producción, por lo tanto se deben tomar en consideración las siguientes acciones.

- Si el animal tiene una variación negativa en su producción, es necesario analizar el expediente clínico del animal para corroborar si existe algún agente que merme su producción
- Si se observa que en general que el límite central está sufriendo un aumento en cada muestra analizada para cada etapa de producción, es necesario realizar un análisis para ver si ese aumento en el límite central representa un cambio de etapa de producción
- Si se nota que un mismo animal tiene variaciones negativas en cuanto a su producción promedio en las distintas etapas de producción, es necesario realizar un análisis del animal para verificar si este es conveniente conservarlo como productor
- considerando el punto anterior es preciso establecer límites estrictos en donde se considere un nivel de producción de todo el grupo de muestra (animales en producción en una misma etapa de producción) para identificar aquellos que son malos productores y por lo tanto ir desechando a estos animales para así conservar animales de buena producción y aumentar la eficiencia del proceso de ordeño de manera natural



## 5.4 Diagramas de flujo de los procesos genéricos

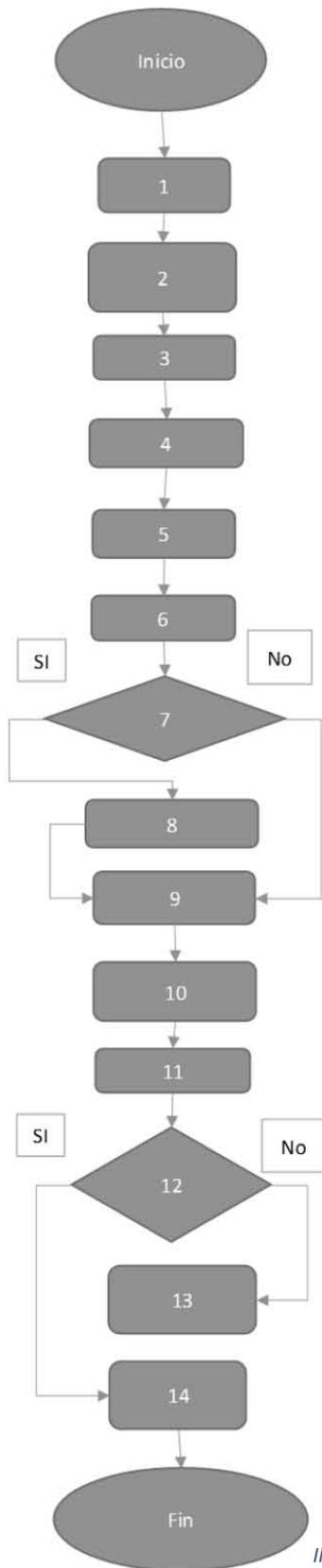


- 1 Revisar limpieza de comederos y bebederos
- 2 Alimentar con pastura
- 3 verificar el comportamiento
- 4 ¿es la tercer comida del día?
- 5 limpiar comederos y corrales
- 6 Alimentar con pastura
- 7 ¿es la ultima alimentación del día?
- 8 Alimentar con concentrado

Ilustración 34 Algoritmo para el proceso de producción autoría propia



## Reproducción



- 1 Identificación de la demanda
- 2 Análisis de la demanda
- 3 Programa de mejoramiento genético
- 4 División de las cabras en subgrupos
- 5 Selección e identificación de sementales
- 6 Selección e identificación de hembras
- 7 ¿Existen hembras de más de un parto?
- 8 Secado de las cabras productoras
- 9 Estimulación de los animales
- 10 Empadre de los animales
- 11 Diagnóstico de gestación
- 12 ¿Existen hembras gestantes?
- 13 Análisis de eficiencia
- 14 Registro de hembras gestantes

Ilustración 35 Algoritmo para el procesos de reproducción autoría propia



## Ordeña

- 1 Verificar limpieza de estación de ordeño
- 2 Trasladar a las cabras
- 3 se resguardan las cabras en corral de confinación
- 4 Subir a las cabras a rampa de ordeño
- 5 Limpiar las ubres de la cabra
- 6 Despuntar las ubres de la cabra
- 7 Analizar leche del despunte
- 8 ¿Existe la presencia de grumos ?
- 9 Se ordeña a la cabra manualmente
- 10 Se separa la leche
- 11 se desecha la leche de mala calidad
- 12 Conectar las pezoneras
- 13 Verificar el flujo de leche
- 14 ¿Sigue saliendo leche al ordeñar?
- 15 Verificar el ordeño de la cabra
- 16 ¿Sigue saliendo leche al ordeñar?
- 17 Sellar a las ubres de la cabra
- 18 Trasladar a las cabras a su corral

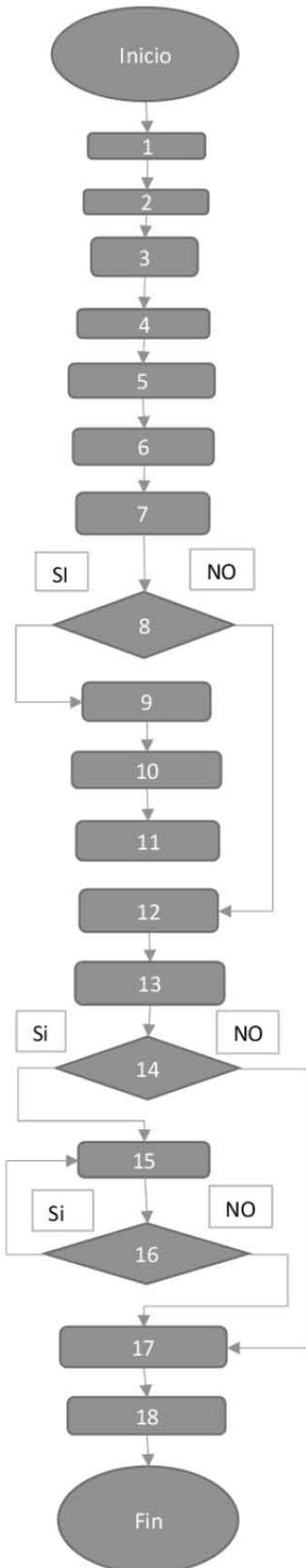
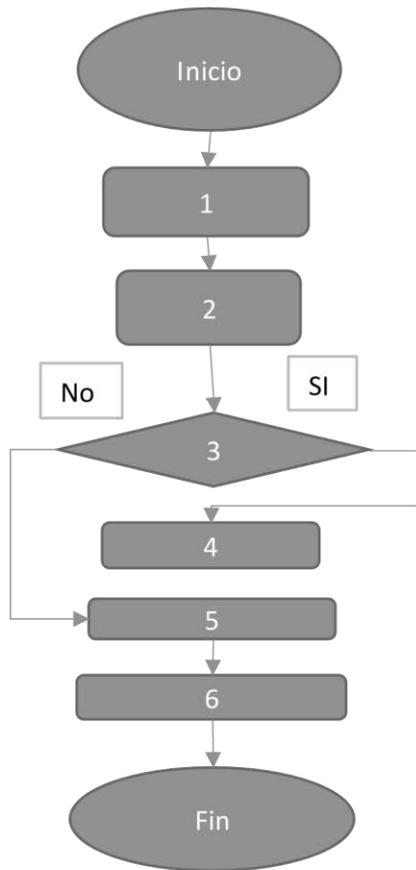


Ilustración 36 Algoritmo para el proceso de ordeña autoría propia



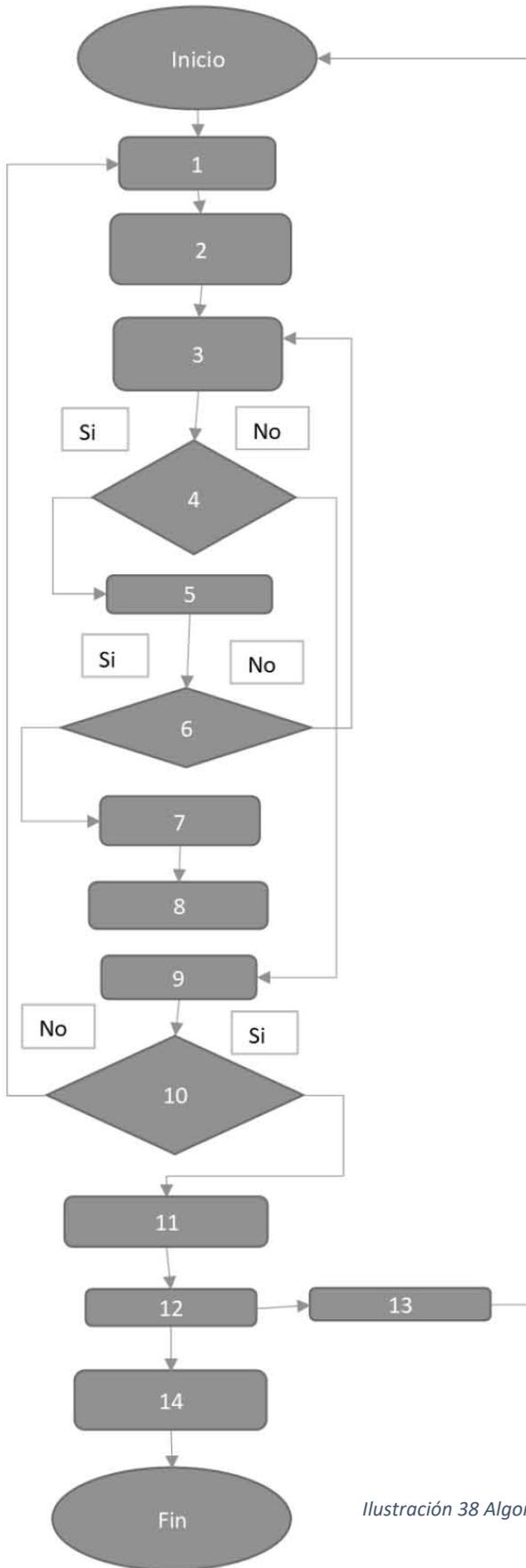
## Mejoramiento Genético



- 1 Evaluación de normalidad fisiológica y de comportamiento
- 2 Análisis del expediente del animal
- 3 ¿Es hembra el animal que se evalúa?
- 4 Análisis de producción lechera
- 5 optimización de empadre
- 6 Plan reproductivo

*Ilustración 37 Algoritmo para el proceso de mejoramiento genético autoría propia*





### Medicina preventiva

- 1 Alimentación
- 2 Pastoreo
- 3 Monitoreo del comportamiento
- 4 ¿Existe algún comportamiento anormal?
- 5 Se revisa y mantiene en observación continua a la cabra
- 6 ¿Existe deterioro del animal?
- 7 Se canaliza directamente con el médico veterinario
- 8 se registra en el expediente del animal aquellas afecciones y tratamientos
- 9 Monitoreo del desarrollo
- 10 ¿El animal a alcanzado madurez reproductiva?
- 11 Programa de mejoramiento genético
- 12 Programa de Reproducción
- 13 Manejo de cabritos
- 14 Producción Lechera

Ilustración 38 Algoritmo para el proceso de medicina preventiva autoría propia



## 6 Conclusiones

Se muestra que modelos de otros países como Francia, España y en general en Europa han logrado casos de caprinocultura exitosos en cuanto a la obtención de leche. En México existen 494,000 unidades de producción caprina y 1.5 millones de mexicanos dedicándose a esta industria que descansa en el autoconsumo de carne con una demanda satisfecha de 43,000 toneladas por año, disponiendo de 8.6 millones de cabras las cuales en producción lechera registran en promedio 19 [kg de leche/cabra], mientras que en Francia con 1.26 millones de animales se producen 494 [kg de leche/cabra al año], la baja productividad representa una actividad económica endeble y deficiente en sus métodos de producción y comercialización, tanto en lo práctico como en el desarrollo de investigación analítica de la producción fuera de la zootecnia y veterinaria, repercutiendo actualmente con la prohibición de la exportación de cabras mexicanas a ciertas partes de Europa, el desaprovechamiento de fuentes de empleo y oportunidades de mercado latentes.

México es un excelente candidato para desarrollar la caprinocultura a un nivel de competencia comercial comparado con Europa, específicamente porque dispone de un mayor inventario de animales, pero además reúne las condiciones de geográficas indicadas para instaurar prácticamente puntos de producción en todo el país. Debido al nivel de adaptación que los animales demuestran.

El sistema desde su concepción se diseñó en tres etapas, 1) investigación de campo, 2) captura y estandarización de procesos y 3) optimación de operaciones. Estas fases permitieron concebir cuatro módulos provenientes de la observación y estandarización de eventos en una sucesión lógica componiendo procesos y desempeñando funciones mediante políticas para salvaguardar la actividad productiva y su autogestión, esta estratificación se llevó a cabo en las primeras dos etapas por medio del diseño y aplicación del software (caprino 1.0) que permitió la medición de las actividades cuantitativas y cualitativas de significancia para el sistema, el cual aplico un entorno de control evocando parámetros definidos: internos y externos, según la naturaleza del módulo analizado.

Al analizar los módulos documentados y estandarizados previamente bajo cierto grado de colectividad se determinaron las actividades críticas de la secuencia de información del proceso, las cuales fueron optimizadas de manera analítica y operativa con la propuesta de una distribución estadística que permite la pronosticación de leche, la sincronización de la demanda y el diseño de los procesos genéricos para la generación de políticas de funciones de cada unidad productiva mostrando de esta manera la robustez del modelo diseñado y automatizado integralmente.

Una de las situaciones de mayor relevancia en el trabajo fue la sincronización de la demanda de la leche, ya que tradicionalmente en México es considerado un producto de bajo valor en comparación con lo que representa el consumo de carne, lo que se atiende por medio del modelo estadístico para proyectar la producción de esta manera el control de todo el sistema es adaptativo, es decir que un punto de producción tendrá diferentes atributos de operación dependientes de su misma naturaleza, lo que hace visualizar el avance relativo de la producción.

La producción animal es una actividad integra en donde todos los factores internos y externos juegan un papel importante para el desarrollo, el modelo productivo descrito en este trabajo marca parámetros genéricos que atienden a algunas de las necesidades captadas en la etapa de investigación que trabajan de forma conjunta, esta propiedad permite aplicar la metodología del trabajo para atender producción animal en otras especies



## Aspectos Administrativos

El presente trabajo es el resultado de una investigación realizada en los estados de Querétaro, Sinaloa, Zacatecas y CDMX financiada en su totalidad por el autor.

La investigación tuvo una duración aproximada de dos años (2014-2016).

El trabajo de campo en cuanto a zootecnia fue supervisado por los doctores y catedráticos de la UNAM Abel Manuel Trujillo García y Andrés E. Ducoing Watty.

Las mediciones y obtención de datos se realizaron en las empresas Granja del Carmen SA de CV y Rancho Los Kellytes SA de CV de R.L.

El Software desarrollado para la clasificación de información es de licencia libre.

