



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Propuesta metodológica para la recolección de leche en Colombia caso de estudio: provincia de Sugamuxi (Boyacá)

José Camilo Quintero Chamorro

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería
Bogotá D.C., Colombia
Año 2013

Propuesta metodológica para la recolección de leche en Colombia caso de estudio: provincia de Sugamuxi (Boyacá)

Jose Camilo Quintero Chamorro

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ingeniería Industrial

Director:
Wilson Adarme Jaimes. Phd

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería
Bogotá D.C., Colombia
Año 2013

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado con la supervisión académica del profesor Wilson Adarme Jaimes PhD director del grupo de investigación Sociedad Economía y Productividad SEPRO a quien expreso mi más profunda gratitud por brindar la oportunidad de trabajar bajo su supervisión en el proyecto de Tesis. Gracias a su apoyo, paciencia, sugerencia y dedicación se hizo posible la elaboración de este trabajo de grado

Mi sincero agradecimiento al profesor Hugo Felipe Salazar de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y a sus estudiantes de pregrado en Ingeniería Industrial Ferney Vargas y Omar Boyacá por su valiosa participación en la recolección de la información y su apoyo incondicional en la creación de este documento.

A mi compañero de Maestría Cesar Hernando Guzmán porque sin su apoyo, compañía y amistad no hubiera sido posible terminar esta tesis de maestría. A Sebastián de Jesús Polania por sus consejos durante el desarrollo de la investigación

Agradezco a mis padres por sus enormes esfuerzos, comprensión, cariño y amor hicieron posible cursar en esta gran Universidad mi grado y posgrado,

A los Centros de Acopio y productores de la provincia de Sugamuxi por la valioso aporte a este estudio.

Resumen

La logística en las cadenas de abastecimiento en el mundo se encuentran en una búsqueda permanente de mejora de sus rasgos, donde se encuentran la de reducir costos, disminución de tiempos de entrega, mejorar servicio, agregar valor a todos sus involucrados, generar rentabilidad, lo cual hace que las cadenas o “redes”¹ estén en una evolución continua para lograr ser más competitivas ante un mercado dinámico. La investigación busca el desarrollo de una metodología, articulada con la generación y aplicación de un modelo matemático, en busca de mejorar las rutas de aprovisionamiento que utiliza cada centro de acopio en el proceso de recolección de leche a los productores que se ubican en la provincia de Sugamuxi (contexto geográfico evaluado), donde se utilizó como referente teórico central el ruteo de vehículos (VRP, por sus siglas en inglés Vehicle Routing Problem).

El sector lácteos está integrado por diferentes eslabones en la cadena como son productores, distribuidores, acopiadores, industria nacional, mayorista, distribuidor local y consumidor final. Esta investigación se basó en el estudio y análisis de los centros de acopio y los productores, determinando niveles de producción, tiempo de recolección, medios de transporte, costos de aprovisionamiento para ocho (8) centros de acopio de la provincia ubicados en Sogamoso, Firavitoba, Iza, y Tibasosa con un total de 597 productores que hacen parte de esta investigación. Ellos fueron georeferenciados utilizando el sistema de posicionamiento Global GPS. El modelo final presenta las rutas deseables para el aprovisionamiento de la leche teniendo en cuenta las distancias, costos de aprovisionamiento, tipo de vehículos, capacidad de almacenamiento y capacidad de los medios de transporte.

Se presenta un propuesta metodológica para la operación donde se determina las principales actividades que debe desarrollar cada centro de acopio para lograr una adecuada administración de sus medios de transporte donde la información es primordial para la eficiente toma de decisiones; se define el modo de recolección de información en cada productor; buscando que los centro de acopio se encuentren en la capacidad de evaluar y mantener una programación de rutas adecuada, logrando un eficiente manejo de sus costos de aprovisionamiento. Este estudio se enmarca dentro de la investigación “*Diseño metodológico sobre logística de almacenamiento, adquisición, apropiación de sistemas de información y comunicación para las pymes colombianas subsector panificador*” atendiendo que la leche es un insumo básico para este sector.

Palabras clave:

Logística, VRP, Centros de Acopio, Productores, Leche fresca, Costo de transporte

¹ Christopher, M. Logistics and Supply Chain Management, 2005. Reconoce que las Cadena son en realidad, redes. Estas son organizaciones complejas independiente e interdependientes. La complejidad de estas redes ha crecido y por lo tanto, con ella la necesidad de una coordinación activa de la misma.

Abstract

The logistics of supply chains in the world is in a constant search of diverse improvements such as: reduce costs, decrease lead times, improve service, add value to all involved, generating profitability, etc. These diverse improvements make that the supply chains or "networks" are in a constant evolution to become more competitive against a dynamic market. This research aims to develop a methodology, articulated with the generation and application of a mathematical model to improve the supply routes used by each storage facility in the process of collecting milk from producers that are located in the province Sugamuxi (assessed geographical context). The province Sugamuxi was used as the central theoretical benchmark vehicle routing (VRP, for its acronym in English vehicle Routing Problem).

The dairy industry consists of different links in the stages such as producers, distributors, intermediaries, national industry, wholesale, local dealer and consumer. This research is based on the analysis of the collection centers and producers. It was determined the production levels, the time of collection, transportation, and the supply costs for eight (8) collection centers located in the province Sogamoso, Firavitoba, Iza, and Tibasosa. A total of 597 producers were involved in this research. The producers were georeferenced using the Global Positioning System GPS. The final model has the desirable routes for supplying milk considering the distances, supply costs, type of vehicle, storage capacity and transportation.

It is proposed herewith a methodology for the operation, where it is determined the main activities to be developed in each collection center for proper management of their transportation. The information is essential for effective decision making. It is defined the way of data is collected in each producer looking that the collection centers are able to assess and maintain a program of adequate routes, achieving an efficient management of their supply costs. This study is part of the research "Methodological design storage logistics, acquisition, appropriation of information and communication systems for Colombian SMEs baker subsector" taking into account that milk is a basic input for this sector

Palabras clave:

Logistics, VRP, Collection Centers, Manufacturers, Fresh Milk, Shipping Cost

Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| <i>Resumen</i> | 4 |
| <i>Índice de Ilustraciones</i> | 8 |
| <i>Índice de Tablas</i> | 9 |
| <i>Índice de Anexos</i> | 10 |
| Introducción | 11 |
| Antecedentes y Justificación | 12 |
| 1 Planteamiento del problema | 23 |
| 1.1 Objetivo general..... | 24 |
| 1.2 Objetivos específicos | 24 |
| 2 Marco Teórico | 24 |
| 2.1 Problema De Ruteo De Vehículos (VRP)..... | 27 |
| 3 Metodología del trabajo | 32 |
| 3.1 Desarrollo metodológico | 33 |
| Módulo 1: Definición..... | 34 |
| Módulo 2: Segmentación..... | 35 |
| Módulo 3: Estructuración..... | 37 |
| Módulo 4: Trabajo de campo..... | 38 |
| Módulo 5: Análisis | 40 |
| Módulo 6: Resultados | 41 |
| 3.2 Selección de muestra e instrumentos de medición | 43 |
| 4 Resultados caracterización de la región | 44 |
| 4.1 Marco Geográfico (Modulo 1: Definición) | 44 |
| 4.1.1 Delimitación del área geográfica | 46 |
| 4.1.2 Características Principales Municipios (Sugamuxi) | 46 |
| Firavitoba | 46 |
| Iza..... | 47 |
| Sogamoso | 47 |
| Tibasosa | 48 |
| 4.2 Identificación de los eslabones de la cadena (Modulo 2: Segmentación) .. | 49 |
| 4.3 Estructura de la cadena de abastecimiento (Modulo3: Estructuración) | 51 |
| 4.3.1 Productores de Leche | 52 |
| 4.3.2 Pequeños Productores | 54 |
| 4.3.3 Centros de Acopio | 56 |
| 4.3.4 Cliente Final..... | 58 |
| 4.4 Investigación de Campo (Modulo 4: Trabajo de campo) | 58 |
| 4.4.1 Diseño metodológico | 58 |
| 4.4.2 Marco Geográfico | 59 |
| 4.4.3 Fuentes de Información: | 59 |
| 4.4.4 Instrumentos para la Recolección de la Información: | 59 |
| 4.4.5 Población y Muestra: | 59 |
| 4.4.6 Métodos de procesamiento y sistematización de la información: | 60 |

| | |
|---|-----------|
| 4.5 Análisis de la investigación de campo (Modulo 5: Análisis) | 60 |
| 4.5.1 Centros de acopio..... | 60 |
| 4.5.2 Productores | 68 |
| 4.6 Propuesta metodológica para la recolección de leche (Modulo 5: Análisis) | 71 |
| 4.6.1 Metodología para la recolección de leche | 72 |
| 4.6.2 Diseño del modelo de ruteo | 73 |
| 4.7 Resultados y Validación del modelo de ruteo (Modulo 6: Resultados) | 84 |
| 5 Conclusiones y Recomendaciones | 91 |
| 6 Bibliografía | 92 |

Índice de Ilustraciones

| | |
|--|----|
| Grafico 0-1 The Supply Chain Process | 13 |
| Grafico 0-2 Costo logístico como porcentaje del PIB | 14 |
| Grafico 0-4 Producción de Leche Fresca América Latina (2010) | 16 |
| Grafico 0-3 Producción mundial de leche en miles de toneladas métricas | 16 |
| Grafico 0-5 Producción de Leche - Consumo Aparente | 17 |
| Grafico 0-6 Mercado colombiano de lácteos | 17 |
| Grafico 0-7 Provincias de Boyacá | 20 |
| Grafico 0-8 Destino de venta de la leche en la zona plana de la provincia de Sugamuxi | 21 |
| Grafico 2-1 La influencia de la optimización de operaciones en la planificación y gestión de redes de distribución de baja demanda | 26 |
| Grafico 3-1 Módulos de la metodología y contenidos | 34 |
| Grafico 3-2 Módulo Definición | 35 |
| Grafico 3-3 Módulo 2: Segmentación | 36 |
| Grafico 3-4 Módulo 3 Estructuración | 37 |
| Grafico 3-5 Módulo 4 - Trabajo de Campo | 38 |
| Grafico 3-6 Módulo 5 Análisis | 40 |
| Grafico 3-7 Módulo 5 Análisis | 41 |
| Grafico 3-8 Módulo 6: Resultados | 42 |
| Grafico 4-1 Departamento de Boyacá | 45 |
| Grafico 4-2 Mapa Provincia Sugamuxi | 45 |
| Grafico 4-3 Canales de comercialización de la leche de la provincia de Sugamuxi (Boyacá) | 52 |
| Grafico 4-4 Incremento en costos Vs Incremento en ingresos I semestre de 2011 | 53 |
| Grafico 4-5 Precio de leche fresca (\$/Litro en finca) | 54 |
| Grafico 4-6 Porcentaje de productores en cada municipio | 56 |
| Grafico 4-7 Tanque de Enfriamiento | 57 |
| Grafico 4-8 Centros de acopio provincia Sugamuxi | 61 |
| Grafico 4-9 Flujograma del proceso de acopio | 65 |
| Grafico 4-10 Medio de transporte centro de acopio | 67 |
| Grafico 4-11 Medio de Transporte centros de acopio | 68 |
| Grafico 4-12 Costos productores | 69 |
| Grafico 4-13 Porcentaje de participación costos productores | 70 |
| Grafico 4-14 Flujograma Productores | 70 |
| Grafico 4-15 Estadísticas de encuestas | 71 |
| Grafico 4-16 Rutas de aprovisionamiento centros de acopio | 74 |
| Grafico 4-18 Modelo Matemático Gams | 83 |
| Grafico 4-19 Ruta Acopio Lácteos Sogamoso | 84 |
| Grafico 4-20 Ruta de acopio el Mortiño | 85 |
| Grafico 4-21 Ruta de Acopio Agronit Iza | 86 |
| Grafico 4-22 Ruta de acopio Bosconia | 86 |
| Grafico 4-23 Ruta de Acopio AFC | 87 |
| Grafico 4-24 Ruta Acopio Agronit Tibasosa | 88 |
| Grafico 4-25 Ruta acopio el Carmen | 89 |
| Grafico 4-26 Ruta Acopio Santa helena | 90 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 0-1 Composición sectorial del valor agregado departamental</i> | 18 |
| <i>Tabla 3-1 Módulo Definición</i> | 35 |
| <i>Tabla 3-2 Módulo 2 Segmentación</i> | 36 |
| <i>Tabla 3-3 Módulo 3 Estructuración</i> | 38 |
| <i>Tabla 3-4 Módulo 4 Trabajo de Campo</i> | 39 |
| <i>Tabla 3-5 Resultados</i> | 42 |
| <i>Tabla 4-1 Aspectos técnicos de la finca lechera en Sugamuxi</i> | 55 |
| <i>Tabla 4-3 Centros de Acopio Georeferenciación</i> | 64 |
| <i>Tabla 4-4 Estructura de Costos Centro de Acopio</i> | 66 |
| <i>Tabla 4-5 Costos por tipo de vehículo</i> | 68 |
| <i>Tabla 4-6 Georeferenciación Agronitza</i> | 75 |
| <i>Tabla 4-7 Matriz de distancias (mts)</i> | 76 |
| <i>Tabla 4-8 Definición de Variables y Parámetros</i> | 76 |
| <i>Tabla 4-9 Número de productores</i> | 77 |
| <i>Tabla 4-10 Tipo de Vehículos</i> | 78 |
| <i>Tabla 4-11 Centro de Acopio</i> | 78 |
| <i>Tabla 4-12 Matriz de distancias (mts)</i> | 79 |
| <i>Tabla 4-13 Costo por vehículo</i> | 79 |
| <i>Tabla 4-14 Oferta de leche Acopio Agronitza</i> | 80 |
| <i>Tabla 4-15 Capacidad en litros centros de acopio</i> | 80 |
| <i>Tabla 4-16 Capacidad del vehículo</i> | 81 |
| <i>Tabla 4-17 Costo de rutas en la provincia de Sugamuxi</i> | 90 |

Índice de Anexos

1. *Anexo. Encuestas aplicadas*
 - I. Encuestas a productores
 - II. Encuesta a acopio
 - III. Muestra de vacunación
 - IV. Tabulación encuesta centros de acopio
 - V. Tabulación encuesta productores
2. *Anexo. Costos*
 - I. Costo de transporte
 - II. Costos centros de acopio
 - III. Costos productores
3. *Anexo. Metodología*
4. *Anexo. Video cargue carro tanque*
5. *Anexo. Modelación y Georeferenciación*
 - I. Modelo en Gams
 - II. Georeferenciación Rutas
 - III. Mapas provincia Sugamuxi
 - IV. Matriz de Distancias
 - V. Red de suministros de proveedores
6. *Anexo. Fichas Técnicas de Centros de Acopio*
7. *Anexo. Registro Fotográfico*

Introducción

Esta investigación desarrolla la caracterización de la cadena láctea en la provincia del Sugamuxi, en esta provincia sus actividades económicas con un 26.10% giran en torno a la agricultura y la ganadería, (GOBERNACION DE BOYACA, Secretaria de fomento agropecuario, 2011) resultado de la producción y comercialización de cada una de sus especies, y de los productos que de estos se adquieren como la leche y la carne. La investigación se realizó en el marco de la investigación “diseño metodológico sobre logística de almacenamiento, adquisición, apropiación de sistemas de información y comunicación para las pymes colombianas subsector panificador” financiado por Colciencias y Universidad Nacional de Colombia, QUIPU 202010016829.

La producción, acopio y transformación de la leche son actividades que se realizan en los trece municipios de la provincia, mostrando que una gran proporción de su población se dedican a estas actividades, las cuales conforman una cadena de abastecimientos que ha estado descuidada, motivo por el cual se muestra una baja competitividad en el sector y bajos rendimientos monetarios para las personas que se dedican a estas actividades.

El desarrollo metodológico de la caracterización está integrado por seis módulos secuenciales; en los primeros dos módulos se desarrolla la identificación de los integrantes de la cadena de abastecimiento, junto con una ubicación de los productores y la georeferenciación de los centros de acopio que se encuentran en la provincia. En los módulos tres y cuatro se inicia con la caracterización de los nodos, haciendo énfasis en los centros de acopio y productores de la provincia; estos cuatro primeros módulos involucran la caracterización de la situación actual de cadena. En los últimos dos módulos se define una metodología para establecer un plan de mejora para la cadena láctea de la región, donde se propone un sistema de recolección de los centros de acopio a los productores en la provincia de Sugamuxi, el cual es debidamente analizado y simulado, para la identificación de sus efectos al ser implementado.

Antecedentes y Justificación

Las organizaciones se encuentran en un mundo globalizado donde, el carácter cambiante del entorno empresarial provoca que las decisiones a tomar sean cada vez más complejas. Muchas organizaciones se enfrentan en la actualidad con problemas relacionados con el movimiento de personas, mercancías o de información donde las redes de transporte existentes pretende satisfacer los deseos de movilidad, constituyendo una función de creciente importancia estratégica para las industrias. El reto de movilidad es cada vez más grande en todo el mundo, las necesidades de movilidad son más complejas que implican un alto costo donde las compañías están obligadas a innovar.

“Las compañías se concentraban en mejorar los procesos, actividades que podían diseñar, operar y controlar dentro de las áreas de la organización. Las actividades correspondían a los diferentes departamentos de la compañía: procesos de compras, de producción, de distribución. La situación ha cambiado, poco puede mejorarse si no se toma en cuenta la cadena de abastecimiento en su totalidad, desde proveedores hasta consumidores finales, independientemente de la posición que tenga la organización en su cadena de abastecimiento. En este sentido, la cadena de suministros se implementa para mantener las empresas en la dirección de sus objetivos de rentabilidad y en la consecución de su misión, así como para minimizar las desviaciones que se produzcan, una vez planificadas las actividades, a causa de factores externos e internos. Ellas le hacen posible a la administración negociar en ambientes económicos y competitivos rápidamente cambiantes, ajustándose a las demandas y prioridades de los clientes, reestructurándose para el crecimiento futuro” (MORALES CHAVEZ, 2011).

Las oportunidades se encuentran ahora con la integración y la coordinación de los procesos a lo largo de la red logística, con colaboración entre sus componentes. La planificación de la cadena de suministro y su operación logística cobra cada vez más importancia, tanto en los países desarrollados como en los países emergentes; la planificación (vista en el marco de la coordinación logística) implica determinar un plan de recorridos, frecuencias, horarios, asignación de personal, tiempos de entrega, inventarios y flota, en lo posible buscado la maximización en la calidad del servicio con el mínimo costo, si se quiere lograr dicho efecto (la minimización de los costos asociados a la operación de la red de abastecimiento manteniendo un buen nivel de servicio) se requiere formular una estrategia en la que se hace necesario abordar y determinar cada uno de los siguientes factores *Vidal et al (1997)*:

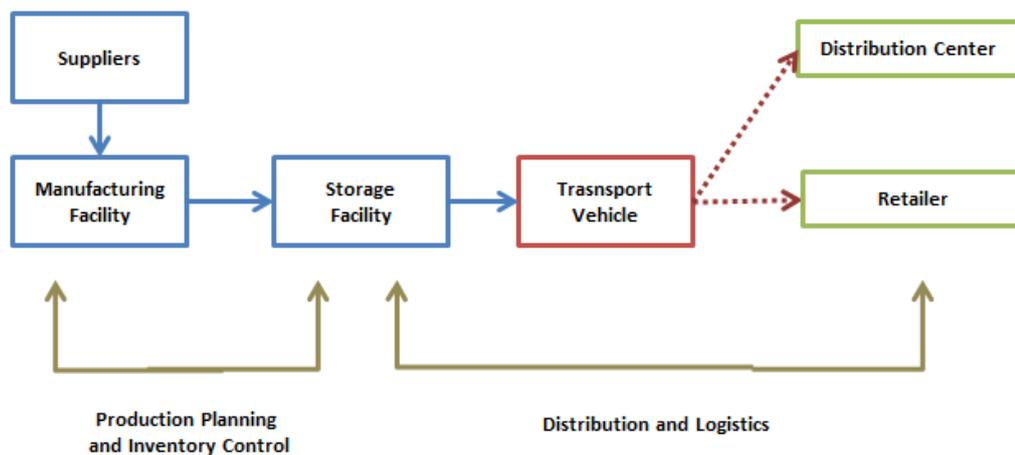
- El número, ubicación, capacidad de plantas de producción y almacenes
- El conjunto selecto de proveedores
- Los canales de transporte a utilizar
- La cantidad de materias primas, productos para transportar entre proveedores, plantas, almacenes, y clientes

- La cantidad de materias primas, productos intermedios y productos acabados para la ubicación en las diversas localizaciones en el inventario.

La cadena de suministro se visualiza como un sistema donde cada uno de los eslabones que la componen están interconectados e interactúan entre sí en búsqueda de un objetivo en común; cada eslabón es indispensable en la cadena y cualquier variación positiva o negativa en uno de ellos presenta consecuencias en la calidad del servicio prestado al cliente final. ; “Una cadena es tan fuerte como el más débil de sus eslabones”. En su más alto nivel, una cadena de suministro posee dos procesos básicos integrados (BEAMON, 1998) :

- (1) la planeación de la producción y el proceso de control de inventarios
- (2) Proceso de distribución y logística.

Grafico 0-1 The Supply Chain Process



BEAMON, B. M. (1998). Supply chain design and analysis: Models and methods. *Int. J Productions Economics* 55 , 281-294.

Las redes y los flujos de las compañías se deben diseñar, planear, organizar y gestionar de modo que se alcancen objetivos económicos que esperan las compañías; estos sistemas logísticos, a su vez, deben satisfacer las regulaciones legales en materia de tráfico, leyes laborales, manipulación de carga y otras imposiciones de diversa índole; además deben contemplar los problemas ambientales originados por las emisiones de gas, ruido y residuos; este es el medio ambiente donde las organizaciones interactúan

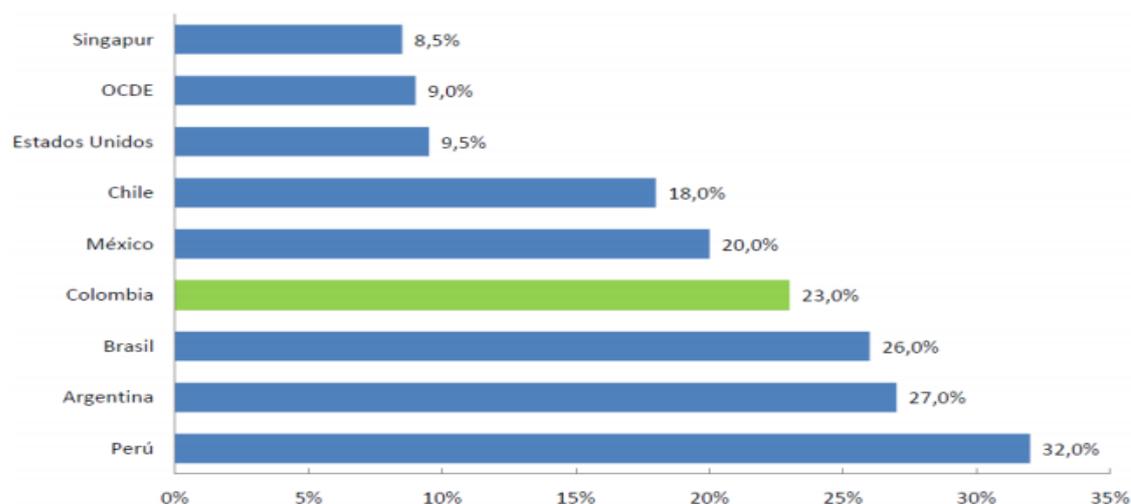
La respuesta ágil y eficiente al mercado constituye una de las principales ventajas competitivas de las empresas; una organización obtiene oportunidades si pretende para sus clientes cualquier pedido en el menor tiempo posible y a un coste inferior al de su competencia. Tal y como indica el Libro Verde del Transporte en España (COMISIÓN DE TRANSPORTES DEL COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, 2001), el transporte sólo entiende de eficiencia y eficacia, de funcionalidad y coordinación y de calidad, y así lo consideran sus usuarios, elevados a la categoría de clientes.

Los problemas aparejados con la toma de decisiones, que generalmente se presentan en las empresas, se plantean en un entorno donde los recursos son escasos (personal, presupuesto, tiempo), o donde deben cumplirse determinados requisitos mínimos (producción, horas de descanso, tiempos de entrega, calidad), que condicionan la elección de la solución adecuada, ya sea en el ámbito estratégico, táctico e incluso operativo (YEPES PIQUERAS, 2002).

La logística engloba un conjunto de actividades que están relacionadas con el flujo de bienes que según el nivel de actividad se permite reducir los costos y optimizar el uso de los recursos; los costos logísticos son aquellos en los que se incurre para llevar el producto correcto, a la ubicación correcta, en el tiempo correcto. El proceso de distribución de mercancías viene influenciado por multitud de factores pero siempre está dentro de un núcleo social donde afecta la productividad y competitividad de un país o región. Según el estudio de “Infraestructura Logística y de calidad para la competitividad de Colombia” que desarrollo el Banco Mundial afirma que entre el 2007 y 2012 Colombia avanzo 18 puestos en el ranking de desempeño logístico; Colombia ha mejorado significativamente en los componentes de aduanas, infraestructura, idoneidad logística y puntualidad; sin embargo se desmejoró en la trazabilidad de carga y en los costos logístico en mismo periodo ;los costos logísticos colombianos (23,0%) están por arriba del promedio de Brasil (26%) y Argentina (27%), sin embargo, son menores a mercados más desarrollados (Chile 18%) (Gráfico 0-2).

Es el reflejo de falencias en la infraestructura, pero también de la falta de corredores logísticos apropiados que integren diferentes modos de transporte. En Europa por ejemplo, más de 60% del transportes multimodal, mientras en Colombia es apenas 1,5% (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, 2010).

Gráfico 0-2 Costo logístico como porcentaje del PIB



BARBERO, J. A. (2010). La logística de cargas en América Latina y el Caribe: una agenda para mejorar su desempeño. *Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Infraestructura y Medio Ambiente*.

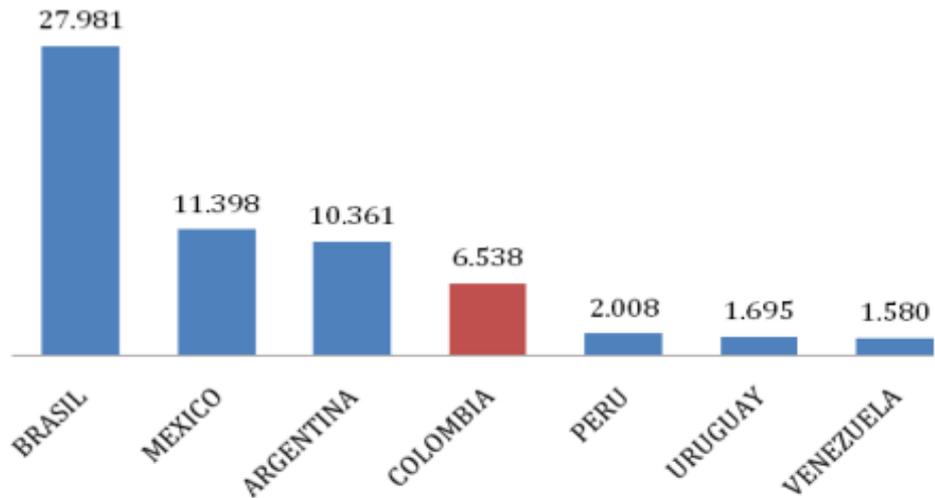
En Colombia, el transporte terrestre automotor de carga tiene una marcada importancia social y económica, al tratarse de un servicio público esencial que une los aparatos industriales y comerciales con el consumo de los colombianos, el camión es el modo de transporte más importante, dando cuenta del 81% de la carga transportada. El desempeño de la industria camionera es pobre, caracterizada por un alto nivel de atomización e informalidad, mientras que la edad media de los equipos es superior a los 20 años; el censo del Ministerio de Transporte sobre la edad de los camiones en Colombia da cuenta de 29.525 automotores entre 15 y 25 años de servicio y 55.053 camiones con más de 25 años. También se han detectado 47 camiones con 72 años de uso, y 24.991 en un rango de 71 y 42 años de servicio (JIMENEZ, 2012).

Adicionalmente, subsisten problemas como limitados servicios especializados y una limitada flota de remolques para contenedores. La falta de eficiencia en las operaciones del sector surge como un limitante constante para el sector productivo, que muestra la necesidad de una reforma comprensiva. Se trata de un sector especialmente crítico para los costos y calidad de servicio de la logística, operado exclusivamente por el sector privado, donde una visión de largo plazo, el régimen regulatorio y las acciones de los operadores son claves (BANCO MUNDIAL, 2006).

Dadas las condiciones geográficas, localización de las ciudades, centros de producción y los mercados, es sustancial el impacto que el transporte por camión tiene sobre la calidad y el servicio logístico. En general, algunas firmas colombianas han desarrollado estándares de gestión adecuados de sus redes de abastecimiento; sin embargo, hay sectores y empresas medianas y pequeñas a las que les resulta más difícil modernizar sus procedimientos logísticos. Las acciones para mejorar el desempeño de las empresas consisten en apoyar y promover el desarrollo logístico de los diferentes sectores.

Uno de estos sectores que se pretende abordar es el de los lácteos, este representa en Colombia el 1% de la producción mundial, ocupando un discreto lugar entre los grandes productores de leche del planeta. Lugar que adquiere importancia si la comparación se hace entre los países latinoamericanos pues allí sólo somos superados por Brasil, México y Argentina (Gráfico 0-4). Colombia cuarto productor de leche en América Latina con un volumen aproximado de 6.500 millones de litros anuales, el tercer mercado en ventas de lácteos en América Latina, con un valor anual US\$ 2.862 millones, acceso preferencial en mercados como la CAN, Mercosur, Chile, Cuba, Canadá, México, UE (PROEXPORT COLOMBIA, 2011).

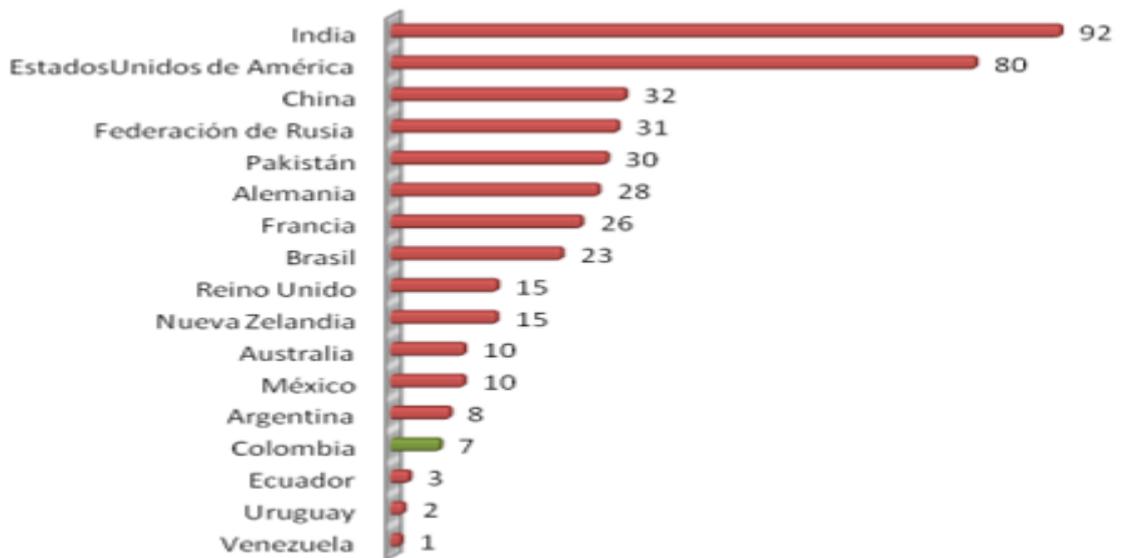
Grafico 0-3 Producción de Leche Fresca América Latina (2010)



PROEXPORT COLOMBIA. (Enero de 2011). Sector Lacteo en Colombia.

La producción mundial de leche fresca es Estados Unidos después de la segunda guerra mundial, producto es prioritario dentro de la política de seguridad alimentaria de ese país. Otros países relevantes como productores son Rusia, Alemania, Francia y Brasil, cuyas participaciones se encuentran entre el 3% y el 6% del total (Gráfico 0-3). Sin embargo, de esos países, los únicos que presentan tasas de crecimiento significativas son Estados Unidos, India y Brasil, con el 1,3%, 4,2% y el 3,4% anual, respectivamente. (MOJICA, Marzo 2010)

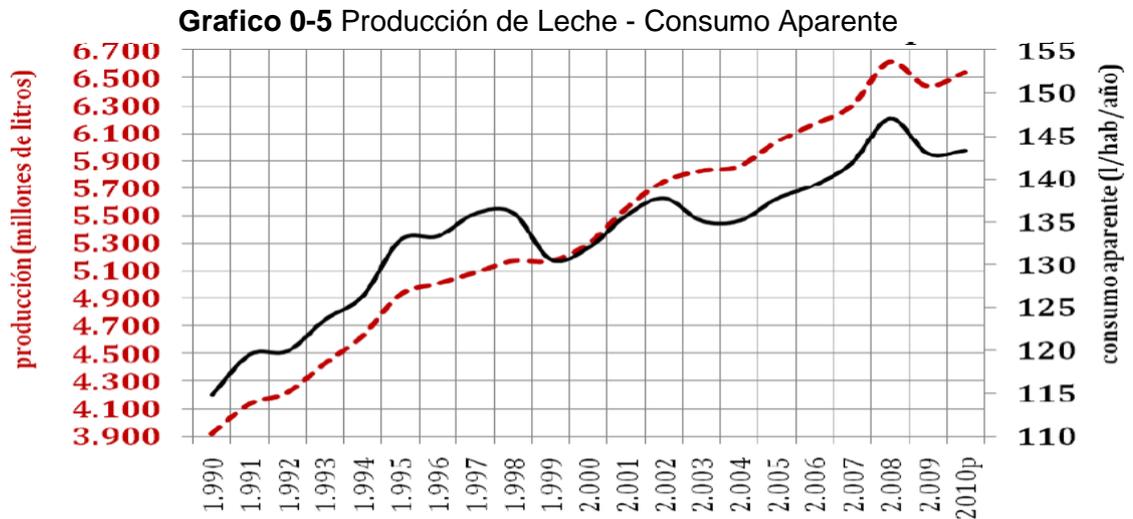
Grafico 0-4 Producción mundial de leche en miles de toneladas métricas



MOJICA, F. J. (Marzo 2010). El futuro de la industria láctea Colombia. Bogotá

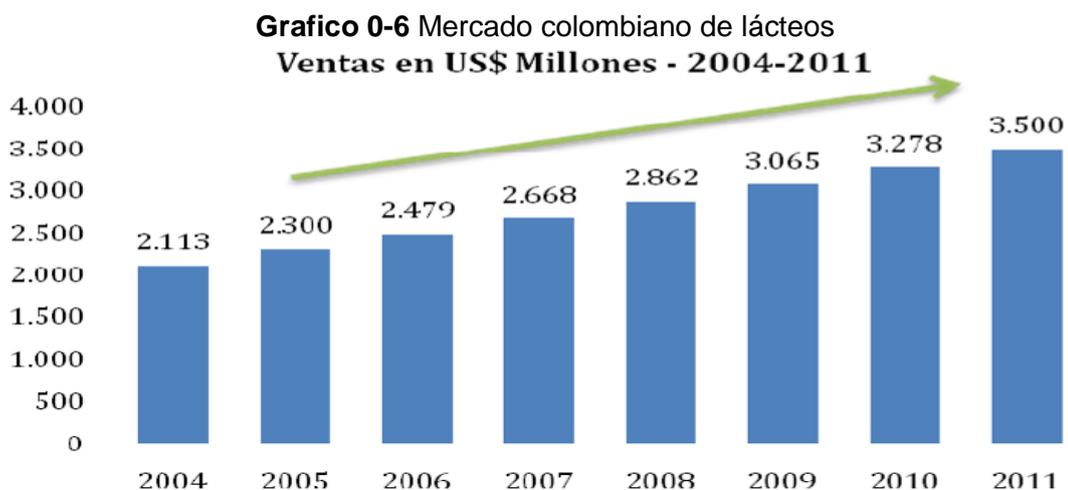
El volumen total de producción en Colombia pasó de 2.000 millones de litros en 1979 a 6,500 millones en 2010 (Gráfico 0-5). Con una tasa de crecimiento promedio de 3.5% (PROEXPORT COLOMBIA, 2011). La dinámica en la producción primaria se da gracias a las innovaciones en los sistemas de alimentación y manejo del ganado,

mejoramiento genético de los hatos, principalmente por compras y renovación de especies altamente productivas. El aumento en la producción de leche en Colombia se ha dado conjuntamente con un incremento en el consumo de lácteos de la población.



PROEXPORT COLOMBIA. (Enero de 2011). Sector Lácteo en Colombia.

Las proyecciones apuntan a que el mercado colombiano continuará en expansión, de manera que en 2011 las ventas de productos lácteos llegarán a US\$ 3.500 millones, es decir un 22% por encima del valor estimado para 2008 (Gráfico 0-6). Colombia cuenta con un amplio portafolio de empresas dedicadas a la producción, transformación y comercialización de lácteos, las cuales están ubicadas en diferentes zonas del país y poseen un gran conocimiento del consumo y las redes de distribución nacionales, factores que hacen de las empresas colombianas, potenciales socios estratégicos para las compañías extranjeras que decidan adelantar un plan de negocios en nuestro país (PROEXPORT COLOMBIA, 2011).



FEDEGAN. (2011). *La ganadería colombiana y las cadenas lácteas*. Bogotá.

Gran parte del volumen de leche cruda es aportado por las regiones central del país con un 41% que incluye los departamentos de Boyaca, Cundinamarca, Santander y Tolima. En promedio, entre 1995-2006 el departamento de Boyacá fue el tercer productor nacional de leche, después de Antioquia y Cundinamarca, participando con un 9% (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION, 2007). Se presenta a continuación la composición sectorial del departamento donde se observa una alta participación del agro en su economía con un 19,8% (Tabla 0-1).

Tabla 0-1 Composición sectorial del valor agregado departamental

| | Sector | Participación % sectorial Boyacá | Participación % sectorial país |
|---|---|----------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. | 19,80% | 13,41% |
| 2 | Servicios públicos (electricidad, gas, agua, transporte y comunicaciones). | 14,32% | 11,52% |
| 3 | Industria. | 13,69% | 15,41% |
| 4 | Educación, salud, servicios comunitarios y servicio doméstico. | 11,87% | 10,95% |
| 5 | Administración pública. | 11,75% | 8,37% |
| 6 | Intermediación financiera y actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler. | 9,90% | 18,15% |
| 7 | Comercio, hoteles y restaurantes. | 8,68% | 11,63% |
| 8 | Construcción | 5,08% | 5,78% |
| 9 | Minería. | 4,93% | 4,77% |
| | Total | 100% | 100% |

Fuente: DANE

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA DE COLOMBIA. (2007). *Censo de producción de leche industrial.*

La economía boyacense ha registrado en los últimos años una recomposición de su estructura productiva que ha privilegiado el sector de servicios, dejando atrás la vocación agrícola de antaño. A la par de esta reestructuración económica se ha evidenciado un lento crecimiento económico que ha repercutido en la contracción del ingreso personal de la población del departamento (GONZALES, 2010). La producción de leche a pesar de ser la actividad pecuaria más importante en la región de estudio no es la principal actividad económica de los propietarios debido a que estos desarrollan actividades diferentes a la producción de leche por tener profesiones diferentes a las agropecuarias (ANDRADE, MANRIQUE, & PETERS, 2008).

La problemática nacional del sector, no ha sido ajena a los productores rurales, quienes se encuentran ubicados en su mayoría en zona de economía campesina de concentración minifundista, con un baja cobertura de infraestructura para el desarrollo de la agroindustria; impactado con altos costos de producción, escasez de mano de obra, abandono del campo por parte de la población joven, obtención de bajos precios en la venta de los productos y la afectación por los efectos de variaciones climáticas. (GOBERNACION DE BOYACA, Secretaria de fomento agropecuario, 2011).

El 10% de los pequeños productores manifestaron tener problemas por malas vías de acceso, el 70% problemas de capital, el 10% problemas de inseguridad, el 45% la extensión de la finca, el 10% falta de pastos; sin embargo, ninguno de ellos desea

vender la finca; el 80% de los ganaderos desea aumentar la producción de leche para mejorar sus ingresos. (ANDRADE, MANRIQUE, & PETERS, 2008) Se debe tener en cuenta que la economía campesina se realiza en predios minifundistas en donde se combinan la alimentación familiar como producción y el ingreso familiar por lo general no solo hay una actividad, ni un sólo cultivo y estas se interrelacionan agricultura – ganadería – otras, siendo intensivo el uso de la mano de obra. (GOBERNACION DE BOYACA, Secretaria de fomento agropecuario, 2011)

Las limitantes encontradas en fincas de sistemas de producción de leche especializada en el Altiplano Boyacense fueron: la falta de análisis de registros, la falta de implementación de metas, la falta de planes de prevención de enfermedades, bajas producciones por vaca/ día, altos costos de producción al compararlos con otras regiones. Se deberá analizar la producción, asociatividad, calidad de producto, competencia, logística para la comercialización, mercados, red vial, servicios públicos, entre otros, para dimensionar el tipo de agroindustria que asegure un mayor ingreso a los medianos y pequeños productores. Los pequeños productores en clúster agroindustriales requieren contar con equipos que mantengan la cadena de frío, así mismo en diferentes zonas del departamento con centros de acopio de leche los cuales son fundamentales para avanzar en proyectos de logística para la comercialización del producto. (GOBERNACION DE BOYACA, Secretaria de fomento agropecuario, 2011)

Una de las provincias que produce leche es Sugamuxi (Gráfico 0-7); esta provincia hace parte del sistema de producción lechera de la cuenca del alto Chicamocha y como subsistema cuenta con propios elementos de producción y comercialización de la leche. La provincia de Sugamuxi está delimitada por características de orden geográfico, social, económico y cultural, dando origen a los variados procesos de productividad, a los canales y márgenes de comercialización de la leche en la provincia. Según Gonzales (2010), “es necesario retomar la estrategia reindustrializadora, apalancada en el transporte y el comercio. El elevado peso de los servicios debe llevar a reforzar la cadena de valor entre las actividades agroindustriales y la infraestructura de servicios”.

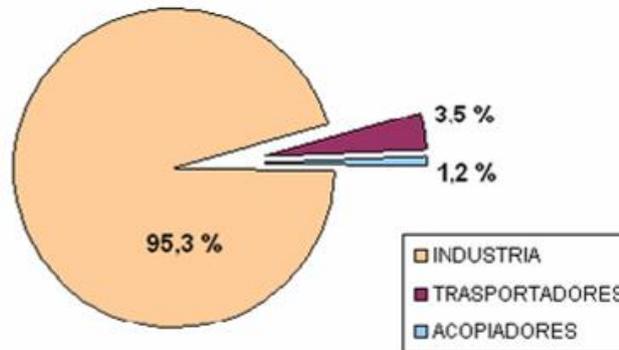
Grafico 0-7 Provincias de Boyacá



Departamento de Boyacá Gobernación. "Ordenanza número 010 de 2008". p. 9. Documento Electrónico.

La leche producida se vende en un 95.3% a la industria, 3.5% a los intermediarios transportadores y 1.2% a acopiadores en la provincia de Sugamuxi (Gráfico 0-8), Este canal de comercialización de leche cruda es común en las provincias de los países en vía de desarrollo, puesto que están cercanas a las zonas de producción. Los sistemas de comercialización presentes en las provincias, al no estar desarrollados, conllevan a que los productores perciban un margen de participación mayor en la cadena y a un bajo precio pagado por el consumidor, a causa del reducido valor agregado del producto. Según los precios de venta se encontró un Margen Bruto de Comercialización que el 35.4% hace parte del transportador y la participación al productor es del 64.6% (RODRIGUEZ, MUÑOS, TELLEZ, & CUBILLOS, 2005)

Grafico 0-8 Destino de venta de la leche en la zona plana de la provincia de Sugamuxi



RODRIGUEZ, P., MUÑOS, G., TELLEZ, G., & CUBILLOS, A. (2005). Canales y márgenes de comercialización de la leche de la zona de la ladera de la provincia de sugamuxi (Departamento de Boyacá). *Revista de Medicina Veterinaria* (9), 59-68.

Evaluando la cadena por su ineficiencia utilizando como referencia ha sido tratado por diferentes investigaciones y trabajos en los que están la gobernación de Boyacá (2011), Gonzales (2010), Andrade, *et al.* (2008), Cuellar, *et al.* (2006) Rodríguez, *et al.* (2005), se encuentran que en varios puntos de la comercialización la operatividad no garantiza el funcionamiento adecuado, destacándose los siguientes criterios de ineficiencia:

- Los transportadores que ejercen una función de comercialización son personas naturales que fundamentan en esta su actividad económica y laboral, y que en promedio tienen poca formación y medios para ofrecer un servicio de recolección, distribución y venta de leche en calidades aceptables. En su totalidad este tipo de transporte es informal (camioneta, camión de estacas, automóvil, moto.) careciendo de refrigeración, así mismo los equipos y su mantenimiento no son adecuados.
- Tamaño de los hatos: la producción se presenta atomizada no facilitando su acopio.
- Sistema de recolección: se repiten las rutas entre empresas para una misma zona, haciendo la recolección dos veces al día y con vehículos no aptos para el transporte de leche.
- Nivel de procesamiento: la capacidad instalada de las empresas no abastecen la producción potencial de la región dadas reducidas proyecciones de crecimiento.
- Sistemas de distribución: poco apoyo a los productos procesados de la región por parte de los distribuidores, así como bajas garantías de los productos.
- La falta de cultura asociativa, de integraciones verticales u horizontales y la escasa planificación y administración adecuada de camiones y rutas de transporte parece ser uno de los principales problemas para los integrantes de la cadena quienes la convierten ineficiente y de baja competitividad

- El sector lechero cuenta con problemas de financiamiento, capacitación, asistencia técnica, equipo, infraestructura, servicios públicos entre otros y su condición actual está en desventaja ante la competencia que pueden evitar que el transporte, sea la principal causa del deterioro de la leche.

La leche, que es una materia prima que se contamina fácilmente y de forma acelerada, su transporte está tardando entre tres a cuatro horas en llegar desde finca a las plantas procesadoras (CUELLAR & ZORRO, 2006). A esto debe sumarse el tiempo que la leche demora en ser procesada dentro de las plantas por diferentes problemas o cuellos de botella en el flujo de procesamiento. Lo que alarga el tiempo hasta más de seis horas desde el ordeño hasta el proceso. Actualmente para trasladar los volúmenes de leche que se entregan por los productores, se requiere de un alto nivel de organización de los equipos por cada una de las rutas, para asegurar que el alimento llegue en buen estado técnico hasta la fábrica

La leche necesita condiciones especiales de transporte como rapidez, puntualidad y eficiencia, pero se presenta el problema del alto costo del transporte. Una mejora en la organización de la comercialización, consistiría en la optimización en el uso de recursos e infraestructura con que cuenta la provincia. Se debe mencionar un programa específico encargado de buscar solución a los problemas de manejo y transporte de leche cruda a objeto de lograr que el producto final no sufra pérdidas en su cantidad y calidad, propuesta de esta tesis.

Fortalecer la agroindustria como eje articulador de cadenas productivas, dotar y rehabilitar la infraestructura sectorial prioritaria que permita mejorar la competitividad regional, Incrementar el comercio de productos agropecuarios en mercados nacionales e internacionales, promover el desarrollo de la producción, agrícola, pecuaria y forestal sostenible competitiva y de bajo impacto ambiental, apalancar recursos de inversión del orden nacional e internacional para proyectos productivos y de seguridad alimentaria, seguimiento y evaluación a la prestación del servicio de asistencia técnica a pequeños y medianos productores. Propiciar condiciones de competitividad para que los productores tengan acceso a los diferentes mercados, promoviendo en el departamento proyectos que permitan el acceso a los pequeños y medianos productores a asistencia técnica, infraestructura para la productividad, reducción de riesgos agroindustria, logística para la comercialización, entre otros, reduciendo la desigualdad en el campo. (GOBERNACION DE BOYACA, Secretaria de fomento agropecuario, 2011)

En el capítulo uno (1) se presenta el planteamiento del problema, el cual se ha evidenciado en el presente aparte, además se define los objetivos del estudio y se plantea la necesidad de abordar la problemática de la producción de leche en la provincia de Sugamuxi.

1 Planteamiento del problema

La principal actividad económica del Departamento de Boyacá es la producción de leche y una de las provincias más productoras es Sugamuxi. Esta provincia hace parte del sistema de producción lechera de la cuenca del alto Chicamocha y como subsistema cuenta con propios elementos de producción y comercialización de la leche.

Las limitantes presentadas en los antecedentes y la justificación, donde se muestra la necesidad del sector en lo correspondiente a la competencia logística en la cadena láctea del Altiplano Boyacense, la necesidad de atacar el problema del ruteo de vehículos VRP el cual genera altos costos de distribución, que impactan en la eficiencia de la cadena, por la falta de información de los productores, falta de análisis de registros, la falta de planificación del transporte, calidad de la red vial, y los medios de recolección.

La metodología propuesta busca el mejor aprovechamiento de los recursos y al mismo tiempo incrementar la satisfacción de los productores en el proceso de recolección de leche, el impacto que tendrá implica asumir un nuevo paradigma para las pequeñas empresas. Una de las mayores justificaciones es entregar a la empresa de alimentos una respuesta a los problemas de distribución que presentan, buscando comodidad y flexibilidad en sus sistemas de transporte; se quiere lograr aprendizajes comprensivos, globalizados y relacionados en cuanto a la logística y distribución, de modo que sean efectivos en situaciones nuevas y sirvan para seguir educando ante las crecientes y múltiples oportunidades de aprendizaje que genera las empresas colombianas, además se considera que no hay estudios acerca de la implementación del VRP en aplicaciones reales en esta zona del país, la cual resulta altamente significativa para el sector lácteo en la provincia de Sugamuxi.

La hipótesis del trabajo se enfoca en poder lograr una mejora considerable en el desempeño de la cadena, mediante la aplicación de una estrategia reconocida a nivel académico para el ruteo de vehículos, de manera que sea posible ejecutarla mediante una herramienta metodológica.

Para el presente caso y en general en un entorno como el brevemente descrito, una estrategia basada en criterios VRP puede ser una alternativa funcional, como una aproximación a buscar un ahorro significativo en los costos de la cadena, en tanto se realice una inversión en sistemas de comunicación o se contemple algún mecanismo que permita compartir información.

La investigación busca, bajo el referente de la estrategia VRP mostrar si es posible mediante una metodología, lograr una reducción en los costos de recolección de la cadena de abastecimiento entre los nodos de acopio y producción en la provincia de Sugamuxi (Boyacá). Se realizará la validación, se propone el modelo metodológico, el modelo matemático corresponde a un modelo exacto por la búsqueda de planteamiento cuya respuesta se acerque más al óptimo real. Se ha tomado como

punto de partida los enfoques de Xia et al (2012) y Baldacci et al (2012) de acuerdo al tipo de estrategia y consideraciones adicionales para realizar el modelo matemático, teniendo en cuenta los principios del VRP que busque minimizar tiempos y costos asociados al transporte, mejorando el servicio a los productores se formula el problema de la siguiente manera.

El desarrollo de una propuesta metodológica con la aplicación de técnicas de optimización para el problema de ruteo de vehículos, reducirá los costos asociados al aprovisionamiento de leche en la provincia de Sugamuxi (Boyacá), de acuerdo con sus características particulares?

1.1 Objetivo general

- Diseñar una propuesta metodológica validada mediante la aplicación de técnicas de optimización que permita determinar mejores rutas de recolección en la cadena láctea.

1.2 Objetivos específicos

- Analizar las condiciones de transporte, medios y capacidad recolección en la cadena lácteos
- Parametrizar los datos adquiridos en la fase exploratoria de esta investigación
- Proponer un modelo matemático para atacar el problema de VRP en la cadena de lácteos, dentro del marco de la metodología prevista.
- Validar el modelo propuesto y presentar resultados que de allí se deriven.

2 Marco Teórico

Los costos de transporte forman parte de uno de los componentes controlable en la cadena de valor agregado. Muchas decisiones estratégicas que aparecen en logística pueden ser acompañadas de modelos operativos (SOLOMON, 2001). Es pertinente evaluar las diferentes rutas de transporte y los medios utilizados por los productores de leche para la recolección y envío a los diferentes clientes mostrando un clásico problema de ruteo de vehículos. El problema de Ruteo de Vehículos es uno de los problemas NP – hard de optimización combinatoria más conocidos, la solución de este problema busca minimizar la distancia recorrida satisfaciendo la demanda de todos los clientes, sujeto a la capacidad de los vehículos, y los tiempos de entrega.

Para satisfacer necesidades de la empresas buscando soluciones adecuadas aprovechando los recursos disponibles surgen métodos que los científicos han aplicado para mejorar eficacia, efectividad y los resultados de las operaciones presentes en las complejas organizaciones industriales, administrativas, militares, sanitarias, económicas, etc., con el propósito de construir modelos matemáticos que simulen aquellas situaciones reales en los que se está obligado a tomar una decisión. Aceptada una representación simplificada de una parte o del total de la realidad, los efectos de los cambios en las operaciones sometidas a estudio pueden desarrollarse

y predecirse de forma cuantitativa. En la búsqueda de métodos más confiables para la toma de decisión surge la investigación de operaciones donde se podrían buscar sus antecedentes en las postrimerías del siglo XIX con los trabajos sobre modelos lineales debidos a Jordan, Minkowski, Farkas y otros, y también en las aportaciones de Erlang sobre fenómenos de espera en la década de los veinte, e incluso en los primeros modelos de programación lineal matemática en economía debidos a Quesnay (siglo XVIII) y Walras (siglo XIX), que fueron perfeccionados por autores como Von Neumann, Kantorovich y Dantzig.

El término “Investigación Operativa” apareció durante la Segunda Guerra Mundial en los ejércitos Británico y Norteamericano en el contexto de la resolución de problemas tácticos y estratégicos. Al terminar la contienda bélica, las técnicas pasaron a la industria, la administración, las universidades, etc. Estas posibilidades de aplicaciones de la investigación operativa podría ser fácilmente ampliado a otros casos y circunstancias. Sin embargo, hay que señalar que no se trata únicamente de aplicar modelos matemáticos complejos, sino también de su adaptación a la realidad de la empresa y de una interpretación de los resultados que generen dichos modelos.

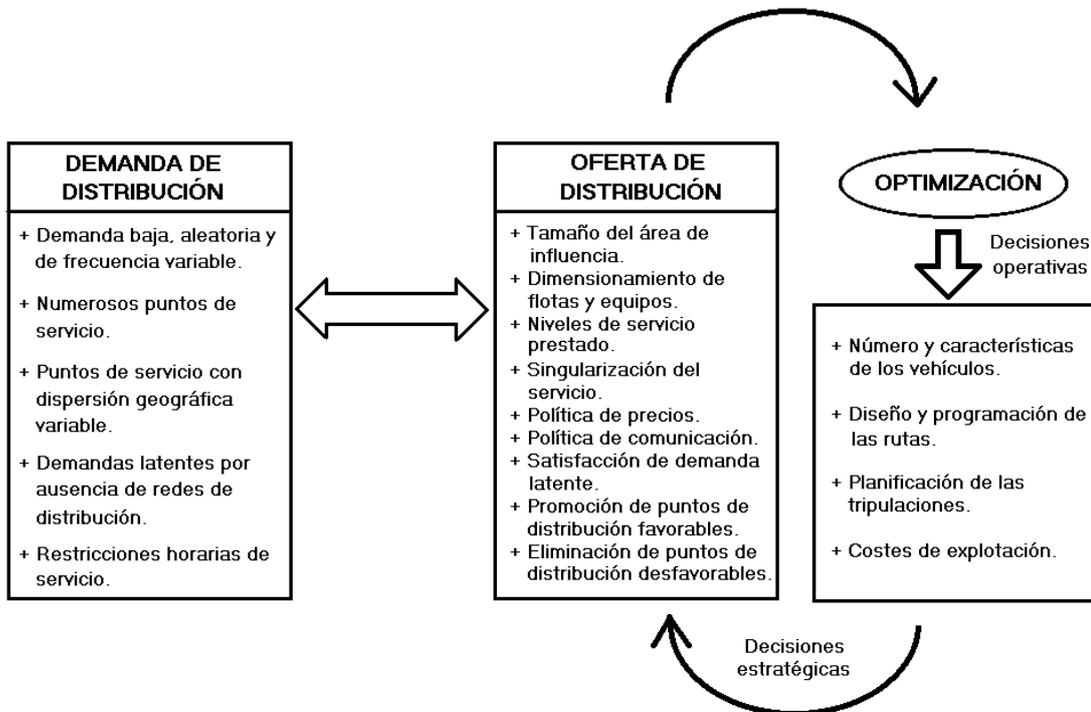
En síntesis, la planificación y la gestión de las redes de distribución genera una gran variedad de problemas de decisión, cuyo éxito depende críticamente de la optimización de las operaciones, donde el espectro de soluciones posibles es enorme y además creciente exponencialmente con el número de destinos y el tamaño de la flota (YEPES PIQUERAS, 2002). Esta explosión combinatoria de soluciones y la complejidad de las variables impiden que la optimización sea, en muchas situaciones reales, abordable con técnicas de resolución exactas. Afortunadamente, existen procedimientos alternativos que, si bien no garantizan la solución óptima, sí proporcionan soluciones de calidad a los problemas cotidianos. En muchos casos, se hace necesario ajustar el proceso optimizador mediante nuevos modelos que se adapten mejor a la situación logística, generando entonces un proceso de retroalimentación (ÚBEDA, et al., 2005).

Las actividades que conforman la planificación operativa de la distribución física implican un gran número de pequeñas decisiones interrelacionadas entre sí. Además, la cifra de planes posibles crece exponencialmente con la dimensión del problema. Incluso para flotas pequeñas y con un número moderado de peticiones de transporte, la planificación es una tarea altamente compleja. Por tanto, no es de extrañar que los responsables de estos asuntos simplifiquen al máximo los problemas y utilicen procedimientos particulares para despachar sus vehículos basándose, en multitud de ocasiones en la experiencia de errores anteriores. Existe un amplio potencial de mejora claramente rentable para las unidades de negocio.

Medina y Yepes (MEDINA, et al., 2002) proporcionan un ejemplo práctico que muestra cómo la aplicación de técnicas de optimización condiciona críticamente el desarrollo de ciertas operaciones de distribución (Gráfico 2-1). Se trata de un negocio de venta de paquetes turísticos con transporte incluido; donde los precios se fijan mucho antes de que la demanda sea conocida, y donde son frecuentes las cancelaciones de última hora así como la llegada de nuevos clientes. Si el número de pasajeros es pequeño, en comparación con la máxima capacidad de carga del

vehículo, los beneficios o las pérdidas generadas por el transporte dependen fuertemente de la eficiencia del sistema de optimización de rutas.

Grafico 2-1 La influencia de la optimización de operaciones en la planificación y gestión de redes de distribución de baja demanda



MEDINA J.R. y YEPES V. Optimización de redes de distribución con algoritmos genéticos, en Colomer, J.V. y García, A. [Conferencia] // Calidad e innovación en los transportes. Actas del IV Congreso de Ingeniería del Transporte. - Valencia: [s.n.], 2000. - págs. Vol. 1, pp. 205-213

La planificación y la gestión de las redes de distribución exigen la disposición de técnicas eficientes de optimización de rutas, puesto que no sólo afecta al desarrollo de las operaciones, sino que también incide en las decisiones tácticas y estratégicas (tamaño óptimo de flota, estimación de costes, políticas de publicidad y rotura de servicio, etc.). Sin embargo, cada problema necesita de un estudio detallado con objeto de cuantificar detenidamente su estructura de costos. También, hay que decir que las soluciones que se pueden encontrar a través de estos métodos suelen alcanzar entre un 90% y un 95% el valor de la solución óptima (HILLIER, et al., 2003)

Las técnicas de Programación Matemática explotan las distintas formulaciones, generalmente como Problemas Enteros. La complejidad de la inmensa mayoría de los problemas de rutas que se pueden resolver óptimamente, en tiempo razonable, con un paquete comercial, suele ser insuficiente para cubrir las necesidades reales. No obstante, también es necesario conocer las restricciones que este tipo de modelos tiene. La más importante hace referencia a la limitación del tamaño de las rutas de los vehículos. En este sentido, en cuanto el número de nodos en las rutas o el número de

vehículos se hace demasiado grande, el modelo lineal elegido no es adecuado para resolver el problema, por lo que muchos trabajos para dar con la solución exacta de estos problemas recurren a métodos heurísticos para resolver el problema de identificación de faceta.

2.1 Problema De Ruteo De Vehículos (VRP)

La planificación de rutas es uno de los principales problemas en la optimización de las operaciones logísticas, cuyo objetivo principal es reducir los costos de esta actividad. Esos potenciales ahorros, están alrededor entre el 5 % y el 20 % de los costos totales de transportación y entre el 10 % y el 20 % del costo final de los bienes, justifican el uso de técnicas de investigación de operaciones (IO) (OLIVERA, 2004) (TOTH, et al., 2001) El Problema de Ruteo de Vehículos (VRP), en el cual se debe determinar un conjunto de rutas a un mínimo costo, tiene numerosas aplicaciones en las operaciones logísticas.

Uno de los problemas más estudiados es el problema del agente viajero (Traveling Salesman Problem - TSP): el problema consiste en visitar una y solo una vez un conjunto de clientes, partiendo de un punto inicial y finalmente retornando a éste, siguiendo una ruta de menor costo. El problema de ruteo de vehículos tiene planteamientos basados en TSP y consiste en determinar un conjunto de rutas de costo mínimo, para una flota de vehículos. El VRP está basado en el problema del agente viajero TSP a diferencia que la cantidad de rutas no está fijada de antemano como en el TSP.

Es habitual la inclusión de restricciones de precedencia y/o de carga, presentes frecuentemente en situaciones de la vida real, obteniéndose nuevos problemas que están empezando a recibir gran atención en la literatura especializada. El hecho de que muchos de los vehículos utilizados para el transporte de mercancías sean de carga trasera provoca que en algunos problemas de rutas con entrega y recogida de mercancía se deba imponer un orden LIFO (Last-In-First-Out, el primer encargo en recogerse debe ser el último en entregarse), dando lugar al problema denominado TSPPD con orden LIFO (conocido por sus siglas en inglés TSPPDL: TSPPD with LIFO Loading). El TSPPDL ha sido abordado con algoritmos heurísticos basados en la búsqueda en entorno variable en Carrabs et al. (2007b), Cassani (2004) y Cassani y Righini El VRP tiene por objetivo encontrar la ruta óptima para cada vehículo del depósito, cumpliendo con la demanda y restricciones de los clientes, capacidad de una flota de vehículos homogénea y minimizando el costo total.

El trabajo de Dantzig, Fulkerson y Johnson (1954), fue el primer registro en la literatura acerca del VRP, estudió un TSP a una escala relativamente grande, quienes propusieron un algoritmo aproximado y formulación de programación matemática aplicada al servicio de distribución de combustible en estaciones de servicio. Ese estudio fue seguido por un gran volumen de artículos de TSP. Clarke y Wright (1964) en la formulación del problema incorporó por primera vez más de un vehículo formulando un algoritmo de tipo glotón (TOTH, et al., 2001).

Uno de los primeros documentos que en su título lleva la frase de "Vehicule routing" es atribuido a Golden, Magnanti, y Nguyen (1972). Otras versiones de VRP surgió en

la década de 1970, por ejemplo, "fleet routing"(Levin, 1971),"dial-a-bus systems" (Wilson y Sussman, 1971), "transportation network design"(O'Connor & De Wald, 1970), "routing of public service vehicles" (Marks & Stricker, 1970), "distribution management" (Eilon, Watson-Gandy, y Christofides, 1971), y "solid waste collection" (Liebman, 1970). El contenido probabilístico se introdujo en el VRP por Golden y Stewart (1978). Solomon (1983) añade ventana de tiempo como restricción para el VRP clásico y presentó un conjunto bien conocidos de problemas de referencia, ahora se conoce como " Solomon Instances ".

Durante la década de 1980, la investigación del VRP genera diferentes configuraciones para resolver el problema original. Debido a la complejidad computacional y la escasez de las microcomputadoras; versiones del VRP estocástico, dinámica y difusa que no se han estudiado mucho. Para la investigación en los principales tipos de problemas, fórmulas y métodos de solución en esta época, se puede referirse a las obras de Laporte y Norbert (1987), Assad (1988) y Laporte (1992). La investigación del VRP se aceleró durante la década de 1990. Principalmente debido a una mayor disponibilidad de microcomputadora y con mayor capacidad, los investigadores podrían desarrollar e implementar algoritmos de búsqueda más complejas. Durante esta época el término meta-heurísticas se introdujo para nombrar un número de algoritmos de búsqueda para resolver estos VRPs así como otros problemas combinatoria de optimización. Gendreau et al. (1998) estudiaron VRP aplicando meta-heurísticas, tales como: (1) recocido simulado, (2) recocido determinístico, (3) búsqueda Tabú, (4) algoritmos genéticos, (5) Sistemas de hormigas, y (6) redes neuronales. Se evidencia estos estudios en las obras de Wasserman (1989), Osman y Kelly (1996), Osman y Laporte (1996), Dorigo, Maniezzo y Coloni (1996), Aarts y Lenstra (1997), Glover y Laguna (1997) y Cordeau, Gendreau, Laporte, Potvin, y Semet (2002).

El primer VRP estocástico (SVRP) se remonta a Cook y Russell (1978) - un estudio de simulación. Aunque unos pocos artículos aparecieron en la década de 1980 correspondientes al SVRP, el ritmo se aceleró en este campo durante la década de 1990. Ordenadores más potentes y la mayor capacidad de codificación ayudó modelo de los investigadores SVRPs resolver fácilmente. Para una revisión de SVRP, véase Gendreau, Laporte, y Seguin (1996b) y Yaohuang, Binglei, y Qiang (2002), por algoritmos de solución véase Roberts y Hadjiconstantinou (1998) y el Parque y Hong (2003). El primer estudio data de VRP dinámico a Powell (1986). Junto con la capacidad de cálculo mejorada en los años 1990 y mejoras en las de seguimiento de vehículos, los datos almacenamiento y el intercambio de medios, en la segunda mitad de la década de 1990 se hizo más frecuente en la literatura el VRPs dinámicos (DVRP).

Para una investigación más profunda en DVRP puede referirse a los estudios realizados por Psaraftis (1995), Gendreau y Potvinm (1998), Savelsbergh y Sol (1998), Larsen (2000), Larsen, Madsen, y Salomón (2002) y Fleischmann, Gnutzmann y Sandvoss (2004). Obsérvese que algunos de los Documentos DVRP también pueden caer bajo la categoría SVRP. Sin embargo, hay algunos trabajos que utilizan DVRP teoría de conjuntos difusos como como estudios de Teodorovic y

Pavkovic (1996), Tan y Tang (2001), Gómez y Zuben (2003), él y Xu (2005) y Sáez, Cortés, y Núñez (2008).

El estudio y aplicación del ruteo de vehículos se ha desarrollado gracias a la mejora paralela de la tecnología de información y comunicación (TIC), lo cual ha permitido reducir el tiempo de ejecución de los algoritmos e integrar información operacional a través de componentes tales como los sistemas de información geográfica (SIG). La introducción de microordenadores ha permitido a investigadores resolver problemas de VRP tipo combinatorio de manera más eficiente. A medida que el poder de cómputo se ha incrementado, investigadores y profesionales fueron capaces de resolver VRP cada vez mayor problemas. Como resultado de esto, el número de artículos publicados en esta área durante las últimas dos décadas se ha incrementado significativamente. Los métodos de cálculo para obtener soluciones de calidad llevada al desarrollo de nuevos campos tales como meta-heurísticos y rápido, en tiempo real de la heurística, que requieren altas habilidades de programación. Búsqueda tabú, algoritmos evolutivos, y otros algoritmos de búsqueda han sido ampliamente aplicados en la VRP en la última década (EKSIOGLU, VOLKAN, & REISMAN, 2009).

Debido a la recopilación de datos mejorada, capacidades de seguimiento y computacional disponibles, las tendencias en la literatura VRP se han desplazado de la estática a los casos más dinámicos y difusos que incorporan datos en tiempo real. Los nombres de los investigadores con más frecuencia aparecen en el campo de VRP son Gilbert Laporte, Michel Gendreau, Jean-Yves Potvin, Bruce L., Marius M. Solomon, y D. Christos Tarantilis., el crecimiento de la literatura sobre el VRP es casi perfectamente exponencial con una tasa de crecimiento de 6,09% anual. Este hecho demuestra la vitalidad de la VRP (EKSIOGLU, VOLKAN, & REISMAN, 2009).

Tratando de modelar la realidad de diferentes problemas de transporte, se han propuesto variantes y extensiones del VRP, como por ejemplo [(RETTREPO, et al., 2008) (SOTO, et al., 2008) (JAQUE PIRABAN, 2008)]:

- MDVRP (múltiple depots VRP), los vehículos parten desde diferentes depósitos.
- VRPSD (VRP stochastic demands), se conocen las demandas de los clientes a través de una distribución de probabilidad.
- VRPSC (VRP stochastic customers), la cantidad de clientes es una variable aleatoria, conocida con una determinada probabilidad.
- VRPST (VRP stochastic time), los tiempos de viaje y de servicio son variables estocásticas.
- SDVRP (Split delivery VRP), un mismo cliente puede ser atendido por varios vehículos, lo cual se aplica cuando la demanda del cliente sobrepasa la capacidad del vehículo.

- VRPB (VRP bakchauls), el conjunto de clientes es dividido en dos grupos, por ejemplo uno para realizar entregas y otro para recolección.
- VRPPD (VRP picking & delivery), se realiza recolección y entrega en cada cliente visitado.
- PVRP (period VRP), el horizonte de planeación es para varios días, el cliente es visitado una sola vez.
- MFVRP (mix fleet VRP) o FSMVRP (fleet size & mix VRP), el depósito cuenta con una flota de vehículos heterogénea.
- CVRPTW – VRPTW, el problema capacitado con ventanas de tiempo es una de las variantes más importantes del VRP. En este problema, una flota de vehículos con capacidad homogénea realiza el servicio dentro de una ventana de tiempo asociada a cada cliente y el vehículo debe permanecer con el cliente durante el servicio.

Diferentes métodos se han propuesto para solucionar el VRP y se pueden agrupar en exactos y aproximados. Varias propuestas de algoritmos exactos son apropiadas en problemas pequeños, pero dado el alto costo computacional no son adecuadas para problemas mayores y en estos casos se usan algoritmos aproximados:

Algoritmos aproximados.-Autores contemporáneos como Olivera (OLIVERA, 2004) los clasifican a su vez en heurísticas y metaheurísticas.

Heurísticas.- Son procedimientos simples, no aseguran encontrar la solución óptima pero si una muy cercana a través de una exploración limitada del espacio solución. Las soluciones obtenidas son aceptables y tienen una complejidad algorítmica baja, pueden ser mejoradas a través de otros procedimientos sofisticados pero a mayor costo computacional:

Algoritmos constructivos: van construyendo una ruta de forma secuencial, por ejemplo, los de inserción y ahorros.

Algoritmos de búsqueda local: son métodos de mejora iterativa en los que generalmente se define una solución inicial o semilla, y una estructura de vecindario; se exploran los vecindarios evaluando su contribución a la función objetivo.

Algoritmos de dos fases: primero realizan un agrupamiento para después aplicar otro método para la asignación de las rutas a los vehículos.

Metaheurísticas: En las décadas de los setenta y ochenta varios investigadores desarrollaron de manera independiente algoritmos basados en el proceso de evolución de los organismos vivos, los cuales tomaron creciente interés y aplicabilidad en varias disciplinas gracias a los últimos avances tecnológicos en la ciencia de la computación que lograron su implementación a un costo computacional muy eficiente. Bajo este principio se supone que parte de la evaluación constituye la selección natural de las mejores características de diferentes individuos que compiten

dentro de un ambiente determinado. Son procedimientos complejos que por lo general emplean heurísticas de búsqueda local y mejora; tienen un costo computacional más elevado pero exploran el espacio solución de una manera más amplia que los algoritmos heurísticos.

Algoritmos de enjambre: son métodos bioinspirados en el comportamiento de colonias de insectos como hormigas, abejas, termitas.

Algoritmos evolutivos: imitan el proceso de la evolución natural en el que sobreviven los individuos con mayor capacidad de adaptación, mientras que los más débiles tienden a extinguirse. Existen investigaciones como la de T. Bäck, D.B.

Fogel, and Z. Michalewicz (BACK, et al., 1997) donde los Algoritmos Evolutivos han sido reportados como una de las mejores metaheurísticas. Sistemas inmunes artificiales: se inspiran en los sistemas inmunes naturales aprovechando la habilidad de estos sistemas para determinar patrones que les permiten distinguir la presencia de cuerpos extraños o antígenos de células del cuerpo, y memorizar la estructura de éstos para una rápida respuesta futura. Según Mitsuo Gen, Runwei Cheng y Lin Lin en su libro “Network Models and Optimization Multiobjective Genetic Algorithm Approach” (MITSUO, et al., 2008

Durante la operación de recolección de Leche en los diferentes puntos, se deben determinar las rutas que deben realizar cada uno de los camiones disponibles; actividad que se puede modelar como un VRP con restricciones de capacidad (CVRPTW) La operación de un vehículo de carga debe garantizar un ingreso suficiente para cubrir los costos operativos generados por los consumos y los costos fijos propios del vehículo para que exista productividad, el vehículo debe tener carga compensada y prioridad en el cargue y descargue en los diferentes puntos de operación. Todas las rutas que se requieran trabajar deben parametrizarse con los elementos de costos de la época en la cual se está realizando (BALLOU, 2004).

Muchas veces se sacrifica ocupación de un camión por cumplir una cita con un cliente esto con una planeación adecuado y una gestión de rutas no debería aminorar este comportamiento, es conveniente realizar control con respecto a ocupación volumétrica de los medios de transporte.

Desarrollar un modelo para solucionar el problema de ruteo de vehículos (VRP) que al implementarla genere cambios en la manera de administrar los vehículos en la cadena de lácteos, este problema ha sido tratado amplia y detalla por diferentes académicos por medio de artículos científicos muestran diferentes modelos Heurísticos y exactos para abordar esta temática, algunos modelos que se adecuan a la generación de las rutas en los centros de acopio son los desarrollos de Xia et al (2012) ,Baldacci et al(2012) ,Lysgaard (20100, Aguilera (2007); Potvin *et al.*(2007); puesto que considera la capacidad de los modos de transporte.

Con el modelos se busca el mejor aprovechamiento de los recursos y al mismo tiempo incrementar la satisfacción de los productores en el proceso de recolección de leche el impacto que tendrá este modelos implica asumir un nuevo paradigma en la

empresa se ven afectados por la imposición de un posible modelo cumpliendo una serie de características ; una de las mayores justificación es entregar a la empresa distribuidora de alimentos una respuesta a los problemas de distribución que presentan buscando comodidad y flexibilidad en sus sistemas de transporte sus procesos esta debe ser siempre la principal misión; se quiere lograr aprendizajes comprensivos, globalizados y relacionados en cuanto a la logística y distribución de modo que sean efectivos en situaciones nuevas y sirvan para seguir educando ante las crecientes y múltiples oportunidades de aprendizaje que genera las empresas colombianas. En consecuencia permitirá establecer mejor planeación de los despachos y utilización adecuada flota de carga

En el siguiente capítulo, se presenta la metodología que se utilizó para abordar la problemática expuesta en el planteamiento del problema, donde se definen el modelo, las herramientas y los recursos que se van a utilizar para lograr los objetivos propuestos.

3 Metodología del trabajo

La metodología se configuró con base en los objetivos del proyecto de investigación para abordar tanto las dificultades que presenta este sector en sus medios para transportar y almacenar; como la construcción conjunta de los pequeños empresarios del Sector lácteo en la provincia de Sugamuxi, de una metodología que permita mejorar las rutas de distribución en una zona geográfica específica. Lo anterior buscando una integración de diferentes herramientas mediante las cuales se busca comprender los eslabones que comprende la cadena. Dicha Metodología permite desde la revisión del estado del arte, un estudio de los costos asociados, la operación y los actores involucrados al nivel de dos eslabones en la cadena incluyendo los pequeños productores y los centros de acopio que es el foco de la investigación.

Se pretende caracterizar el sector evaluado a partir de la recolección de información específica de la cadena de abastecimiento objeto de estudio en los nodos indicados.

- Identificar los parámetros y variables que definen el comportamiento de la cadena de abastecimiento.
- Cuantificar los costos atribuibles a la operación de la cadena de abastecimiento.

Con la metodología propuesta se brindar un instrumento mediante el cual se pueda abordar el problema planteado para identificar los parámetros y variables que definen el comportamiento de la cadena de abastecimiento, cuantificando los costos atribuibles a la operación; la información debe ser pertinente y reflejar la realidad de la cadena de abastecimiento objeto de estudio, de manera que se logren identificar oportunidades de mejora en los procesos logísticos buscando siempre la eficiencia del sistema.

La metodología resultante podrá adaptarse a las condiciones particulares del ambiente que rodea la cadena de abastecimiento, dado que por sus características

específicas (el tipo de empresas, los canales de distribución, las condiciones del mercado, las condiciones laborales, la disposición geográfica, etc) sería difícil de abordar. Como resultado final se desea obtener una caracterización de la cadena de abastecimiento de lácteos en Sogamoso mediante el análisis de información de tipo cuantitativo y cualitativo.

Cabe resaltar que para el desarrollo del instrumento se adaptó la metodología utilizada por la IIRSA² para la consultoría en proyectos logísticos, con el fin de aplicarla en el contexto deseado. El grado de precisión y la profundidad del estudio variarán en función de la información disponible y el grado de desarrollo que posee cada eslabón en la cadena de abastecimiento durante la aplicación de la metodología propuesta.

3.1 Desarrollo metodológico.

Teniendo en cuenta que el objeto de estudio hace parte de una cadena de abastecimiento y con el fin de presentar coherencia entre dicho objeto (referido a los dos nodos en la cadena de abastecimiento de leche fresca en la provincia de Sugamuxi), y la investigación; se consideró pertinente evaluar, analizar y desarrollar la metodología en base al instrumento desarrollado por el IIRSA, donde permite desenvolverse en el marco geográfico y de ésta forma recopilar la información necesaria de la manera óptima sin perder de vista los objetivos formulados. En general la metodología se basa en una primera aproximación a la cadena que permita mediante el desenvolvimiento de las fases la caracterización y el establecimiento de un concepto respecto al comportamiento de los eslabones analizados y la manera en que éstos operan en y con la cadena

La metodología se compone de seis etapas estructuradas que permiten, mediante un profundo estudio bibliográfico apoyado con la recolección y análisis de la información en campo caracterizar la cadena de abastecimiento, dichas etapas siguen una secuencia lógica como se describe a continuación (Gráfico 3-1):

² La IIRSA (Iniciativa de Integración Regional Sudamericana) es el foro de diálogo, entre los 12 países de Sudamérica (actual Unión de Naciones Suramericanas), que tiene como objetivo la planificación y desarrollo de proyectos para el mejoramiento de la infraestructura de transporte, energía y telecomunicaciones.

Grafico 3-1 Módulos de la metodología y contenidos

Módulos de la metodología y contenidos



Elaborado por el autor con base en la metodología propuesta por la IIRSA

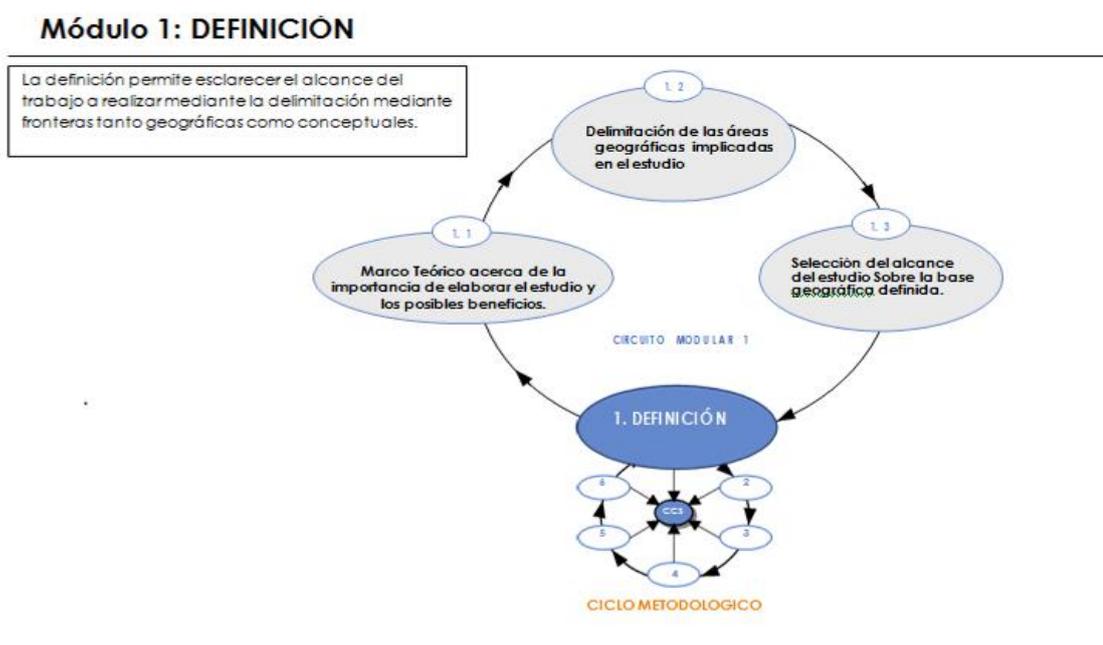
EL Grafico muestra el ciclo metodológico y el aporte de cada etapa al logro de los objetivos establecidos alrededor de la caracterización de la cadena de abastecimiento del sector lácteo (CCSSL), etapas que se describirán a continuación abordando cada una el conjunto de actividades, herramientas y productos que se desea obtener.

El ciclo metodológico, comienza con una etapa de definición, seguido de una etapa de segmentación, estructuración, trabajo de campo, análisis y finalmente una etapa de resultados, que siguen un proceso continuo proporcionando flexibilidad suficiente para abordar el caso de estudio y obtener resultados coherentes.

Módulo 1: Definición

En la primera etapa de esta metodología se busca definir tanto el alcance funcional como el territorial del objeto de análisis, además, determinar si dicha evaluación es pertinente, en función de las características propias de la cadena y de su potencial de desarrollo (Gráfico 3-2). Con estos dos elementos resultará posible establecer el alcance de la evaluación, planeación del trabajo y aproximación al referente contextual.

Grafico 3-2 Módulo Definición



Elaborado por el autor con base en la metodología propuesta por la IIRSA

A continuación se describen las actividades contempladas para el circuito de la primera etapa de la metodología (Tabla 3-1):

Tabla 3-1 Módulo Definición

| | Definición | | |
|--------------|---|--|--|
| | Paso1 | Paso2 | Paso3 |
| Pasos | Marco Teórico respecto a la importancia de realizar el estudio | Delimitación de las área geográficas | Selección del alcance del estudio sobre la base geográfica definida |
| Objetivos | Definir el porque del estudio con argumentos sólidos | Establecer limites funcionales y territoriales | Enfocar el nivel de análisis para el desarrollo contextualizado de los módulos a desarrollar |
| Actividades | Recolección de información preliminar disponible y validación de indicadores (Demográficos, capacidad de producción, costos etc.) | Determinar redes y flujos entre los diferentes eslabones de la cadena (Producción) | Establecer criterios para determinar el alcance y la profundidad con que se abordara los objetivos del estudio |
| Herramientas | Información Obtenida de fuentes disponibles (Bases de Datos, Internet, Bibliotecas) | Guía para la determinación del área de influencia del estudio (Mapas Políticos y Económicos) | Criterios para la delimitación |
| Productos | Evaluación de la pertinencia del estudio | Limites funcionales y territoriales | Recomendaciones de alcance y organismos a contactar |

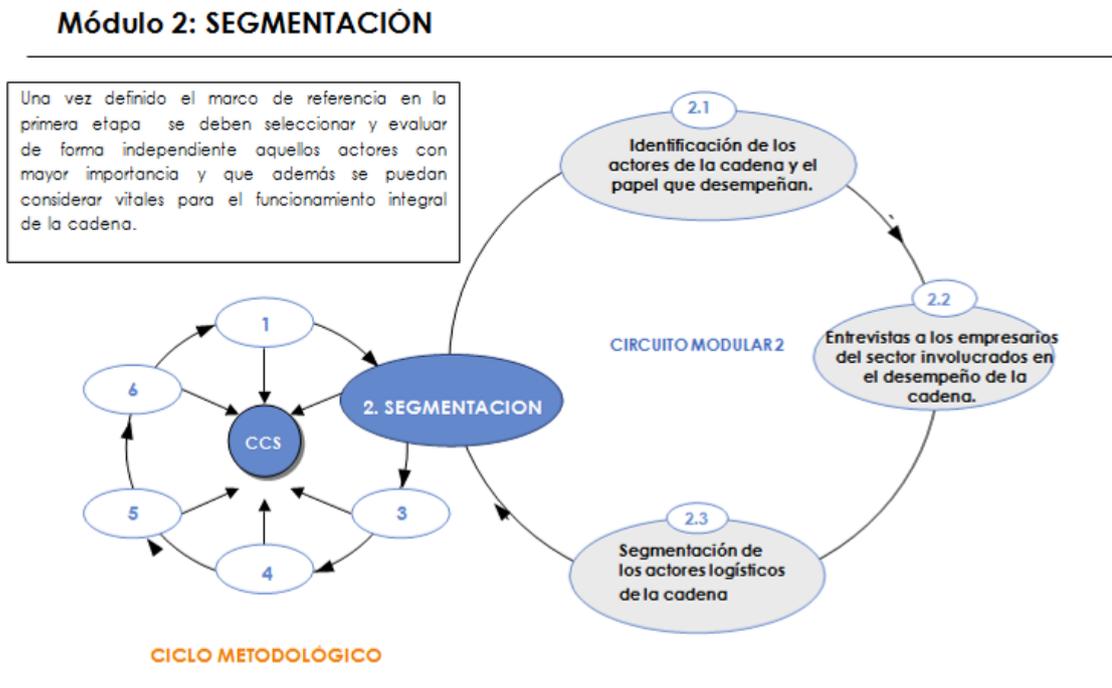
Elaborado por los autores con base en la metodología propuesta por la IIRSA

Módulo 2: Segmentación

Dado que una cadena de abastecimiento contempla diversos eslabones que contribuyen a su funcionamiento y desempeño, se debe entender adecuadamente el papel de los mismos y su contribución específica, de manera tal que en esta etapa de la metodología se busque como propósito evaluar de forma desagregada *agrupamientos logísticamente homogéneos* que sean susceptibles de un análisis diferenciado.

El resultado que se espera al final de esta etapa es segmentar y trazar límites que permitan tener una visión sistemática de los proveedores, pequeños empresarios y clientes. A continuación se describen las actividades contempladas para el circuito de la segunda etapa de la metodología (Gráfico 3-3):

Gráfico 3-3 Módulo 2: Segmentación



Elaborado por el autor con base en la metodología propuesta por la IIRSA

A continuación se describen las actividades contempladas para el circuito de la primera etapa de la metodología (Tabla 3-2):

Tabla 3-2 Módulo 2 Segmentación

| | Segmentación | | |
|--------------|--|---|---|
| | Paso1 | Paso2 | Paso3 |
| Pasos | Identificación de los actores de la cadena y el papel que desempeñan. | Entrevista a los empresarios del sector involucrados en el desempeño de la cadena | Segmentación de los actores logísticos de la cadena |
| Objetivos | Identificar los actores presentes y su interacción con la cadena de suministro | Obtener información básica sobre la cadena | Identificar agentes relevantes para la profundización en etapas posteriores |
| Actividades | Preparar la lista de gremios y contactar | Entrevista exploratoria con los empresarios | Aplicación de los criterios de segmentación y análisis de datos |
| Herramientas | Listado de gremio a consultar | Guía para la elaboración de una entrevista | Criterios o lineamientos para la segmentación |
| Productos | Lista de representantes a entrevistar | Recopilación de información obtenida en la entrevista | Lista priorizada de segmentos a analizar |

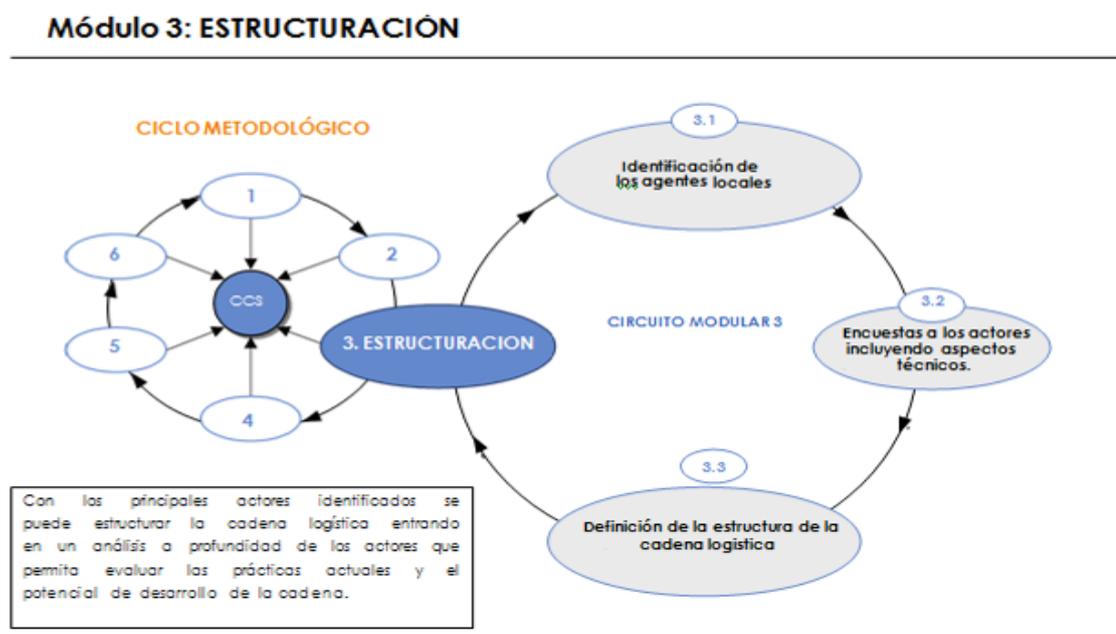
Elaborado por el autor con base en la metodología propuesta por la IIRSA

Se procede a la identificación de los principales actores que intervienen en la cadena elaborando entrevistas con diferentes actores de la cadena.

Módulo 3: Estructuración

La siguiente etapa en el ciclo metodológico consiste en organizar y construir con la información obtenida durante la fase de segmentación una estructura apropiada para la cadena logística de lácteos; Durante esta etapa se logra entender y relacionar los elementos estructurales que caracterizan cada uno de los eslabones y permiten una apreciación general de la capacidad de la red logística ante las exigencias de los consumidores. La figura siguiente ilustra el contenido de cada una de los pasos del denominado tercer circuito modular (Gráfico 3-4).

Grafico 3-4 Módulo 3 Estructuración



Elaborado por el autor con base en la metodología propuesta por la IIRSA

A fin de sistematizar la recolección de información y de obtener una caracterización lo más exhaustiva posible, resulta procedente realizar el análisis bajo algunos criterios de valoración, a través de los cuales será posible conocer la situación actual de los diferentes componentes de la cadena y la importancia otorgada a los mismos por parte de los entrevistados.

La siguiente tabla presenta una lista en la que se detalla cada uno de los criterios y que permitirá guiar la toma de información. A continuación se describen las actividades contempladas para el circuito de la primera etapa de la metodología (Tabla 3-3):

Tabla 3-3 Módulo 3 Estructuración

| Pasos | Estructuración | | |
|--------------|--|--|---|
| | Paso1 | Paso2 | Paso3 |
| Pasos | Identificar agentes locales | Encuestas a los actores incluyendo aspectos técnicos | Definición de la estructura de la cadena logística |
| Objetivos | Profundizar el estudio identificando los agentes a nivel local | Obtener información detallada de la estructura y dinámica de la cadena logística | Determinar estructuras logísticas presentes en la cadena |
| Actividades | Segunda entrevista a los agentes y lista de pequeños productores | Aplicación de encuestas agentes (Centros de Acopio) | Análisis de cuestionarios |
| Herramientas | Listado de agentes a consultar | Guía para la elaboración de entrevistas | Entrevista, Bibliografía |
| Productos | Programa de trabajo y lista de agentes locales | Respuestas de cuestionarios | Detalles de la cadena logística y agentes que intervienen |

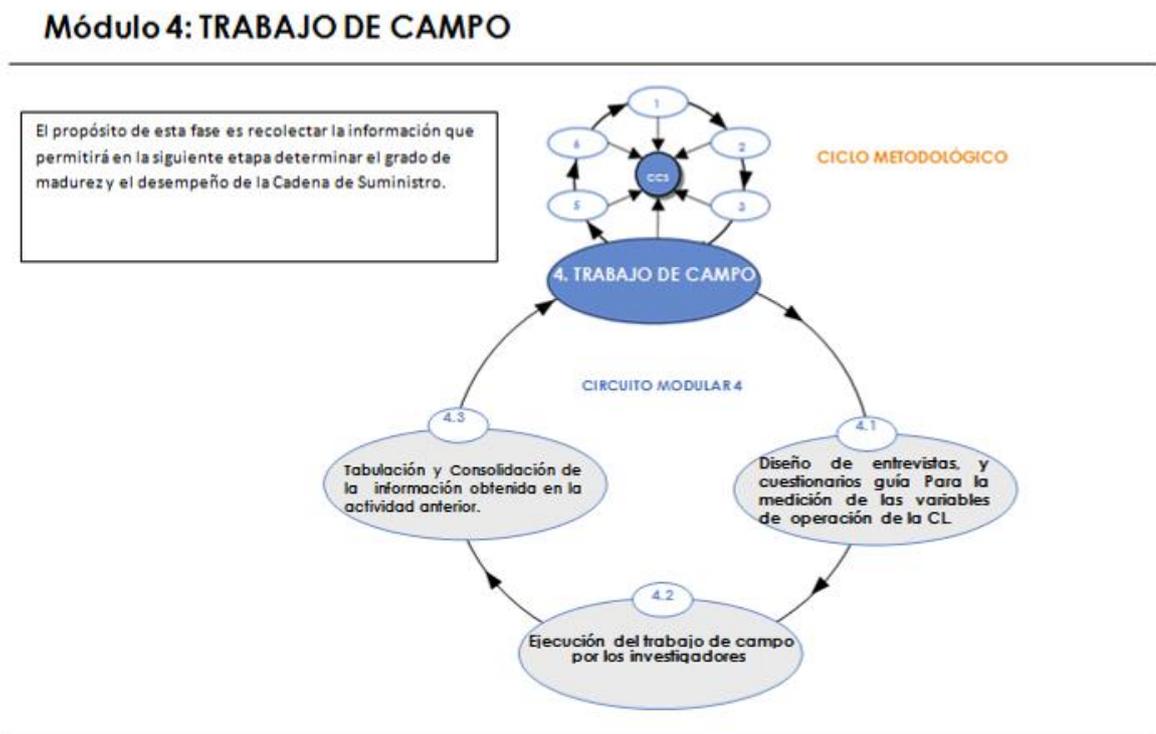
Elaborado por el autor con base en la metodología propuesta por la IIRSA

Módulo 4: Trabajo de campo.

El propósito de ésta etapa es recolectar la información adecuada que permita ofrecer un panorama de la situación actual de la cadena de abastecimiento además de identificar los aspectos críticos sobre los que se puede actuar a futuro con el objetivo de mejorar el desempeño de la cadena.

Para tal fin se planificara el trabajo de campo con los respectivos cronogramas y agendas de actividades, además se preparara una serie de guías o cuestionarios asegurando que en las fases subsiguientes de la metodología se contará con información suficiente para realizar el análisis (Gráfico 3-5).

Gráfico 3-5 Módulo 4 - Trabajo de Campo



Elaborado por el autor con base en la metodología propuesta por la IIRSA

El siguiente paso será sintetizar los aspectos clave de los módulos anteriores (Definición, Segmentación y Estructuración de la Cadena) y de ésta manera construir las herramientas para la recolección de información, garantizando que dicha información permita profundizar en el entendimiento de cómo se relacionan los actores que participan en la cadena de abastecimiento del sector seleccionado.

Además, diseñara las entrevistas a realizar y el desarrollo de los instrumentos correspondientes (cuestionarios) según sea el tipo de contacto a realizar (entrevista abierta, estructurada o a profundidad).Al final se deberá contener un conjunto de preguntas dirigidas a conocer las actividades de la cadena logística en particular, así como los asuntos que la caracterizan y que fueron definidos anteriormente.

Se utilizaron medios impresos como instrumentos estructurados, formatos (Anexo 1. Encuestas Aplicadas) y equipos como GPS para referencias cada Centro de Acopio y Productor de la zona, cronómetros para establecer las condiciones de funcionamiento también se utilizara PC portátiles, filmadoras y grabadoras. En 100 centros productores del municipio se realizó la evaluación para determinar características relacionadas con la manera de gestionar predios , proveedores, modos de transporte.

Se realizaron algunos estudios específicos con los equipos mencionados. En 525 Productores se determinaron las coordenadas geográficas y planas con la utilización de equipo sobre GPS; este trabajo se desarrolló durante 7 meses con estudiantes de Ingeniería industrial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, conjunto con la Universidad Nacional de Colombia. A continuación se describen las actividades contempladas para el circuito de la primera etapa de la metodología (Tabla 3-4):

Tabla 3-4 Módulo 4 Trabajo de Campo

| | Trabajo de Campo | | |
|--------------|--|---|--|
| | Paso1 | Paso2 | Paso3 |
| Pasos | Diseño de entrevistas y cuestionarios para la medición de variables de la Cadena | Ejecución del trabajo de campo por los investigadores | Tabulación y consolidación de la información obtenida en la actividad anterior |
| Objetivos | Determinar los parámetros a evaluar aplicables al contexto de la estructura previamente definida | Recolección de datos | Tabular, Organizar Y consolidar la información previamente recolectada |
| Actividades | Definir las condiciones particulares de la cadena y los parámetros idóneos para la evaluación. | Aplicación de encuestas, medición de variables y parámetros | Organizar y elaborar bases de datos, matrices y diagramas. |
| Herramientas | Guía para la identificación de variables y parámetros a medir | Modelo para la recolección de datos (tiempos, capacidades, costos , utilidades , Otros) Cronómetros, encuestas, GPS | Equipos de computo, papelería, esquema de base de datos, guías. |
| Productos | Encuesta que evalúa los parámetros y variables definidas | Información de los agentes consultados y datos obtenidos de cada variable | Base de datos, diagramas y matrices con la información lista para analizar |

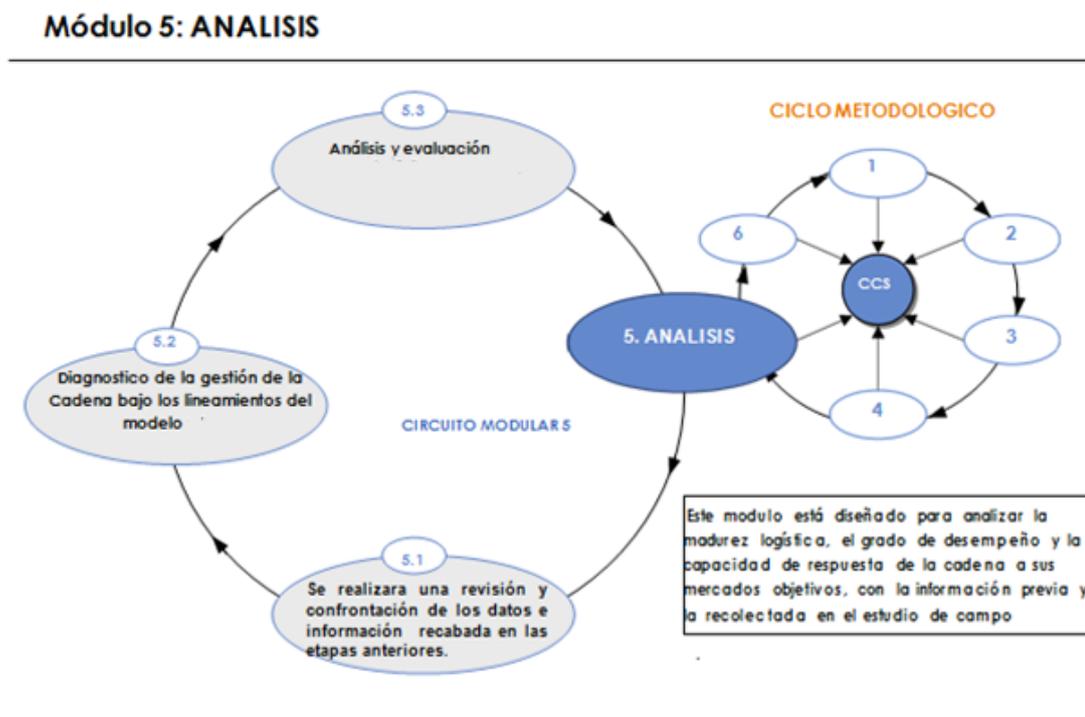
Elaborado por el autor con base en la metodología propuesta por la IIRSA

Módulo 5: Análisis

La etapa de análisis permite observar la composición de la cadena, su grado de “Madurez Logística”³ y su “desempeño Logístico”⁴, está diseñada para organizar y depurar la información y los datos obtenidos en campo.

Una vez tabuladas las encuestas y recabada la información obtenida mediante las diferentes herramientas utilizadas (cuantitativas y cualitativas) se contará con un *cimiento* que permita realizar el diagnóstico que se requiere mediante el uso de una secuencia de procesos bajo ciertas definiciones comunes en cualquier cadena de suministro, la metodología que se propone busca ante todo garantizar un adecuado manejo, manipulación, transporte y almacenamiento del producto perecedero en la cadena de abastecimiento del sector (Gráfico 3-6).

Grafico 3-6 Módulo 5 Análisis



Elaborado por el autor con base en la metodología propuesta por la IIRSA

A continuación se describen las actividades contempladas para el circuito de la primera etapa de la metodología (Tabla 3-7):

³ La Madurez Logística se mide de acuerdo a los costos totales de la cadena dado un nivel de servicio y está asociada al nivel de agregación de valor; se analiza tanto los aspectos de estructura o conformación de la cadena, como el posicionamiento relativo de los diferentes agentes que intervienen, la existencia y utilización de las infraestructuras e info-estructuras dedicadas o de uso general y, en definitiva, la cohesión e integración de los procesos y agentes dentro de un marco de servicio que tiende a la formalización de objetivos comunes y a riesgos compartidos.

⁴ El Concepto de desempeño logístico, está relacionado con la eficiencia de los procesos que se producen a lo largo de la cadena, por lo que sus principales indicadores son la calidad del servicio y los costos asociados. Una cadena poco madura **no** es necesariamente una cadena de pobre desempeño. (Bibliografía mismo documento)

Grafico 3-7 Módulo 5 Análisis

| | | Análisis | | |
|--------------|---|---|--|-------|
| | | Paso1 | Paso2 | Paso3 |
| Pasos | Revisión y confrontación de los datos e información recabada en las etapas anteriores | Diagnostico de la gestión de la cadena bajo los lineamientos del modelo | Análisis y evaluación | |
| Objetivos | Revisar la consistencia entre la información obtenida en los primeros pasos del ciclo metodológico con los datos del trabajo de campo | Creación de modelo de ruteo de vehículos | Analizar y evaluar los datos generados por el modelo | |
| Actividades | Revisar información recabada y realizar el análisis preliminar de la información | Creación del modelo según teoría del VRP | Analizar los hallazgos encontrados en el paso anterior e identificar las principales pérdidas de eficiencia en el ruteo de vehículo, Proponer una metodología para la recolección de leche en la provincia | |
| Herramientas | Información recolectada en pasos anteriores | Gams, Excel | Excel, Gams, Geogebra, Word | |
| Productos | Información depurada | Modelo de ruteo de vehículos | Análisis del modelo y creación de Propuesta metodológica para la recolección de leche | |

Elaborado por el autor con base en la metodología propuesta por la IIRSA

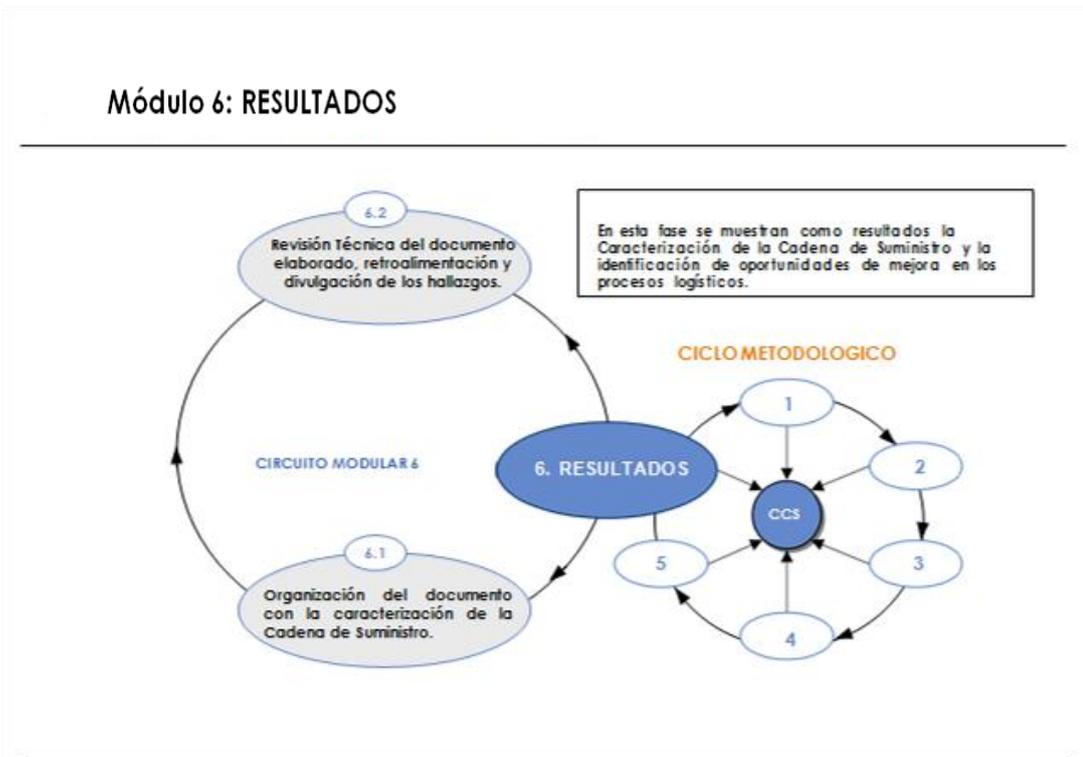
Se realiza la modelación con ruteo de vehículos con capacidad finita, se realizar una corrida mediante el modelo "Planteado en la fase de análisis, con la base en los resultados obtenidos se realizara una validación de ellos en diferentes escenarios, realizando un análisis de las soluciones encontradas y las posibles mejoras e implantar estos hallazgos en el sector; se propondrá diferentes medios que pueden ser útiles para mejorar el desempeño de la cadena; aminorando los costos inmersos en cada uno de sus procesos

Módulo 6: Resultados

Una vez realizado el análisis, que incluye el estudio exhaustivo de la información obtenida en las tapas anteriores y especialmente en el trabajo de campo, la modelación matemática se procederá a organizar de manera sistemática el producto central de la aplicación de la metodología que es el documento con la caracterización de la cadena de abastecimiento.

A través de los modos planteados por esta metodología se pretende aborda el problema adecuadamente desde diferentes ángulos y generar un análisis que lleve a resultados coherentes sin que la información que se obtiene en cada Módulo pierda su lógica y utilidad en la solución del problema planteado (Gráfico 3-8).

Grafico 3-8 Módulo 6: Resultados



Elaborado por el autor con base en la metodología propuesta por la IIRSA

A continuación se describen las actividades contempladas para el circuito de la primera etapa de la metodología (Tabla 3-5):

Tabla 3-5 Resultados

| | Resultados | |
|--------------|---|--|
| | Paso1 | Paso2 |
| Pasos | Revisión Técnica del documento elaborado, retroalimentación | Organización del documento con la caracterización de la cadena de suministro |
| Objetivos | Revisar la coherencia del trabajo | Generar el documento final |
| Actividades | Revisión del trabajo por un grupo de expertos | Organizar la información documentada y los análisis que se realizaron a lo largo del trabajo |
| Herramientas | Documento preliminar (Bajo norma técnica de presentación) | Equipos de computo, reuniones de trabajo |
| Productos | Documento preliminar | Documento final |

Elaborado por el autor con base en la metodología propuesta por la IIRSA

3.2 Selección de muestra e instrumentos de medición

Con el objetivo de dar validez estadística a la recolección de información de campo, se resalta en este apartado la labor desarrollada para tal fin. En términos generales el estudio se centró en dos nodos de la cadena, de los cuales se conocía previamente los ocho centros de acopio más importantes en la zona evaluada, considerados como los principales por su volumen de acopio y papel desempeñado en el mercado, motivo por el cual se aplicó la encuesta propuesta como instrumento de medición al total de dicha población considerándose como un censo realizado sobre el total de la población.

Para el caso del nodo de pequeños productores se analizó la posibilidad de utilizar un tipo de muestreo probabilístico, dado que para tal se requería realizar un tipo de muestreo aleatorio en el que todos los productores se considerasen con la misma probabilidad de ser elegidos y se optó por un tipo de muestreo no probabilístico siendo consciente de que bajo este esquema no se pueden realizar generalizaciones respecto al total de la población.

El estudio se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia o intencional, este tipo de muestreo permite disminuir los costos en los que se pudiese incurrir por realizar un cubrimiento de una muestra mayor y los inconvenientes que se pueden observar en campo como por ejemplo la pertinencia de los individuos encuestados para la aplicación del instrumento, ya que en muchos casos se evidencio que no todos los pequeños productores estaban dispuestos a realizar la encuesta o que las personas con las que se tenía contacto no eran idóneas para responder algunas preguntas específicas para definir la estructura de costos básica de la operación, además que la accesibilidad a los productores por su ubicación presenta una dispersión y lejanía de su respectivo acopio es considerable lo que planteaba un obstáculo teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos por visita y aplicación del instrumento (que se calculó en \$11.400 por predio).

Debido que se utilizarán los 8 centros de acopio, se analizó la capacidad de estos y se escogieron los productores mediante el seguimiento en ruta de cada acopio; se hace claridad a que por criterios del investigador se realizó la georeferenciación de cada punto y la toma de la cantidad acopiada de aquellos predios que concentraban el porcentaje de demanda correspondiente a pequeños productores (se excluyeron a los transportadores medianos y grandes productores que no hacen parte del estudio de los dos nodos evaluados en la cadena dado el alcance del trabajo de investigación) , dicha información se recolecto para un total de 597 predios para asegurar un cálculo más real de los costos de transporte y las correspondientes tasas de producción requeridas para el establecimiento del modelo.

Se tomó un 17,08% de dicha población con el fin de establecer los parámetros referentes al costo fijo de la operación de almacenamiento y distribución, luego se decidió trabajar con 39 una muestra de 102 predios que permitió además de contar con los criterios de accesibilidad y cooperación necesarios para la toma de información; una fuente que se puede tomar como representativa, este tipo de muestreo se sugiere para las investigaciones en campo en granjas en donde las poblaciones presentan dispersiones geográficas considerables (ICRAF, 1996).

Dicha imposibilidad de realizar un muestreo probabilístico para la selección de pequeños productores imposibilita la realización de generalizaciones respecto a los estimados obtenidos al total de la población de hatos lecheros de la Provincia, que se estima de acuerdo al censo de 2011 realizado por el ICA de los predios de los 13 municipios en la provincia de Sugamuxi con ganado doble propósito y lechero en ordeño, en 4699 pequeños productores que se encuentran en un rango de 1 a 23 vacas por predio (ICA, 2011).

Para la toma de información en la muestra seleccionada se utilizaron dos cuestionarios prediseñados de acuerdo a que nodo se enfocaban las preguntas (ver anexo 1), los cuestionarios se diseñaron considerando los posibles grupos objetivo y la información requerida para el desarrollo del estudio, se realizó además la georeferenciación como parte de la toma de información en campo, dichos instrumentos facilitaron la codificación y análisis posterior. Para el caso de los centros de acopio se utilizó una encuesta de 40 preguntas de acuerdo a 3 ejes temáticos, **gestión del aprovisionamiento, almacenamiento y gestión de los inventarios y gestión de distribución**, la encuesta incluyó preguntas abiertas, cerradas y de ordenamiento en la medida que se requirieron de acuerdo a cada eje. Dichos ejes permitieron la tabulación según el proceso a analizar; debido a la mayor disponibilidad de tiempo por parte de los centros de acopio se realizó una entrevista en la que se contextualizó el proceso de distribución y acopio en la región desde su punto de vista y se identificaron rasgos de tipo cultural que definen algunos aspectos de la operación.

En los pequeños productores se realizó la georeferenciación siguiendo la ruta de los acopios respectivos, además para la muestra seleccionada se aplicó una encuesta de 48 preguntas haciendo énfasis en las preguntas cerradas por las características demográficas de las personas encuestadas, igualmente se utilizaron preguntas abiertas para definir aspectos de servicio y características de cada finca aunque en menor número.

4 Resultados caracterización de la región

4.1 Marco Geográfico (Modulo 1: Definición)

El departamento de Boyacá está dividido en 123 municipios, 123 corregimientos, 185 inspecciones de policía, así como, numerosos caseríos y sitios poblados, los cuales están distribuidos en 13 provincias, un distrito fronterizo y una zona de manejo especial (Gráfico 4-1). De acuerdo con los resultados del censo 2005, cinco municipios de Boyacá superan los 50.000 habitantes y tres de ellos tienen más de 100.000 habitantes Tunja, Duitama y Sogamoso. Todas mantienen una economía que gira en torno a fuentes primarias como la agricultura, ganadería y minería, secundarias como la transformación y producción de diversos productos y terciarias como prestación servicios y el comercio. Una de las actividades que genera ingresos para los habitantes de las zonas rurales de sus provincias es la ganadería con una línea doble propósito la cual genera la producción de leche y carne, según la URPA Unidad Regional de Planeación Agrícola de Boyacá el total de la producción del

departamento para el año 2010 fue de 1926.358,5⁵ de los cuales el 15,38% de esta producción la aportó la provincia de Sugamuxi.

Grafico 4-1 Departamento de Boyacá



GOBERNACION DE BOYACA. (24 de 05 de 2012). *Gobernacion Boyaca Orgullo de America*. Obtenido de <http://www.boyaca.gov.co/index.php?idcategoria=1868#>

La provincia de Sugamuxi debe su nombre al cacique Sugamox, gran sacerdote de la ciudad sagrada de los Muisca. Cuenta con 3.000 kilómetros cuadrados y 13 municipios. Los municipios que la conforman son: Sogamoso (La Capital), Aquitania, Cuitiva, Firavitoba, Gámeza, Iza, Mongua, Monguí, Nobsa, Pesca, Tibasosa, Tópaga, Tota. (Gráfico 4-2) (SOCIEDAD ECOLÓGICA DE SUGAMUXI (SES), 2012)

Grafico 4-2 Mapa Provincia Sugamuxi



FONDO MIXTO DE CULTURA DE BOYACA. (s.f.). Fondo mixto de cultura de Boyaca. Recuperado el 24 de 05 de 2012, de <http://www.fmcboy.org/index.html>

⁵Consolidado pecuario EVA Boyaca 2010

4.1.1 Delimitación del área geográfica

El área de actuación de esta investigación se enmarca dentro de la provincia de Sugamuxi la cual limita al norte con la provincia de Valderrama y Tundama, al occidente con las provincias de Centro y Márquez, al este con la provincia de La Libertad y con el Departamento del Casanare y al sur con la provincia de Lengupá y con el departamento de Casanare; la investigación está focalizado entre los productores de lácteos y los centros de acopio ubicados en la provincia de Sugamuxi; la gran producción de leche concurren los municipios de Pesca, Firavitoba, Sogamoso, Tibasosa, Tota y Nobsa aportando un 80% de la producción total de la provincia, tomando estos como los principales municipios productores de leche. La concreta delimitación no sólo se presenta por limitar el trabajo de campo, sino porque es la única garantía que permite analizar de forma coherente las relaciones entre los eslabones de la cadena en su entorno geográfico y económico.

4.1.2 Características Principales Municipios (Sugamuxi)

Se presenta las características principales de los municipios donde se encuentran los centros de acopio; y cómo estos municipios tienen relación con la cadena de lácteos de la provincia.

Firavitoba

Hace parte de la provincia de Sugamuxi, ubicada en el centro oriente del Departamento de Boyacá, a una distancia de 9 Km. de la ciudad de Sogamoso capital provincial. Con una altura promedio sobre el nivel del mar de 2.500 y 3.400 metros; su temperatura ambiental promedio es de 14.6°C. Limita por el norte con los municipios de Tibasosa y Sogamoso, por el oriente con Iza y Sogamoso, al occidente con Tibasosa y Paipa, por el sur con los municipios de Tuta, Toca, Iza y Pesca.

El sector del valle firavitobense, registra sus ingresos económicos de la recolección de la leche, y manera mucho menor de las actividades agrícolas. En mínima escala se perciben las agroindustrias de los productos lácteos (queso y yogurt), representadas por Lácteos Peslac y Lácteos Ocán. Dentro de este sector se destaca la ganadería como primer renglón de importancia económica en el municipio. Aproximadamente el 45% de su área se encuentra ocupada por potreros dedicados a la ganadería intensiva y semi-intensiva, con doble propósito: leche y carne. La primera se comercializa a través de compradores particulares que venden el producto en el municipio de Sogamoso y a empresas pasteurizadoras de Paipa y Duitama. Por otra parte, la carne se comercializa a través de compradores que tienen expendios en el municipio y en la feria comercial de ganado de Sogamoso.

Se resalta la utilización de razas europeas especializadas, como Holstein (60%), Normando (30%) y Criollo – Normando (10%), las cuales se manejan con sistemas de rotación de potreros, Además del ganado bovino se explota el ganado porcino, ovino, caprino, aviar, lanar, mular y asnal. Existen pequeñas explotaciones pecuarias como

la cunicultura y la apicultura (INGENIERIA,GEOLOGIA Y PERFORACIONES. IGP LTDA)

Es el principal productor lechero de la provincia del Sugamuxi mostrando una producción actual de 51802.8Lts diarios mostrando una disminución en su producción debido a condiciones climáticas que han hecho que en toda la región tenga la misma tendencia.

Iza

Está situado a 5°35'40' de latitud norte a 1°4'10' de longitud en relación al meridiano de Bogotá y a 72°59' longitud occidental con relación al meridiano de Greenwich. Se encuentra localizado en el piedemonte de las estribaciones de la Cordillera oriental y sobre el costado sur del Valle del Sugamuxi. Iza es uno de los 13 municipios que forman parte de la provincia de Sugamuxi. Limita al norte con Firavitoba y Sogamoso; al sur con Cútiva; al occidente con Pesca y al oriente con Sogamoso.

La actividad pecuaria es una labor complementaria a la agrícola, sin embargo, en algunos sectores como Usamena y San Miguel se han especializado en la producción de leche y ganado de carne. En esta región existen dos clases de ganado; la Holstein y la Normando, la primera utilizada exclusivamente para la leche y la segunda para carne y leche, estas razas sobresalen en las fincas La Vega, del Molino, el Cerrito, la Esperanza, Usamena, el Girón y La Quebrada entre otras. El comercio de ganado se realiza en las exposiciones y ferias, especialmente en el pueblo (INGENIERIA,GEOLOGIA Y PERFORACIONES. IGP LTDA).

La producción de leche es procesada una parte dentro del municipio en productos como queso campesino, cuajada, yogurt, mantequilla y arequipe, los cuales abastecen a los turistas y habitantes de la región. La otra parte se comercializa con fábricas vecinas como Peslac, y Alquería. Se presenta subutilización ya que por hectárea hay una cabeza de ganado. No se presenta rentabilidad óptima debido a los bajos precios de la leche que los intermediarios y procesadoras locales y nacionales han propuesto, es así que se vende entre \$ 800 y \$900 el litro de leche.

Industria de la leche: Aunque no es una industria muy moderna es importante para los habitantes del municipio, se sabe que anteriormente la gente Izana, poco procesaba la leche, la vendían a particulares para ser distribuida en las ciudades vecinas, ahora se dieron cuenta que pueden trabajar y explotar los recursos del medio, empezando en las casas a hacer quesos y cuajadas, más tarde ya aparecieron fábricas de quesos con prensadores metálicos que además de ofrecer variedad de queso, hacer yogurt, kumis, cuajadas y arequipe, el suero resultante lo utilizan para engordar a los cerdos. La industria pasa por la tradición de padres a hijos siguiendo las costumbres y los mismos trabajos.

Sogamoso

Se localiza en la parte central del Departamento de Boyacá, en la Provincia de Sugamuxi. Limita al norte con los municipios de Nobsa y Tópaga; al oriente con los municipios de Tópaga, Monguí y Aquitania; al sur con los municipios de Aquitania,

Cuitiva e Iza; y al occidente con los municipios de Tibasosa, Firavitoba e Iza. El municipio tiene un área de 208.54 Km² con una altitud entre los 2.500 msnm. y los 4.000 msnm. Está conformado a nivel rural por 17 veredas, las cuales son: La Manga, San José, La Ramada, Pantanitos, Siatame, Morcá, Ombachita, Villita - Mal Paso, Monquirá, Vanegas, Mortiñal, Pilar - Ceibita, Pedregal, 1^a Chorrera, 2^a Chorrera, Las Cintas y Las Cañas. Según la división actual de corregimientos el Municipio está conformado por tres corregimientos: Corregimiento del Valle, Corregimiento de Vertiente y Corregimiento de Páramo. Es además epicentro del circuito turístico de Sugamuxi, ofreciendo diversas opciones de turismo.

De las actividades económicas de Sogamoso solo una pequeña proporción de la población se dedica a la ganadería y la agricultura en la actualidad. Los cultivos son principalmente la papa, el maíz, trigo, hortalizas, tubérculos andinos y la cebada; el resto no tienen mayor relevancia económica y complementan los ingresos familiares como las leguminosas (frijol, arveja, haba), las hierbas aromáticas.

Sogamoso es el principal centro de comercialización y consumo de ganado de la región y de la provincia de Sugamuxi, en él converge un buen porcentaje del ganado del Casanare. La producción pecuaria en Sogamoso es igualmente: tradicional y especializada. La primera (tradicional) utiliza praderas naturales de vertiente, con bajas capacidades de carga, generalmente con ganados para doble propósito y bajo mejoramiento genético. No se hace suplementación alimenticia y la producción es para satisfacer necesidades básicas. Las razas que se utilizan en esta categoría son ganado criollo. La producción especializada utiliza las tierras más planas y fértiles como en la vereda Vanegas. Su orientación es lechera con sistemas semi-intensivos que emplean mejoramiento genético, suplementación y manejo de praderas. Se utilizan como forrajes el kikuyo, los rye-grasses, el trébol y la alfalfa. El mercadeo de la leche se hace en Sogamoso, las razas utilizadas son Holstein y Normando (INGENIERIA, GEOLOGIA Y PERFORACIONES. IGP LTDA).

La producción de leche en Sogamoso no reviste la misma significación que tiene en el resto de la Provincia de Sugamuxi. Sin embargo cabe señalar que Sogamoso como centro urbano es centro de acopio lechero y centro de procesamiento de derivados lácteos.

Tibasosa

Está situado en un pintoresco y hermoso recodo que hace parte del Valle de Sogamoso, en la quinta zona de la Cordillera de los Andes. Elevados cerros y colinas rodean la población, prominencias que forman una especie de herradura con abertura hacia los puntos cardinales norte y oriente. Numerosos árboles frutales y ornamentales dan más vistosidad a la panorámica de su rico y variado paisaje. La autopista central del Norte atraviesa el municipio imprimiéndole vitalidad a su comercio y a su vida social y cultural. El entorno geográfico de Tibasosa es envidiable por su abundancia de agua y recursos naturales, pero no es ajeno a las dificultades

que afectan toda la región: contaminación, procesos erosivos y últimamente escasez de agua. El principal Río que baña el territorio de éste municipio es el Chicamocha o Sogamoso, desde el punto llamado la Balsa, limita con Paipa, hasta su confluencia con el Río Chiquito, limita con Nobsa. Hay dos Quebradas que sirven para el regadío y para el consumo de los habitantes de la población.

El área del municipio de Tibasosa es de 94.3 Km², de los cuales 89.2 km² corresponden al clima frío y 5.1 km² corresponden a clima de páramo, conformada por una topografía variable entre valles y montañas, posee altitudes que van desde los 2550 hasta los 3400 m.s.n.m, posee gran diversidad de suelos con grandes diferencias fisicoquímicas, encontrándose seis clases según el Sistema Americano de Clasificación, con sus subdivisiones.

Son varias las actividades que hacen de Tibasosa una localidad económicamente pujante y dinámica: el sector agropecuario, el comercio y el turismo. En cuanto a la producción agropecuaria, Tibasosa es suelo fértil para numerables cultivos. Dentro del renglón de la ganadería, cuenta con casi 6.000 cabezas de ganado vacuno, con una producción diaria de 22.200 litros de leche aproximadamente. Se cría también ganado caballar, mular, asnar y lanar. Posee minas de mármol en las Veredas de Suescún y Ayalas (INGENIERIA, GEOLOGIA Y PERFORACIONES. IGP LTDA).

Producción agrícola de Tibasosa: La producción agrícola del municipio constituye un parte importante de la economía tibasoseña. El suelo produce trigo, papa, maíz, cebada, arracacha, rubas, ibias, nabos, arvejas, frijoles, cebolla cabezona, diversidad de productos orgánicos y hortalizas, se cosechan frutas como manzanas, feijoas, peras, ciruelas, chirimoyas, naranjas, duraznos, cerezas, guamas, higos, cañahuates y mortiños.

Producción Pecuaria: La producción ganadera marca una importante fuente de ingresos económicos para el municipio y del sector pecuario, especialmente por la cría de ganado vacuno, caballar, mular, lanar, asnal y la cunicultura.

4.2 Identificación de los eslabones de la cadena (Modulo 2: Segmentación)

El sistema agroindustrial lácteo está compuesto por los siguientes

Pre – producción de leche: compuesta por los insumos y servicios utilizados en los establecimientos para la producción de leche. El sector lácteo cuenta con una amplia red de empresas, que ofrecen servicios e insumos para esta producción, donde también participan otros actores como: gremiales de productores y las propias industrias lácteas quienes actúan en el mercado como agentes intermediarios entre las empresas de insumos y servicios, y los establecimientos lecheros, así como ofrecen algunos servicios a sus productores. Este subsector tiene un importante peso en la cadena láctea.

Producción de leche: es la etapa central de la cadena, ya que allí se produce la materia prima. La industria recibe la leche diariamente de sus productores quienes venden su materia prima a la industria. Los productores en algunos casos están organizados en forma de cooperativa. La industria participa en la producción primaria autoabasteciéndose con un porcentaje de su materia prima, aunque esto sólo ocurre en algunos casos. La producción de leche tiene 4 destinos: remisión a planta industrial, elaboración en el establecimiento, consumo en el establecimiento y venta de leche cruda.

Insumos industriales: al igual que la etapa de pre de producción primaria, existe una amplia red de grandes empresas que ofrecen insumos y servicios a la industria láctea, los cuales en la mayoría de los casos son importados.

Producción artesanal: Se compone de aquella producción de productos lácteos que son elaborados en los establecimientos, donde el principal producto son los quesos.

Producción industrial: la producción industrial es la que capta el mayor volumen de leche. Allí se elaboran todos los productos lácteos. La misma destina su producción tanto al mercado interno, como externo, aunque este último es el de mayor importancia

Distribución: existen dos canales de comercialización de los productos lácteos: mercado interno, donde se ofrecen productos lácteos industriales y artesanales, locales e importados; y el mercado externo. En el primer caso la distribución es de carácter tercerizada en la mayoría de los casos, donde se crea la figura del intermediario, mientras que en el mercado externo son las propias industrias quienes exportan sus productos.

Agentes facilitadores: son los agentes que no están directamente dentro de la cadena alimentaria, pero que indirectamente tiene un flujo monetario con ésta. Dentro de los agentes facilitadores encontramos los siguientes costos: impuestos y tributos, fletes, seguridad social y salud, costos portuarios, publicaciones, créditos, I+D y capacitación.

Dado que una cadena de abastecimiento contempla diversos eslabones que contribuyen a su funcionamiento y desempeño, se debe entender adecuadamente el papel de los mismos y su contribución específica, de manera tal que en esta etapa se busque como propósito evaluar los actores que tiene influencia sobre la cadena.

Los actores principales de dentro de la estructura de la cadena de abastecimiento se presenta como primer eslabón los productores de leche fresca que se da en todos los municipios, una radiografía de la situación actual se puede observar en el estudio realizado por Cuellar Gladys Y Zorro Ronald denominado Diagnostico para identificar los sistemas de gestión en la empresa lechera de los municipios de Iza, Firavitoba, Cuitiva y Pesca, de donde se tiene en cuenta el diagnóstico de la finca lechera de estos municipios debido a la similitud que estos tienen con los demás municipios de la provincia; se divide a los productores en tres grupos los pequeños comprenden menos de diez (10) cabezas de ganado; los medianos productores aquellos que

comprenden entre once (11) y cuarenta (40) cabezas de ganado , finalmente los grandes productores los cuales poseen más de cuarenta y uno (41) cabezas de ganado; en esta investigación se enfoca en los pequeños productores .

Los pequeños productores se encuentran presentes en todos los municipios, mientras que la concentración de medianos y pequeños productores es claramente identificable, los grandes productores se encuentran ubicados en los municipios de Firavitoba e Iza mientras que los medianos se ubican en los municipios de Firavitoba, Tibasosa, Iza, pesca, Sogamoso, Cuitiva, y Nobsa.

El segundo eslabon lo componen los centros de acopio, que mediante varios tipos de vehículos terrestres (bicicleta, carros antiguos particulares o camiones pequeños) elaboran rutas para la recolección de la leche en cantinas y tanques o tercerizan la recolección para finalmente recibirla en sus pequeñas bodegas compuestas por tanques de enfriamiento esencialmente, éstos se encuentran ubicados en los municipios con mayor producción: Iza, Firavitoba, Tibasosa, Nobsa y Sogamoso,

El tercer y cuarto actor de la cadena, se componen por los productores y los pequeños consumidores, bien sea en los municipios donde la producción es significativa que se genera el uso y la transformación en productos industriales o artesanales como la producción de yogurt, queso, almojábanas, arequipe, etc., donde se puede decir que la leche fresca pasa por un proceso de transformación para luego ser entregada al consumidor final o en los municipios donde el acopio no representa un volumen importante y simplemente pasa directamente a un consumidor final.

En la provincia de Sugamuxi se identificaron 5 productoras principales que manejan volúmenes superiores a 10.000 Litros/día, Peslac y Lácteos Ocam ubicadas en el municipio de Firavitoba, y lácteos los Ángeles, Lácteos la laguna y Queso Rico ubicadas en la ciudad de Sogamoso, además se encontraron otras procesadoras de tipo artesanal que por lo general se dedican a la producción de queso.

Existen actores externos que pueden influir el comportamiento de la cadena como la academia, el gobierno e instituciones de productores

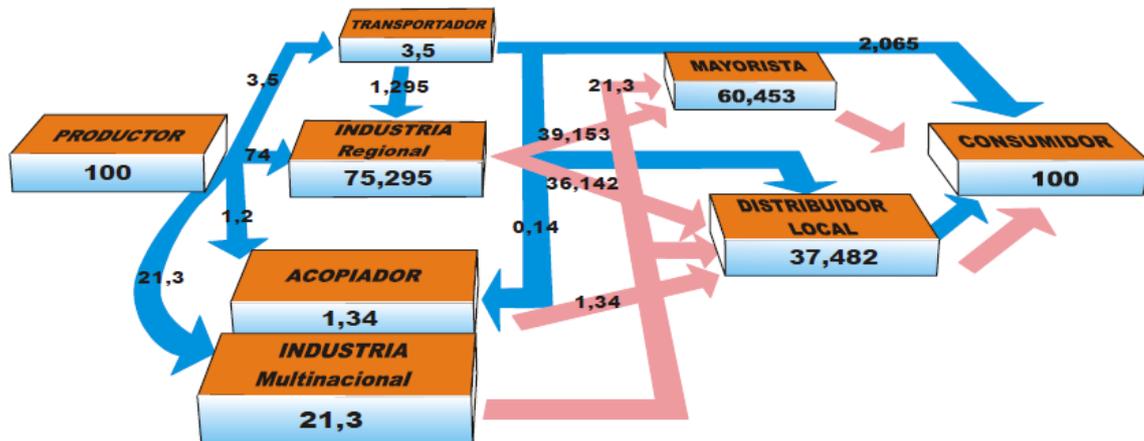
4.3 Estructura de la cadena de abastecimiento (Modulo3: Estructuración)

El trabajo está focalizado entre los productores de lácteos y los centros de acopio ubicados en la provincia de Sugamuxi; la gran producción de leche concurren los municipios de pesca, Firavitoba, Sogamoso, Tibasosa, Tota y Nobsa.

La identificación de los principales municipios no deja por fuera los demás (Cuitiva, Iza, Aquitania, Mongua, Gameza, Topaga y Mongui), pues los aportes de estos resulta ser aprovisionamiento para centros de acopio, procesadoras y clientes, motivo por el cual también se tendrá en cuenta la producción de estos y su influencia en la cadena de abastecimiento. Las cifras que se tuvieron en cuenta para la priorización de los municipios fueron tomados de la información suministrada por la URPA.

Se presenta una descripción general de la cadena de abastecimiento de la provincia de Sugamuxi, una evaluación puntual de los sectores de acopio que corresponden a 8 Centros de Acopio y 525 Productores que han sido ubicadas mediante el sistema GPS. Se observa en la gráfica la conformación de la cadena (Gráfico 4-3).

Gráfico 4-3 Canales de comercialización de la leche de la provincia de Sugamuxi (Boyacá)



RODRIGUEZ, P., MUÑOS, G., TELLEZ, G., & CUBILLOS, A. (2005). Canales y márgenes de comercialización de la leche de la zona de la ladera de la provincia de sugamuxi (Departamento de Boyaca). *Revista de Medicina Veterinaria* (9), 59-68.

La unidad de análisis comprenden dos eslabones de la cadena los ganaderos o productores de leche y los centros de acopio. Se evaluaron 8 Centros de Acopio los cuales permitieron la caracterización de sus procesos productivos, información sobre su mano de obra, gastos, almacenamiento y medios de transporte, se abordaron de una manera más global algunos productores que facilitaron la adquisición de la información.

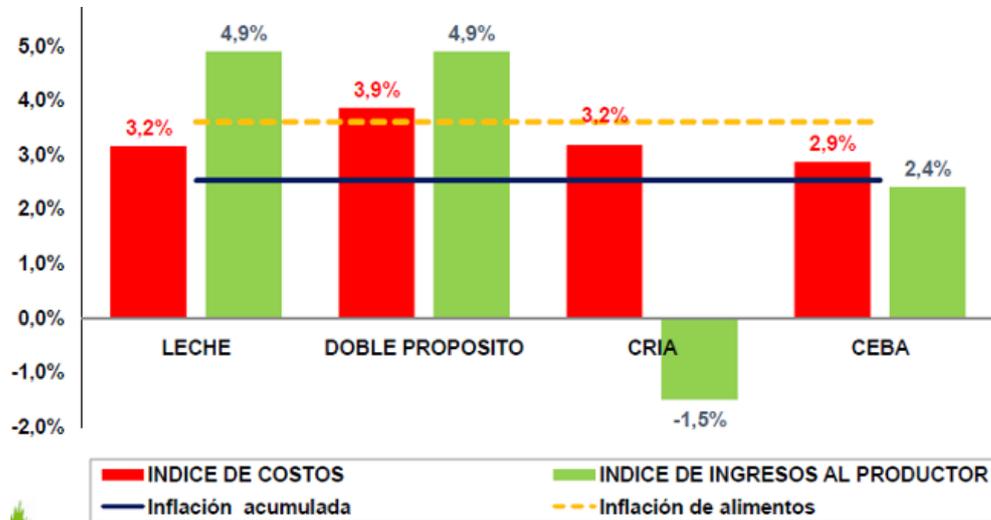
4.3.1 Productores de Leche

El primer eslabón de la cadena corresponde a los productores de leche ;los cuales se encuentran ubicados en toda la provincia , los grandes productores se encuentran en los municipios de Firavitoba e Iza, los medianos productores, se ubican en los municipios de Firavitoba, Tibasosa, Iza, pesca, Sogamoso, Cuitiva, y Nobsa, y en cuanto a los pequeños en todos los municipios .Los pequeños lecheros son trabajadores que gestionan en su propia finca, no tienen un desarrollo significativo, pues no tienen capital de trabajo, ahorro ni inversión, pero están relacionados con la producción local.

Los pequeños productores lecheros de las provincias de Tundama y Sugamuxi se caracterizan por poseer pequeñas unidades de producción poco productivas, donde su límite máximo de animales es 20; estas personas tienen tierras escasas y de regular calidad, bajos niveles de estudio, de preparación, de capacidad económica, de calidad de vida. Igualmente se caracterizan por explotar su negocio de manera familiar con producción de auto subsistencia y tradicional, no tienen acceso a crédito. Sienten miedo de invertir en tecnologías costosas e innovadoras, pues no creen que

con ellas aumente la producción, mejoren sus ingresos y eleven su nivel de vida, así mismo son personas que están acostumbradas a vender barato y a obtener bajos ingresos (WILCHES ROJAS, 2009).

Grafico 4-4 Incremento en costos Vs Incremento en ingresos I semestre de 2011



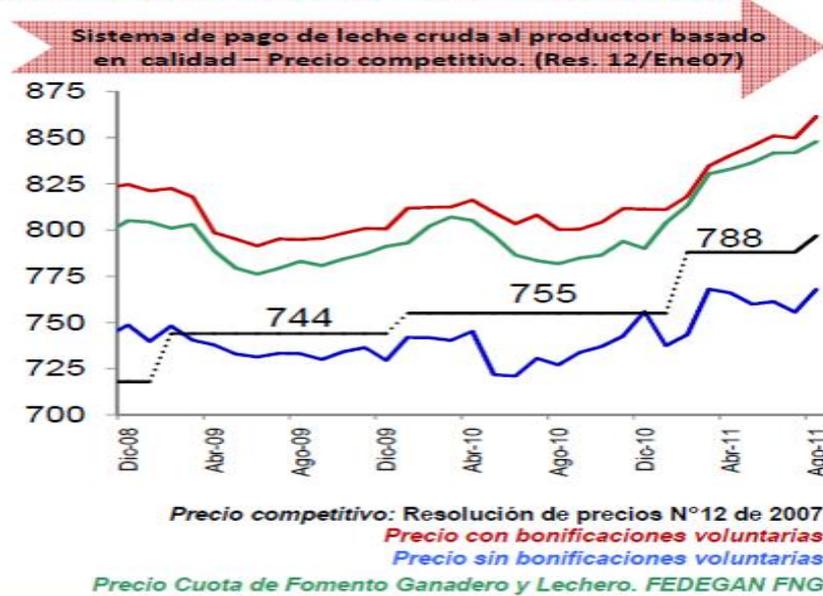
FEDEGAN. (2011). *La ganadería colombiana y las cadenas lácteas*. Bogotá.

Durante el primer semestre de 2011 los costos para el ganadero registran incrementos superiores a la inflación total en todas las actividades ganaderas. Mientras que la inflación semestral acumula 2,53%, la lechería especializada alcanza 3,2%, las actividades de doble propósito 3,9%, la cría 3,2% y la ceba 2,9% (Gráfico 4-4). (FEDEGAN, 2011)

En cuanto al aspecto económico los pequeños productores no se proyectan con gran optimismo, la situación general del país ha llevado a una baja inversión en el campo, igualmente en el precio pagado (Gráfico 4-5), no compensa los esfuerzos realizados a causa de todo esto los productores se encuentran en disposición de aceptar alternativas de organización que les permitan buscar mejores niveles de ingresos a través de cambios importantes que modifique su estructura y cree ventajas competitivas que los haga parte del sector agroalimentario lechero. Como se observa en el gráfico 4-5, el precio de la leche fresca ha venido subiendo en los últimos meses pero existe el sistema de pago de leche cruda al productos basado en la calidad para conseguir un precio competitivo, pero para ello falta inversión y capacitación a los productores sobre el buen manejo de sus hatos y de tierras asignadas para llegar a esta calidad del producto.

Grafico 4-5 Precio de leche fresca (\$/Litro en finca)

Sistema de pago de leche cruda al productor



Fuente: MADR (USP: unidad de seguimiento de precios) - FEDEGAN. Cálculos Oficina de Planeación

FEDEGAN. (2011). *La ganadería colombiana y las cadenas lácteas*. Bogotá.

Esta opción organizativa, se explora por los motivos mencionados y además por los problemas que se presentan frecuentemente con el intermediario quien se aprovecha siempre del pequeño lechero desmoralizándolo al cambiarle los volúmenes de producto y pagando barato y aprovechándose de las condiciones que le impiden al productor comercializar su producto (poder de negociación), estas razones son las que determinan el funcionamiento de este sistema, obligan a establecer gestiones concretas que se deben seguir para asesorar correctamente a los participantes, promoviendo el desarrollo, aumentando la productividad agropecuaria y contribuyendo a favor de los cambios esperados.

Vale la pena trabajar con los pequeños productores lecheros de las provincias Tundama y Sugamuxi, para acelerar el ritmo de progreso y crecimiento, pues la realidad es que mientras los grandes ganaderos consiguen avances significativos en su producción, los pequeños se mantienen contra los factores que los atan permanentemente en la pobreza. Una opción organizacional como esta, no puede ser realidad, sin la participación comunitaria, la inversión social, la cooperación de todos los participantes, unas buenas relaciones laborales y brindar capacitación y estudio (BLANCO & MARTNEZ, 2003).

4.3.2 Pequeños Productores

Número de trabajadores: Se observa que el 80% de los productores tienen un trabajador y tan solo un 20% cuenta con dos trabajadores la mano de obra utilizada es muy escasa debido precisamente a que el productor por su tamaño no requiere mucha mano de obra, además de ello el acude a mano de obra familiar, para lo cual requiere de un trabajador y a veces cuando hay que correr cercas o trabajos más

pesados ya no de uno sino de dos trabajadores pero exactamente en casos muy necesario.

Extensión y potreros en la finca: El 95.1% no sobrepasa las 5 hectáreas, los pocos que tienen de 6ª 10 hectáreas son tan solo el 3.7% de los productores, extensiones que son utilizadas no solo para la producción de leche, sino también para cultivar la tierra, ya que este productor están pequeño que dedica su actividad a otro tipo de producción como la agrícola, para manutención de la ganadería. El 86% de los productores dividen los potreros en proporción al tamaño de tierra destinada para el trabajo con ganadería, entre 1 y 5 potreros, aun así el productor es apático a mejorar sus parcelas porque según ellos la producción no genera utilidades para hacer buen manejo de potreros.

Tipo de finca y administración: El 77.6% de las fincas son propias tan solo el 22.4% son en arriendo, son predios que el productor toma compartiendo cuidado de ganado con cultivos transitorios, para en los terrenos propios alternar con cultivos para manutención del núcleo familiar. La administración de la finca es llevada a cabo por el productor propietario, en un 20.5% los productores dejan las fincas a cargo de segundas personas, sin pago de arriendo a cambio de cuidar los predios y los animales (Tabla 4-1).

Tabla 4-1 Aspectos técnicos de la finca lechera en Sugamuxi

| ASPECTO TECNICO | SI (%) | NO (%) |
|------------------------------------|---------------|---------------|
| Inseminación de animales | 73.4 | 26.6 |
| Equipo de ordeño | 13.3 | 86.7 |
| Cerca eléctrica | 96.5 | 3.5 |
| Equipo de riego | 75 | 25 |
| Fertilización d praderas | 98.6 | 1.4 |
| Técnicas de conservación de pastos | 13.9 | 86.1 |

CUELLAR, G., & ZORRO, R. (2006). Diagnostico para identificar los sistemas de gestion en la empresa lechera de los municipios de Iza, Firavitoba, Cuitiva y Pesca. Duitama.

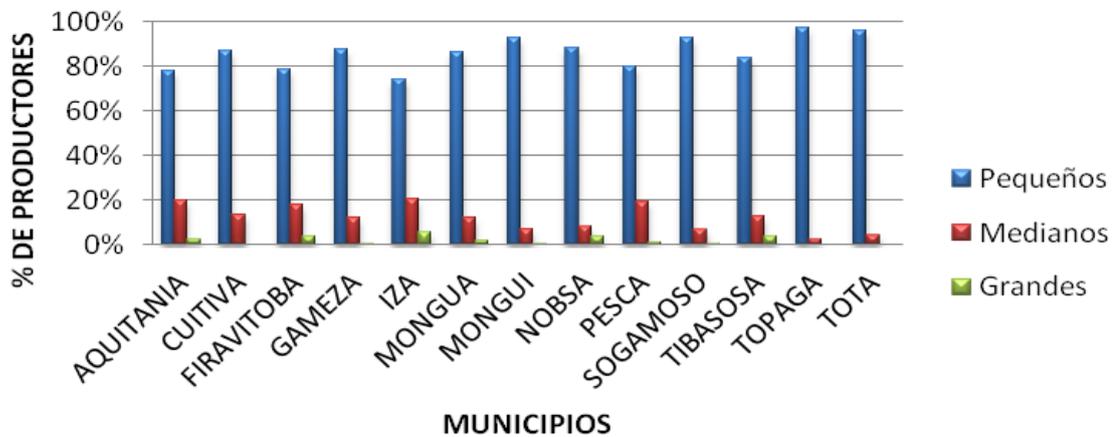
Producción diaria y número de ordeños: La producción de leche es relativamente buena, presentándose un promedio de 50 litros al día, pero se encuentran pequeños productores que tienen una producción superior a los 100 litros, precisamente son esos productores pertenecientes al 24% de las que practican ordeño dos veces al día y que presentan un mejor manejo, la raza predominante es la normado, en menor proporción encontramos la raza holstein, es importante resaltar que hay gran porcentaje de este ganado, encontrando fincas con aceptación al mejoramiento genético y por ende a la calidad del producto.

Con respecto al precio de la leche, en el 100% de las fincas el productor esta in conforme con el precio que pagan por el producto, es muy bajo y la excusa de os intermediarios es por el difícil acceso a las vías para recoger el producto, pero no tienen otra alternativa porque no tienen un mercado al cual ofrecer a un mejor precio, adaptándose a las condiciones del comprador (intermediario). El productor igualmente

no posee los medios para ofrecer un producto transformado por lo cual tiene que vender el producto a como se lo paguen.

La provincia de Sugamuxi presenta un gran número de pequeños productores (86% del total de los productores) (Gráfico 4-6), cuyas condiciones de infraestructura en cuanto a bebederos de agua inexistentes, ausencia de sistemas de riego para los pastos o deficientes vías de acceso genera en el eslabón de producción primaria efectos negativos en cuanto a los rendimientos de su actividad económica, tanto por el tiempo como por la dificultad en la entrega del producto.

Gráfico 4-6 Porcentaje de productores en cada municipio



Fuente: Datos del Estudio

Para la mayoría de estos productores la leche constituye la principal alternativa de ingreso, la cual no les permite tener un poder adquisitivo importante para el buen cuidado y manejo del ganado, generando una producción de pequeñas cantidades con deficiencias en la calidad, sin embargo esto también se debe en muchos casos a las costumbres que estos poseen en cuanto a la explotación del ganado. En la provincia existen cooperativas como COBINAGA Y AGRONIT que propenden por el fortalecimiento de estos pequeños productores y algunos medianos, mediante asistencias técnicas, capacitaciones y pruebas realizadas para la recepción de la leche en los centros de acopio que cada una de estas cooperativas poseen.

Los productores medianos de la provincia no superan el 21% del total de productores en cada uno de los municipio y representan el 12% del total de productores en la provincia, de todas formas aportan una gran cantidad de leche (30% del total de la producción) a la provincia, sin importar que haya una gran diferencia con el porcentaje de productores pequeños. Esto se debe al tipo de ganado que predomina en esta categoría que es Holstein, la cual produce más volumen en comparación a la Normando.

4.3.3 Centros de Acopio

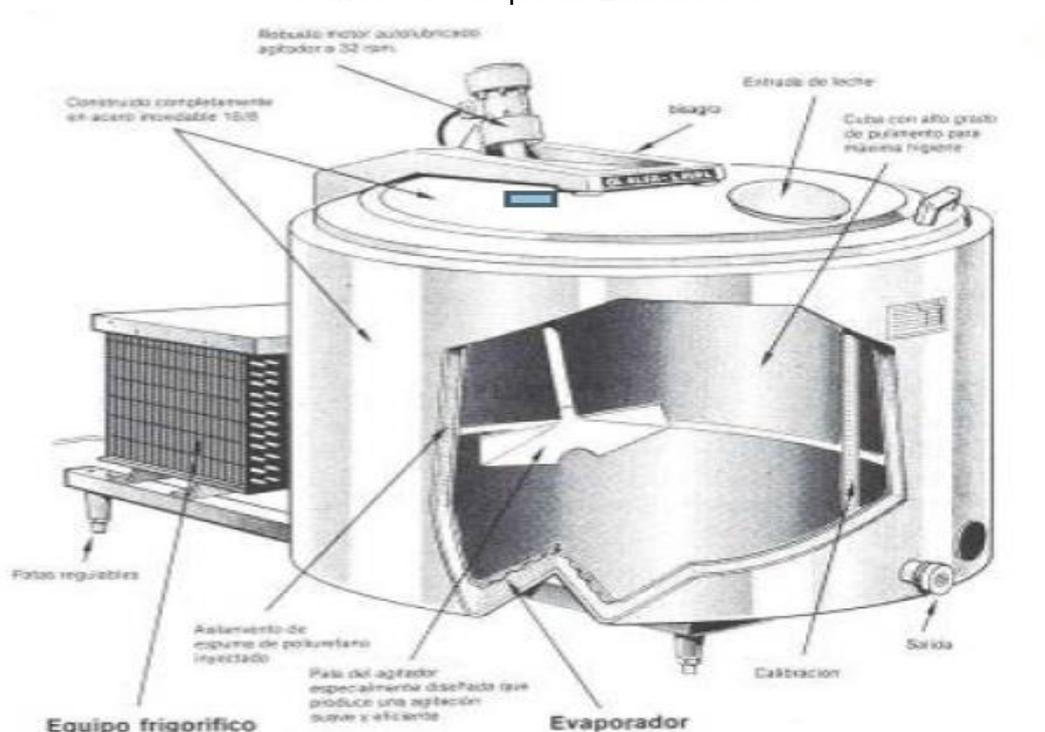
Los centros de acopio cumplen la función de reunir la producción de pequeños productores para que puedan competir en cantidad y calidad en los mercados de los

grandes centros urbanos; confluye la leche proveniente de hatos y ganaderías. Los hay formales como los propiciados por las grandes empresas lecheras y los hay informales. El acopiador informal es un actor denominado el “crudero” que lleva la leche directamente del productor al consumidor haciendo caso omiso de condiciones higiénicas. Este negocio está auspiciado por los estereotipos de ciertos consumidores que erróneamente juzgan que este tipo de producto es más nutritivo que la leche procesada industrialmente

El proceso comienza en las fincas donde se realiza el ordeño de los ruminantes, inmediatamente después de producida la leche hay que enfriarla para detener el proceso natural de deterioro. Generalmente el ganadero deposita su leche en cantinas para remitirlos hasta el Centro de Acopio para su enfriamiento y almacenamiento hasta su procesamiento o hasta que un camión cisterna pase a recolectar las leches destinadas a las plantas de procesamiento.

El enfriamiento se realiza en tanques especiales empleados en los establos, centros de acopio y en las industrias lácteas, donde la leche se enfría desde la temperatura de ordeño (35 a 37°C) a la temperatura ideal de conservación de la leche de 4°C (Gráfico 4-7), (a una temperatura ambiente promedio de 17 °C) (ZAVALA POPE, 2009). La leche así enfriada es conservada hasta la llegada de los camiones cisternas que transportan la leche a las plantas de evaporación o de pasteurización. Los tanques de enfriamiento son dimensionados generalmente para uno o dos ordeños diarios. El proceso físico de enfriamiento se da por adsorción del calor de la leche, por evaporación de gas refrigerante en unos serpentines adosados a las paredes inferiores del tanque de leche.

Gráfico 4-7 Tanque de Enfriamiento



ZAVALA POPE, J. M. (2009). *Manual de centros de acopio y pasteurización en pequeña escala*. Lima, Peru.

La leche se mantiene en agitación mecánica dentro del tanque, a una velocidad adecuada que evita la formación de espuma, con la finalidad de poner en contacto con la superficie refrigerante a toda la leche que se va almacenando conforme progresa el acopio de leche ordeñada. Los tanques de enfriamiento poseen externamente un aislamiento (poliuretano expandido) que evita que el calor medioambiental penetre y caliente la leche ya enfriada. El gas refrigerante tiene su propio circuito que consta de un compresor eléctrico, tanque de almacenamiento del refrigerante, condensador, válvula de expansión y un sistema de regulación termostático. Los tanques de enfriamiento son confeccionados generalmente en forma cilíndrica, dispuestos vertical u horizontalmente, en acero inoxidable 304 para uso alimenticio con acabado sanitario, el sistema de limpieza puede ser manual o automático. Los tanques con sistemas de limpieza aromáticos tienen una secuencia en que se programan lavados de agua fría y caliente con soluciones detergentes y bactericidas. Los tanques utilizados en centros de acopio, donde la leche se enfrían algunas horas después del ordeño, se tiene que privilegiar una recolección diaria. Los equipos están diseñados para bajar la temperatura de leche a 4 °C dentro de las 3 horas de operación (ZAVALA POPE, 2009)

4.3.4 Cliente Final

Las procesadoras de leche de la provincia del Sugamuxi son muy pequeñas empresas por lo general familiares, las que ya se han podido identificar son Peslac y Lácteos Ocam ubicadas en el municipio de Firavitoba; lácteos los Ángeles, Lácteos la laguna y Queso Rico ubicadas en la ciudad de Sogamoso y el resto de las procesadoras son artesanales que por lo general hacen queso.

4.4 Investigación de Campo (Modulo 4: Trabajo de campo)

4.4.1 Diseño metodológico

En este estudio se aplicó un diseño metodológico no experimental de carácter exploratorio – descriptivo, con un muestreo no probabilístico en forma de sondeo en la aplicación de las encuestas, el cual está elaborado de manera tal que permita adquirir la información suficiente y necesaria para tener un buen conocimiento de la eficiencia de la cadena láctea: El estudio se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia o intencional, este tipo de muestreo permite disminuir los costos en los que se pudiese incurrir por realizar un cubrimiento de una muestra mayor y los inconvenientes que se pueden observar en campo como por ejemplo la pertinencia de los individuos encuestados para la aplicación del instrumento, ya que en muchos casos se evidencio que no todos los pequeños productores estaban dispuestos a realizar la encuesta o que las personas con las que se tenía contacto no eran idóneas para responder algunas preguntas específicas para definir la estructura de costos básica de la operación, además que la accesibilidad a los productores por su ubicación presenta una dispersión y lejanía de su respectivo acopio es considerable lo que planteaba un obstáculo teniendo en cuenta la disponibilidad de

recursos por visita y aplicación del instrumento (que se calculó en \$11.400 por predio).

4.4.2 Marco Geográfico

El presente estudio se realizó en el departamento de Boyacá, en la provincia del Sugamuxi. Esta provincia comprende trece municipios: Sogamoso (La Capital), Aquitania, Cuitiva, Firavitoba, Gámeza, Iza, Mongua, Monguí, Nobsa, Pesca, Tibasosa, Tópaga, Tota.

4.4.3 Fuentes de Información:

En su mayor parte la información colectada se halló en Federación de Ganaderos de Boyacá FABEGÁN, Centro de Servicios Tecnológicos Ganaderos, TECNIGAN Duitama; además se recolectó en campo con productores y centros de acopio de la Provincia del Sugamuxi.

Fuentes primarias: los actores del sistema de mercadeo encuestados fueron: Productores, Acopiadores y Procesadores

Fuentes secundarias: Documentos de internet, Documentos de bibliotecas de la Universidad Nacional de Colombia y La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, La Secretaría de Agricultura de la Gobernación de Boyacá, Federación Nacional de Ganaderos de Colombia – FEDEGAN

4.4.4 Instrumentos para la Recolección de la Información:

Para la recolección de la información se usaron encuestas (ver anexos 2) los cuales fueron diseñados para cada tipo de encuestado; este instrumento recoge principalmente en los centros de acopio información sobre proveedores, insumos, calidad de la leche, medios de transporte, capacidad de almacenamiento, distribución y los precios pagados; en la de los productores se recoge información sobre número de cabezas de ganado, producción de leche día, alimentación del ganado, sistemas de ordeño y costo asociados a la producción de leche.

Adicionalmente se averigua el conocimiento del agente sobre el acuerdo de competitividad de la cadena. Los encuestados se clasifican principalmente en productores y centros de acopio.

4.4.5 Población y Muestra:

La población objetivo de la investigación quedó constituida por 112 agentes entre productores, centros de acopio y procesadores leche cruda de la provincia de Sugamuxi. La selección de los encuestados tuvo en cuenta:

Que se hallaran dentro de la provincia de Sugamuxi y manifestaran aceptación para participar en el estudio, las muestras estaban compuestas por:

- Productores 102
- Acopiadores 8
- Procesadores 2

4.4.6 Métodos de procesamiento y sistematización de la información:

Información: La información obtenida fue procesada tabulando los datos por encuesta y por pregunta, luego se usó el programa Microsoft Excel® aplicando estadística descriptiva; se usaron las medidas de tendencia central como media, de dispersión como la varianza de los datos; también se usaron porcentajes y proporcionalidad que reflejan en una forma más adecuada los resultados; se usaron herramientas computacionales como Geogebra, Autocad, Gam, y Google Maps.

Recolección de la Información:

En el proceso de recolección de la información se procedió a la colaboración dos estudiantes de la Universidad Pedagógica Y Tecnológica de Colombia la UPTC; los cuales aplicaron encuestas a la población objetivo para conocer algunas características del proceso de acopio y mediante Global Positioning System GPS se establecieron coordenadas para determina la ubicación actual de los dos eslabones productores como los centros de acopio que son aquellos en los que se enfoca la investigación,

4.5 Análisis de la investigación de campo (Modulo 5: Análisis)

En el siguiente segmento se procede a analizar la información encontrada en el trabajo de campo, donde se describe a continuación la situación actual de los eslabones que fueron escogidos para el estudio.

4.5.1 Centros de acopio

Se tomaron como referentes ocho centros de acopio de la provincia de sugamuxi, los cuales corresponden a pequeños centros de recolección de leche; estos se encuentran ubicados en los municipios más productores como Iza, Firavitoba, Tibasosa y Sogamoso ,por lo general son microempresas familiares o de sociedades los que consolidan flujo físico de los productores medianos y pequeños, los grandes productores mantienen sus propios tanque de enfriamiento en sus fincas y suministran directamente a los carro-tanques de las procesadoras nacionales y de los cuales muy pocas personas saben que existen.

4.5.1.1 Capacidad de los centros de acopio

De los centros de acopio que consolidan flujo físico de pequeños y medianos productores se han reconocido ocho, ubicados de la siguiente manera, tres en el municipio de Firavitoba, tres ubicados en el municipio de Sogamoso, uno ubicado en el municipio de Iza y uno ubicado en el municipio de Tibasosa, los demás se hayan ocultos en las fincas de los grandes productores. Mediante las encuestas que fueron aplicadas por los estudiantes se logró encontrar datos técnicos sobre su capacidad instalada. A continuación se muestra una breve descripción de cada uno de los centros de acopio (Gráfico 4-8).

Gráfico 4-8 Centros de acopio provincia Sugamuxi

| INFORMACION GENERAL DE CENTRO DE ACOPIO | | | INFORMACION GENERAL DE CENTRO DE ACOPIO | | | INFORMACION GENERAL DE CENTRO DE ACOPIO | | |
|---|----------------------------|-------------------|---|----------------------------|-------------------|---|-------------------------|-------------------|
| Nombre | Acopio Santa Helena | | Nombre | Acopio El Carmen | | Nombre | Lacteos Sogamoso | |
| Ubicación | Vado Castro | | Ubicación | Vereda San Jose de Bolivar | | Ubicación | Barrio Simon Bolivar | |
| Municipio | Sogamoso | | Municipio | Sogamoso | | Municipio | Sogamoso | |
| CAPACIDAD TOTAL DE ACOPIO | | | CAPACIDAD TOTAL DE ACOPIO | | | CAPACIDAD TOTAL DE ACOPIO | | |
| Nº de Tanques | 2 | | Nº de Tanques | 2 | | Nº de Tanques | 1 | |
| Capacidad de Tanque 1 | 5200 Litros | | Capacidad de Tanque 1 | 2000 Litros | | Capacidad de Tanque 1 | 3200 Litros | |
| Capacidad de Tanque 2 | 5000 Litros | | Capacidad de Tanque 2 | 1000 Litros | | | | |
| RUTAS DE ACOPIO | | | RUTAS DE ACOPIO | | | RUTAS DE ACOPIO | | |
| Nº de Rutas | Nombre Ruta | Cantidad de Flujo | Nº de Rutas | Nombre Ruta | Cantidad de Flujo | Nº de Rutas | Nombre Ruta | Cantidad de Flujo |
| Ruta 1 | Tota-Iza | 1500 Litros | Ruta 1 | Mongua | 400 Litros | Ruta 1 | San Antonio | 1000 Litros |
| Ruta 2 | Tota | 1500 Litros | Ruta 2 | Gameza | 400 Litros | Ruta 2 | Nocuata | 1000 Litros |
| Ruta 3 | Gameza 1 | 1500 Litros | Ruta 3 | Tasco | 400 Litros | Ruta 3 | Cuítiva | 800 Litros |
| Ruta 4 | Gameza 2 | 2000 Litros | Ruta 4 | Topaga | 400 Litros | Ruta 4 | Gameza | 300 Litros |
| Ruta 5 | Mongua | 2000 Litros | Ruta 5 | Mongui | 200 Litros | Ruta 5 | Otros | 100 Litros |
| VEHICULO | | | VEHICULO | | | VEHICULO | | |
| Camioneta 3000-4000 c.c | 2000-4000 kg | 1 | Camioneta 2000-3000 c.c | 1000-2000 kg | 1 | Camioneta 2000-3000 c.c | 1000-2000 kg | 1 |
| | | | | | | Camioneta 3000-4000 c.c | 2000-4000 kg | 1 |
| CLIENTES | | | CLIENTES | | | CLIENTES | | |
| Nombre de Cliente | PARMALAT | | Nombre de Cliente | ALQUERIA | | Nombre de Cliente | PARMALAT | |

|  | | | |  | | | |  | | | |
|---|----------------------|-------------------|-------------------------|--|----------------------------|-------------------------|-------------|---|----------------------|--|--|
| INFORMACION GENERAL DE CENTRO DE ACOPIO | | | | INFORMACION GENERAL DE CENTRO DE ACOPIO | | | | INFORMACION GENERAL DE CENTRO DE ACOPIO | | | |
| Nombre | Acopio Santa Helena | | | Nombre | Acopio El Carmen | | | Nombre | Bosconia | | |
| Ubicación | Vado Castro Sogamoso | | | Ubicación | Vereda San Jose de Bolivar | | | Ubicación | Barrio Santa Aguella | | |
| Municipio | Sogamoso | | | Municipio | Sogamoso | | | Municipio | Firavitoba | | |
| CAPACIDAD TOTAL DE ACOPIO | | | | CAPACIDAD TOTAL DE ACOPIO | | | | CAPACIDAD TOTAL DE ACOPIO | | | |
| Nº de Tanques | 2 | | | Nº de Tanques | 2 | | | Nº de Tanques | 1 | | |
| Capacidad de Tanque 1 | 5200 Litros | | | Capacidad de Tanque 1 | 2000 Litros | | | Capacidad de Tanque 1 | 2500 Litros | | |
| Capacidad de Tanque 2 | 3800 Litros | | | Capacidad de Tanque 2 | 1000 Litros | | | | | | |
| RUTAS DE ACOPIO | | | RUTAS DE ACOPIO | | | RUTAS DE ACOPIO | | | | | |
| Nº de Rutas | Nombre Ruta | Cantidad de Flujo | Nº de Rutas | Nombre Ruta | Cantidad de Flujo | Nº de Rutas | Nombre Ruta | Cantidad de Flujo | | | |
| Ruta 1 | Tota-Iza | 1500 Litros | Ruta 1 | Mongua | 400 Litros | Ruta 1 | San Antonio | 500 Litros | | | |
| Ruta 2 | Tota | 1500 Litros | Ruta 2 | Gameza | 400 Litros | Ruta 2 | Bosque | 500 Litros | | | |
| Ruta 3 | Gameza 1 | 1500 Litros | Ruta 3 | Tasco | 400 Litros | Ruta 3 | Tota | 300 Litros | | | |
| Ruta 4 | Gameza 2 | 2000 Litros | Ruta 4 | Topaga | 400 Litros | | | | | | |
| Ruta 5 | Mongua | 2000 Litros | Ruta 5 | Mongui | 200 Litros | | | | | | |
| VEHICULO | | | | VEHICULO | | | | VEHICULO | | | |
| Camioneta 3000-4000 c.c | 2000-4000 kg | 1 | Camioneta 2000-3000 c.c | 1000-2000 kg | 1 | Automovil 1000-2000 c.c | 500-1000 kg | 1 | | | |
| CLIENTES | | | | CLIENTES | | | | CLIENTES | | | |
| Nombre de Cliente | PARMALAT | | | Nombre de Cliente | ALQUERIA | | | Nombre de Cliente | ALQUERIA | | |

|  | | | |  | | | |  | | | |
|---|----------------|-------------------|-------------------------|--|-------------------|-------------------------|--------------|---|------------------|--|--|
| INFORMACION GENERAL DE CENTRO DE ACOPIO | | | | INFORMACION GENERAL DE CENTRO DE ACOPIO | | | | INFORMACION GENERAL DE CENTRO DE ACOPIO | | | |
| Nombre | El Mortiño | | | Nombre | Agronit | | | Nombre | AFC | | |
| Ubicación | Vereda El Ocan | | | Ubicación | Sector La Valvula | | | Ubicación | Vereda El Ocan | | |
| Municipio | Firavitoba | | | Municipio | Iza | | | Municipio | Firavitoba | | |
| CAPACIDAD TOTAL DE ACOPIO | | | | CAPACIDAD TOTAL DE ACOPIO | | | | CAPACIDAD TOTAL DE ACOPIO | | | |
| Nº de Tanques | 1 | | | Nº de Tanques | 1 | | | Nº de Tanques | 1 | | |
| Capacidad de Tanque 1 | 2500 Litros | | | Capacidad de Tanque 1 | 1900 Litros | | | Capacidad de Tanque 1 | 2500 Litros | | |
| RUTAS DE ACOPIO | | | RUTAS DE ACOPIO | | | RUTAS DE ACOPIO | | | | | |
| Nº de Rutas | Nombre Ruta | Cantidad de Flujo | Nº de Rutas | Nombre Ruta | Cantidad de Flujo | Nº de Rutas | Nombre Ruta | Cantidad de Flujo | | | |
| Ruta 1 | Tintal | 165 Litros | Ruta 1 | Iza | 690 Litros | Ruta 1 | Pedregal | 1300 Litros | | | |
| Ruta 2 | Monbita Llano | 262 Litros | Ruta 2 | Centro | 360 Litros | Ruta 2 | Firavitba | 560 Litros | | | |
| Ruta 3 | Aposentos | 300 Litros | Ruta 3 | Sogamoso-Iza | 420 Litros | | | | | | |
| Ruta 4 | Tintal-Monjas | 370 Litros | Ruta 4 | Iza (2) | 257 Litros | | | | | | |
| Ruta 5 | Argentina | 300 Litros | Ruta 5 | Centro (2) | 50 Litros | | | | | | |
| Ruta 6 | La Esperanza | 170 Litros | | | | | | | | | |
| VEHICULO | | | | VEHICULO | | | | VEHICULO | | | |
| Automovil 1000-2000 c.c | 500-1000 kg | 1 | Camioneta 2000-3000 c.c | 1000-2000 kg | 2 | Camioneta 2000-3000 c.c | 1000-2000 kg | 2 | | | |
| Camioneta 2000-3000 c.c | 1000-2000 kg | 1 | | | | | | | | | |
| CLIENTES | | | | CLIENTES | | | | CLIENTES | | | |
| Nombre de Cliente | ALQUERIA | | | Nombre de Cliente | ALQUERIA | | | Nombre de Cliente | ALQUERIA-ALGARRA | | |

| | | | | | |
|---|--------------|-------------------|--|--------------|-------------------|
|  | | |  | | |
| INFORMACION GENERAL DE CENTRO DE ACOPIO | | | INFORMACION GENERAL DE CENTRO DE ACOPIO | | |
| Nombre | Agronit | | Nombre | Agronit | |
| Ubicación | | | Ubicación | | |
| Municipio | Tibasosa | | Municipio | Tibasosa | |
| CAPACIDAD TOTAL DE ACOPIO | | | CAPACIDAD TOTAL DE ACOPIO | | |
| Nº de Tanques | 3 | | Nº de Tanques | 3 | |
| Capacidad de Tanque 2 | 1900 | Litros | Capacidad de Tanque 1 | 1950 | Litros |
| RUTAS DE ACOPIO | | | RUTAS DE ACOPIO | | |
| Nº de Rutas | Nombre Ruta | Cantidad de Flujo | Nº de Rutas | Nombre Ruta | Cantidad de Flujo |
| Ruta 1 | Nobsa | 167 Litros | Ruta 1 | Nobsa | 167 Litros |
| Ruta 2 | Tibasosa | 2000 Litros | Ruta 2 | Tibasosa | 2000 Litros |
| Ruta 3 | Sogamoso | 600 Litros | Ruta 3 | Sogamoso | 600 Litros |
| Ruta 4 | Suescun | 125 Litros | Ruta 4 | Suescun | 125 Litros |
| | | | | | |
| VEHICULO | | | VEHICULO | | |
| Automovil 1000-2000 c.c | 500-1000 kg | 1 | Automovil 1000-2000 c.c | 500-1000 kg | 1 |
| Camioneta 2000-3000 c.c | 1000-2000 kg | 2 | Camioneta 2000-3000 c.c | 1000-2000 kg | 2 |
| Camioneta 3000-4000 c.c | 2000-4000 kg | 1 | Camioneta 3000-4000 c.c | 2000-4000 kg | 1 |
| CLIENTES | | | CLIENTES | | |
| Nombre de Cliente | ALQUERIA | | Nombre de Cliente | ALQUERIA | |

Fuente: Datos de Estudio

Como se observa en cada una de sus fichas técnicas cada centro de acopio se describe el nombre de cada uno, su ubicación, el número de tanques que determina la capacidad instalada, el número de rutas que posee y la cantidad de litros acopiados por viajes; presenta una breve descripción de los medios de transporte que utilizan para sus visitas a los productores y cuál es su principal cliente, por lo general son grandes empresas como Alquería, Algarra y Parmalat.

Estos centros de Acopio por lo general va a recolectar la leche a fincas alejadas y / o dispersas de las cabeceras municipales y efectúa el acopio de la leche cruda finca por finca; se encuentran establecidos en las veredas en locales sencillos establecidos para tal fin, como puede ser un garaje o una bodega pequeña donde se encuentran los tanques refrigerantes; la calidad del producto se mantiene con la supervisión de las plantas pasteurizadoras le exigen unos estándares de calidad. La capacidad de los tanques oscila en la provincia entre los 5000 Litros y 2000 Litros.

Se realizó la georeferenciación de los centros de acopio mediante el GPS (Tabla 4-3); están expresadas en coordenadas cartesianas donde su punto de referencia es la

ciudad de Bogotá; estas coordenadas están dadas en metros en la siguiente tabla se determina la ubicación de cada uno de los centros de acopio

Tabla 4-2 Centros de Acopio Georeferenciación

| NOMBRE DE ACOPIO | MUNICIPIO | GEOREFERENCIACION | | |
|-------------------------|------------|-------------------|---------|--------|
| | | LONGITUD | LATITUD | ALTURA |
| Agronit | Tibasosa | 1120250 | 1128526 | 2501 |
| Agronit | Iza | 1121171 | 1113836 | 2542 |
| Lácteos Sogamoso | Sogamoso | 1126247 | 1123736 | 2506 |
| El Carmen | Sogamoso | 1131668 | 1128649 | 2512 |
| Santa Helena | Sogamoso | 1134439 | 1129772 | 2505 |
| Bosconia | Firavitoba | 1119793 | 1118703 | 2512 |
| AFC Enfriadora | Firavitoba | 1121134 | 1118441 | 2521 |
| EL Mortiño | Firavitoba | 1121628 | 1118385 | 2524 |

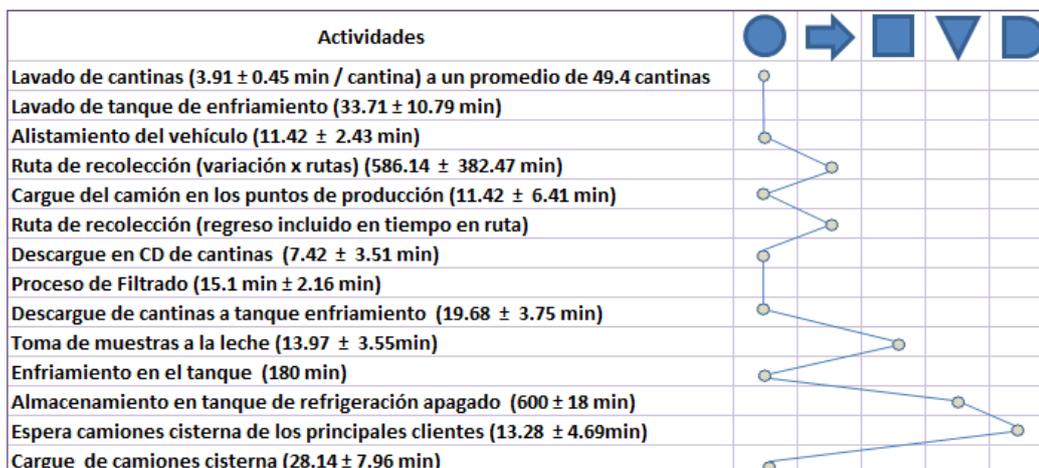
Fuente: Datos del Estudio

Las coordenadas establecidas para dicho centro es una información valiosa para el desarrollo del modelo de ruteo que se desarrollara más adelante; es importante establecer que los centros de acopio son los encargados de conservar el producto en óptimas condiciones para la entrega a su cliente final.

4.5.1.2 Estructura de costos de los centros de acopio

Para la determinación de los costos generados se tomaron en cuenta tanto los costos operativos como los gastos financieros, que en muchas ocasiones no son percibidos por el propietario como parte de su actividad (como la depreciación de sus activos o el pago de impuestos), apoyado con la observación del proceso realizado por los acopios y los resultados tabulados de las encuestas se construyó un flujograma del proceso diario de recolección y acopio en los centros, para la muestra tomada no se evidenciaron diferencias significativas en el proceso entre acopios, aunque se aclara que pueden variar los tiempos en las actividades en la medida que exista una diferencia en volúmenes (generalmente dicha diferencia se encuentra compensada por el uso de mayor mano de obra), el flujograma de actividades de los centros de acopio se muestra a continuación(Gráfico 4-9).

Grafico 4-9 Flujograma del proceso de acopio



Fuente: Datos del Estudio

La principal labor del acopio se centra en la recolección de leche fresca en los puntos productores con los que ya mantiene una relación comercial que se basa principalmente en tres factores: calidad, precio y transporte. En tanto a la selección del proveedor mientras el 33% de los acopios prefieren un producto de elevada calidad el 67% decide con base en el precio por litro al que ofrece el pequeño productor, para efectos de la negociación del precio los acopios manifestaron en un 72% que ésta se basa en el pago y en un 24% en el transporte para realizar la recolección (datos del estudio). Las demás actividades de la operación diaria se enfocan en el mantenimiento de los medios de almacenamiento y en la atención a los camiones cisterna que envían sus clientes para abastecer los centros procesadores, debido a que la labor diaria presenta una rutina bien definida no se evidencio la planeación de sus actividades de acopio, el 75% de los acopios menciona no tener conocimiento de las necesidades de los pequeños productores y el 100% no tiene conocimiento de las necesidades de sus clientes, otro tipo de estrategias como la planeación de rutas o la utilización de alguna política de inventario no se menciona por ninguno de los acopios o pequeños productores, esto obedece a que por el contexto cultural altas pérdidas por sobrecostos de la cadena y la merma presentada no son tomadas en cuenta siempre y cuando se genere algún tipo de utilidad aunque ésta sea mínima.

En general un centro de acopio genera para sí una utilidad mensual de 3.2MM de pesos (datos del estudio) con una desviación estándar de 1.39MM, que corresponde a la diferencia entre los ingresos por la venta de la leche fresca y los costos incurridos, dado que en promedio se logra un precio de venta de \$840 pesos por litro de leche mientras que se paga al pequeño productor un precio de \$750 pesos por litro en promedio (datos del estudio.) se pueden soportar los costos logrando una utilidad como la descrita (Tabla 4-4).

Tabla 4-3 Estructura de Costos Centro de Acopio

Según los datos recopilados en las encuestas y las visitas elaboradas por los estudiantes lograron establecer algunos indicadores claves que muestran la situación actual la de estructura de costos en que incurre el centro de acopio en el proceso presenta a continuación con la siguiente tabla

| | | | | | Acopio | Tibasosa | Iza | Sogamoso | Sogamoso | Firavitoba | Sogamoso | Firavitoba | Firavitoba |
|-----------------------|---|-----------------|-----------------|---------------|-------------------|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| | | | | | Centros atendidos | Agronit Tibasosa | Agronit Iza | Lacteos Sogamoso | El Carmen | Bosconia | Santa Helena | Afc | El Mortiño |
| Tipo | Generador de costo | Promedio | Maximo | Minimo | Desv | 70 | 66 | 74 | 64 | 111 | 75 | 62 | 69 |
| Automoviles | Costo Total \$/Mes (Combustible) | \$ 908.040,00 | \$ 1.500.000,00 | \$ 540.000,00 | \$ 33.252,14 | \$ 889.612 | \$ 935.844 | \$ 982.520 | \$ 873.405 | \$ 867.674 | \$ 929.118 | \$ 992.722 | \$ 931.901 |
| Automoviles | Mantenimiento (Preventivo, Correctivo) \$/Mes | \$ 88.000,00 | \$ 200.000,00 | \$ 35.000,00 | \$ 84.239,74 | \$ 27.366 | \$ 8.827 | \$ 155.015 | \$ 92.004 | \$ 45.964 | \$ 208.574 | \$ 100.253 | \$ 184.673 |
| Automoviles | Llantas \$/Mes | \$ 38.888,89 | \$ 52.777,78 | \$ 27.777,78 | \$ 12.525,69 | \$ 25.830 | \$ 36.516 | \$ 40.206 | \$ 38.884 | \$ 9.883 | \$ 68.906 | \$ 32.802 | \$ 28.010 |
| Automoviles | Soat \$/Mes | \$ 40.777,08 | \$ 75.000,00 | \$ 22.275,00 | \$ 26.750,27 | \$ 40.707 | \$ 4.325 | \$ 69.863 | \$ 8.162 | \$ 7.626 | \$ 30.201 | \$ 3.041 | \$ 16.058 |
| Automoviles | Impuesto De Rodamiento \$/Mes | \$ 8.333,33 | \$ 15.833,33 | \$ 1.083,33 | \$ 7.375,35 | \$ 7.663 | \$ 8.390 | \$ 12.624 | \$ 14.760 | \$ 5.675 | \$ 4.428 | \$ 5.174 | \$ 11.932 |
| Automoviles | Sueldo Mensual Persona | \$ 340.000,00 | \$ 400.000,00 | \$ 300.000,00 | \$ 50.332,23 | \$ 455.062 | \$ 360.698 | \$ 411.895 | \$ 352.776 | \$ 470.872 | \$ 310.248 | \$ 360.975 | \$ 300.889 |
| Automoviles | Sueldo Personas Vehiculos \$/Mes | \$ 476.000,00 | \$ 1.200.000,00 | \$ 300.000,00 | \$ 476.996,16 | \$ 307.136 | \$ 955.012 | \$ 195.420 | \$ 637.302 | \$ 628.913 | \$ 241.980 | \$ 309.517 | \$ 1.369.762 |
| Salarios | Sueldo Empleados \$/Mes | \$ 975.000 | \$ 1.200.000 | \$ 600.000 | \$ 303.108,89 | \$ 1.000.000 | \$ 1.000.000 | \$ 1.200.000 | \$ 1.000.000 | \$ 1.000.000 | \$ 1.000.000 | \$ 1.000.000 | \$ 600.000 |
| Alquileres | Local \$/Mes | \$ 260.000,00 | \$ 500.000,00 | \$ 120.000,00 | \$ 192.180,47 | \$ 110.509 | \$ 742.861 | \$ 574.150 | \$ 327.605 | \$ 253.297 | \$ 355.585 | \$ 301.000 | \$ 584.422 |
| Impuestos | Predial \$/Mes | \$ 7.083,33 | \$ 7.500,00 | \$ 6.666,67 | \$ 416,67 | \$ 6.949 | \$ 6.927 | \$ 6.579 | \$ 5.874 | \$ 7.201 | \$ 7.083 | \$ 7.169 | \$ 7.682 |
| Impuestos | Industria Y Comercio \$/Mes | \$ 11.875,00 | \$ 18.333,33 | \$ 5.416,67 | \$ 6.458,33 | \$ 15.085 | \$ 7.118 | \$ 3.364 | \$ 16.572 | \$ 4.557 | \$ 10.091 | \$ 15.200 | \$ 17.155 |
| Impuestos | Otros \$/Mes (Rete Fuente + Fedegan) | \$ 3.416,67 | \$ 50.000,00 | \$ 2.666,67 | \$ 27.114,00 | \$ 53.565 | \$ 9.688 | \$ 61.629 | \$ 5.699 | \$ 39.997 | \$ 26.816 | \$ 6.027 | \$ 4.075 |
| Control Plagas | Control Plagas \$/Mes | \$ 17.500,00 | \$ 35.000,00 | \$ 5.000,00 | \$ 15.069,28 | \$ 24.162 | \$ 23.312 | \$ 6.348 | \$ 31.960 | \$ 31.155 | \$ 527 | \$ 14.445 | \$ 33.145 |
| Servicios Publicos | Agua \$/Mes | \$ 54.375,00 | \$ 150.000,00 | \$ 10.000,00 | \$ 71.546,35 | \$ 118.009 | \$ 41.829 | \$ 55.524 | \$ 36.839 | \$ 82.837 | \$ 89.052 | \$ 75.280 | \$ 97.046 |
| Servicios Publicos | Luz \$/Mes | \$ 685.000,00 | \$ 1.500.000,00 | \$ 180.000,00 | \$ 666.039,29 | \$ 2.145.053 | \$ 851.328 | \$ 1.667.981 | \$ 661.659 | \$ 213.658 | \$ 1.532.681 | \$ 1.488.165 | \$ 1.084.193 |
| Telecomunicaciones | Internet \$/Mes | \$ 20.000,00 | \$ 30.000,00 | \$ 15.000,00 | \$ 7.637,63 | \$ 39.006 | \$ 23.699 | \$ 5.648 | \$ 28.503 | \$ 11.002 | \$ 32.058 | \$ 25.063 | \$ 40.600 |
| Telecomunicaciones | Celular O Telefono \$/Mes | \$ 37.285,71 | \$ 80.000,00 | \$ 14.000,00 | \$ 33.473,21 | \$ 19.755 | \$ 7.279 | \$ 41.486 | \$ 64.802 | \$ 85.402 | \$ 38.658 | \$ 57.363 | \$ 17.797 |
| Papeleria | Papeleria \$/Mes | \$ 6.625,00 | \$ 25.000,00 | \$ 2.000,00 | \$ 7.836,50 | \$ 2.386 | \$ 15.172 | \$ 7.519 | \$ 6.748 | \$ 20.958 | \$ 8.254 | \$ 1.874 | \$ 3.154 |
| Elementos De Aseo | Elementos De Aseo \$/Mes | \$ 41.875,00 | \$ 75.000,00 | \$ 20.000,00 | \$ 37.772,82 | \$ 68.935 | \$ 10.404 | \$ 26.719 | \$ 13.540 | \$ 19.666 | \$ 70.430 | \$ 6.127 | \$ 49.617 |
| Equipos | Depreciacion Tanques De Enfriamiento \$/Mes | \$ 393.750,00 | \$ 750.000,00 | \$ 222.126,72 | \$ 166.666,67 | \$ 344.811 | \$ 433.623 | \$ 304.626 | \$ 396.535 | \$ 113.927 | \$ 289.445 | \$ 611.302 | \$ 239.264 |
| Equipos | Mantenimientos (Preventivos) \$/Mes | \$ 25.000,00 | \$ 40.000,00 | \$ 15.000,00 | \$ 12.583,06 | \$ 24.257 | \$ 60.776 | \$ 22.512 | \$ 6.772 | \$ 20.671 | \$ 53.606 | \$ 33.356 | \$ 40.219 |
| Equipos | Mantenimientos (Correctivos) \$/Mes | \$ 34.000,00 | \$ 54.000,00 | \$ 24.000,00 | \$ 15.275,25 | \$ 9.343 | \$ 22.438 | \$ 49.930 | \$ 27.371 | \$ 23.140 | \$ 5.761 | \$ 38.062 | \$ 41.807 |
| Equipos | Depreciacion Canecas \$/Mes | \$ 25.000,00 | \$ 40.000,00 | \$ 20.000,00 | \$ 10.408,33 | \$ 23.157 | \$ 31.763 | \$ 22.600 | \$ 56.132 | \$ 24.222 | \$ 29.948 | \$ 40.730 | \$ 26.468 |
| Equipos | Depreciacion Cantinas \$/Mes | \$ 61.750,00 | \$ 162.500,00 | \$ 12.500,00 | \$ 76.459,28 | \$ 235.283 | \$ 4.046 | \$ 25.646 | \$ 9.359 | \$ 11.229 | \$ 89.152 | \$ 34.929 | \$ 113.410 |
| Equipos | Depreciacion Estibas \$/Mes | \$ 3.000,00 | \$ 4.000,00 | \$ 2.000,00 | \$ 1.000,00 | \$ 3.594 | \$ 2.805 | \$ 5.357 | \$ 849 | \$ 2.826 | \$ 3.219 | \$ 5.447 | \$ 3.088 |
| Mantenimientos | Jabon Mantenimiento Tanque | \$ 39.779,00 | \$ 46.445,67 | \$ 50.112,33 | \$ 5.238,74 | \$ 41.263 | \$ 33.451 | \$ 42.805 | \$ 38.744 | \$ 43.789 | \$ 34.386 | \$ 44.567 | \$ 39.742 |
| Materiales Indirectos | Filtros | \$ 27.959,42 | \$ 44.626,08 | \$ 19.626,08 | \$ 12.729,38 | \$ 32.785 | \$ 36.864 | \$ 41.931 | \$ 25.977 | \$ 26.136 | \$ 12.007 | \$ 21.110 | \$ 14.182 |
| Venta | Precio De Venta Leche | \$ 840,29 | \$ 840,00 | \$ 820,00 | \$ 11,63 | \$ 840 | \$ 840 | \$ 840 | \$ 840 | \$ 840 | \$ 840 | \$ 840 | \$ 840 |
| Venta | Litros Acopiados | 83.657 | 285.000 | 43.500 | 129.405 | \$ 58.500 | \$ 57.000 | \$ 96.000 | \$ 90.000 | \$ 75.000 | \$ 270.000 | \$ 75.000 | \$ 75.000 |
| Ingresos | Ingresos por Venta | \$ 7.553.041,03 | | | \$ 1.596.213,19 | \$ 7.297.346 | \$ 6.557.082 | \$ 8.015.342 | \$ 6.599.696 | \$ 5.410.952 | \$ 10.872.261 | \$ 7.324.715 | \$ 7.123.384 |
| Utilidad | Utilidad | \$ 3.262.727,59 | | | \$ 1.413.499,33 | \$ 1.681.125 | \$ 1.242.785 | \$ 2.387.338 | \$ 2.173.639 | \$ 1.809.549 | \$ 5.700.297 | \$ 2.053.989 | \$ 1.523.983 |
| Ingresos | Precio pagado por compra de leche a productores | 750 | 850 | 650 | 100 | \$ 715 | \$ 725 | \$ 757 | \$ 767 | \$ 768 | \$ 800 | \$ 742 | \$ 745 |

Fuente: Datos del Estudio

4.5.1.3 Estructura de transporte

Para el proceso de recolección de leche cada centro de acopio tiene su flota propia cada una equipada de manera rustica para efectuar el proceso de recolección; la movilidad está determinada por las características de la malla vial existente, es decir, la cobertura que tenga la red para que los centros de acopio puedan tener acceso a los diferentes lugares donde se encuentran los productores. El mal estado de las vías intermunicipales son problemas que afectan el acopio de leche.

Dentro de los problemas que más afectan al transporte están costos elevados, incomodidad, y como consecuencia impacto desigual entre los distintos grupos sociales, los cuales se generan en gran parte por la dispersión de la población; en algunos sectores, las curvas horizontales y verticales, las altas pendientes y la estrechez de las carreteras hacen que sean vías inseguras, al no permitir visibilidad a los conductores, ni facilidad en las maniobras incrementa los costos asociados al transporte. Para realizar el proceso de acopio se encuentran desde bicicletas, motocicletas, carros, camiones y camioneta.

El centro de acopio el Mortiño es el único en el estudio efectuado que utiliza bicicletas y motos como medio de transporte para recoger la leche de los productores (Gráfico 4-10); esto se debe a que las fincas se encuentran aledaños al centro de acopio; estos medios de transporte no se utilizaron para el modelo de ruteo ya que las distancia para la recolección de la leche es significativa y emplean vehículos con mayor capacidad

Gráfico 4-10 Medio de transporte centro de acopio



Fuente: Datos del Estudio

La encuesta que se elaboró para los centros de acopio los vehículos se dividieron según el cilindraje y se comprobó que el 52% (datos del estudio) de los vehículos son camionetas entre dos mil y tres mil centímetros cúbicos los cuales se utilizan para el trabajo diario (Gráfico 4-11).

Gráfico 4-11 Medio de Transporte centros de acopio

| Tipo | Medios de Transporte | | | | | | | | | Total | % |
|------------------------------------|----------------------|----------|----------|-----------|--------------|------------|----------------|------------|--|-----------|---------------|
| | Agronit | Agronit | Lacteos | El Carmen | Santa Helena | Bosconia | AFC Enfriadora | EL Mortiño | | | |
| | Tibasosa | Iza | Sogamoso | Sogamoso | Sogamoso | Firavitoba | Firavitoba | Firavitoba | | | |
| Bicicleta | | | | | | | | 1 | | 1 | 5,9% |
| Motocicleta | | | | | | | | 1 | | 1 | 5,9% |
| Automovil particular 1000-2000 c.c | 1 | | | | | 1 | | 1 | | 3 | 17,6% |
| Camioneta 2000-3000 c.c | 2 | 2 | 1 | 1 | | | 2 | 1 | | 9 | 52,9% |
| Camioneta 3000-4000 c.c | 1 | | 1 | | 1 | | | | | 3 | 17,6% |
| Camion 4000-6000 c.c | | | | | | | | | | 0 | 0,0% |
| Total | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | | 17 | 100,0% |

Fuente: Datos del Estudio

Obtener los costos unitarios de operación relacionados con la movilidad de los vehículos es un poco difícil, debido a que los centros de acopian negocian directamente con las compañías proveedoras de combustible, lubricantes, neumáticos, etc. y consiguiendo precios diferentes a los del mercado.

Por ende se tomaron promedio de algunos de los vehículos que representaban esta clasificación por cilindraje y se establecieron los costos por kilómetro recorrido para cada tipo de vehículo (Tabla 4-5); En la estimación de costos se tuvo en cuenta el consumo de gasolina, el desgaste de llantas, consumo de lubricante, filtros de aceite, filtros de combustible, mantenimiento e imprevistos que se presentan en la operación; todos estos costos al ser variables se estableció como un costo total por Km recorrido para cada uno de los vehículos, este análisis se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4-4 Costos por tipo de vehículo

| Tipo de Vehículo | Capacidad | Numero de cantinas | Rendimiento (Millas/Galon) | Rendimiento (KM/Galon) | Costo Combustible \$/Galon | Costo Combustible \$/km |
|------------------------------------|--------------|--------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Automovil particular 1000-2000 c.c | 500-1000 kg | 6 | 36 | 22,4 | \$ 8.244,00 | \$ 368,46 |
| Camioneta 2000-3000 c.c | 1000-2000 kg | 14 | 27 | 16,8 | \$ 8.244,00 | \$ 491,28 |
| Camioneta 3000-4000 c.c | 2000-4000 kg | 24 | 22 | 13,7 | \$ 8.244,00 | \$ 602,94 |
| Camion 4000-6000 c.c | 4000-6000 kg | 50,0 | 18 | 11,2 | \$ 8.244,00 | \$ 736,92 |

| Tipo de Vehículo | Consumo de llantas (\$/Km) | Consumo Lubricante (\$/km) | Consumo de filtros Aceite | Consumo de filtros Combustible | Mantenimiento y reparaciones | Lavado y engrase | Imprevistos | Costo Total (\$/km) |
|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------|-------------|---------------------|
| Automovil particular 1000-2000 c.c | \$ 23,75 | \$ 1,60 | \$ 11,00 | \$ 14,23 | \$ 0,35 | \$ 26,00 | \$ 4,00 | \$ 449,39 |
| Camioneta 2000-3000 c.c | \$ 23,25 | \$ 1,60 | \$ 11,00 | \$ 17,12 | \$ 0,35 | \$ 27,00 | \$ 4,00 | \$ 575,60 |
| Camioneta 3000-4000 c.c | \$ 23,10 | \$ 1,60 | \$ 11,00 | \$ 18,34 | \$ 0,35 | \$ 27,00 | \$ 4,00 | \$ 688,33 |
| Camion 4000-6000 c.c | \$ 24,25 | \$ 1,60 | \$ 12,00 | \$ 20,12 | \$ 0,35 | \$ 29,00 | \$ 4,00 | \$ 828,24 |

Fuente: Datos del Estudio

Esta información es crucial para cuantificar los ahorros o gastos que se puedan incurrir en el proceso de acopio; según la anterior tabla el costo promedio por kilómetro recorrido \$635.39.

4.5.2 Productores

Los productores de leche de la provincia de Sugamuxi son el primer eslabón de la cadena láctea. Se identificaron tres tipos principales: los productores pequeños produce leche con menos de diez animales, los productores medianos entre diez y

cuarenta animales y los productores grandes más de cuarenta animales.

4.5.2.1 Estructura de costos productores

Para el caso de los pequeños productores se estableció una estructura de costos más sencilla que la presentada para el centro de acopio en la que se definieron los principales generadores de costo en su actividad e incluyen mano de obra, costos asociados a semovientes, mantenimientos, impuestos, servicios públicos entre otros, el análisis se basó también en las actividades de los productores que en su mayoría corresponden pequeños productores y la información recolectada en campo mediante las encuestas y visitas que incluyen una muestra de un 2% de productores grandes del total de encuestas y un 3% de productores medianos

Grafico 4-12 Costos productores

Costos asociados a la producción al mes de acuerdo a muestra tomada

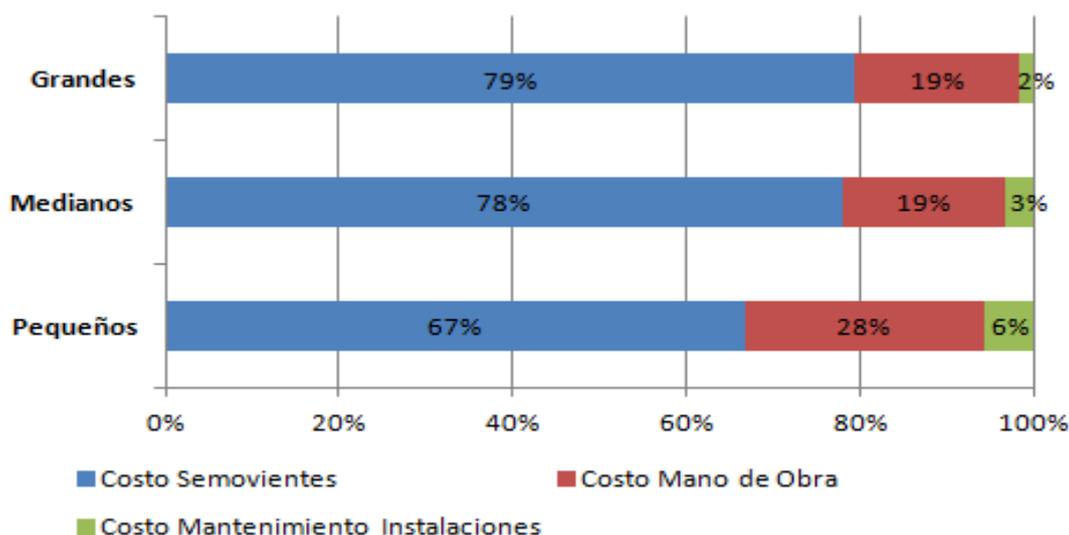
| Tipo de Productor Concepto | PEQUEÑO | | MEDIANO | | GRANDE | |
|---|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|
| | Promedio | Desvest | Promedio | Desvest | Máximo | Desvest |
| Cabezas de ganado (UDS) | 4,90 | 1,94 | 30,06 | 8,02 | 75,00 | 7,77 |
| Cabezas de ganado productivas (UDS) | 2,37 | 0,94 | 12,66 | 5,63 | 57,00 | 19,96 |
| Producción diaria Leche (L) | 58,92 | 21,17 | 380,37 | 130,61 | 880,00 | 95,25 |
| Costo por consumo de forraje verde al mes (COP) | \$ 495.268,46 | \$ 14.391,56 | \$ 2.997.126,53 | \$ 62.245,43 | \$ 8.437.500,00 | 70.798,57 |
| Costo de consumo de concentrado al mes (COP) | \$ 47.081,62 | \$ 187,56 | \$ 307.980,70 | \$ 714,50 | \$ 1.113.000,00 | 0,00 |
| Costo por consumo de sales y calcio al mes (COP) | \$ 20.149,05 | \$ 317,19 | \$ 120.756,10 | \$ 1.380,42 | \$ 866.250,00 | 0,00 |
| Costo por vacunas/antibióticos/fumigaciones al mes (COP) | \$ 11.183,90 | \$ 0,00 | \$ 15.900,00 | \$ 0,00 | \$ 50.000,00 | 0,00 |
| Costo por consumo de agua al mes (COP) | \$ 7.286,70 | \$ 219,79 | \$ 44.264,55 | \$ 892,81 | \$ 117.590,40 | 310,65 |
| Costo por pago de mano de obra al mes (COP) | \$ 309.375,00 | \$ 13.832,08 | \$ 1.016.517,86 | \$ 51.626,67 | \$ 2.880.000,00 | 0,00 |
| Costo estimado por mantenimientos a instalaciones al mes (COP) | \$ 31.254,24 | \$ 19.218,88 | \$ 137.142,86 | \$ 28.678,89 | \$ 150.000,00 | 0,00 |
| Costo por impuesto predial prorrateado mensualmente (COP) | \$ 8.584,95 | \$ 18.155,43 | \$ 19.225,00 | \$ 53.176,06 | \$ 28.361,67 | 2.798,04 |
| Depreciación de cantinas al mes (COP) | \$ 16.548,46 | \$ 7.011,14 | \$ 91.185,41 | \$ 28.415,32 | \$ 117.021,28 | 12.129,53 |
| Amortización de semovientes al mes (COP) | \$ 80.125,99 | \$ 59.714,28 | \$ 564.872,37 | \$ 38.186,46 | \$ 1.419.452,38 | 76.680,59 |
| Costos por pérdida ó muerte de un semoviente (COP) | \$ 33.771,19 | \$ 6.316,42 | \$ 113.690,48 | \$ 19.688,43 | \$ 200.000,00 | 11.785,11 |
| Costos por consumo de manilas, lazos y elementos de sujeción al mes (COP) | \$ 1.836,86 | \$ 117,53 | \$ 11.529,06 | \$ 456,13 | \$ 33.750,00 | 441,54 |
| Costo de mantenimiento de cercados y redes eléctricas al mes (COP) | \$ 8.700,56 | \$ 13.750,02 | \$ 9.309,52 | \$ 14.618,63 | \$ 10.000,00 | 0,00 |
| Costo por pago de flete por transporte de insumos al mes (COP) | \$ 51.677,08 | \$ 33.423,19 | \$ 69.166,67 | \$ 66.285,44 | \$ 120.000,00 | 13.843,83 |
| Costo por consumo de fluido eléctrico al mes (COP) | \$ 24.491,53 | \$ 15.002,87 | \$ 40.445,75 | \$ 19.100,66 | \$ 71.022,73 | 9.510,02 |
| Precio de venta promedio por litro de leche fresca (COP) | \$ 739,83 | \$ 64,18 | \$ 751,43 | \$ 57,50 | \$ 840,00 | 10,95 |
| Utilidad (COP) | \$ 160.283,49 | \$ 116.549,99 | \$ 3.015.545,93 | \$ 2.110.662,35 | \$ 6.562.051,55 | 460.838,18 |
| Margen de costos (COP) | \$ 649,14 | \$ 317,57 | \$ 487,17 | \$ 98,38 | \$ 591,44 | 69,39 |
| Margen de utilidad (COP) | \$ 90,69 | \$ 58,99 | \$ 264,26 | \$ 54,30 | \$ 248,56 | 32,55 |
| Margen de utilidad (%) | 12% | | 35% | | 30% | |

Fuente: Realizada por el Autor

El margen de utilidad de un pequeño productor es de un 12% mientras que un productor mediano y grande esta alrededor de un 30% su margen de utilidades, las ganancias mensuales para un productor están alrededor de \$160.000; muchos de los costos incurridos por parte del pequeño productor no son medidos ni controlados por parte de los pequeños productores (Gráfico 4-12).

Los costos relacionados con la producción de leche se agrupan en tres categorías los costos de semovientes, costos de mano de obra y los costos de mantenimiento de instalaciones; observando la participación de cada uno de ellos se concluye que en los pequeños productores el costo de la mano de obra es significativo alrededor de un 28% mientras que en los grandes productores el costo de la mano de obra comprende el 19% de los costos totales como se puede observar en la siguiente gráfica (Gráfico 4-13):

Grafico 4-13 Porcentaje de participación costos productores

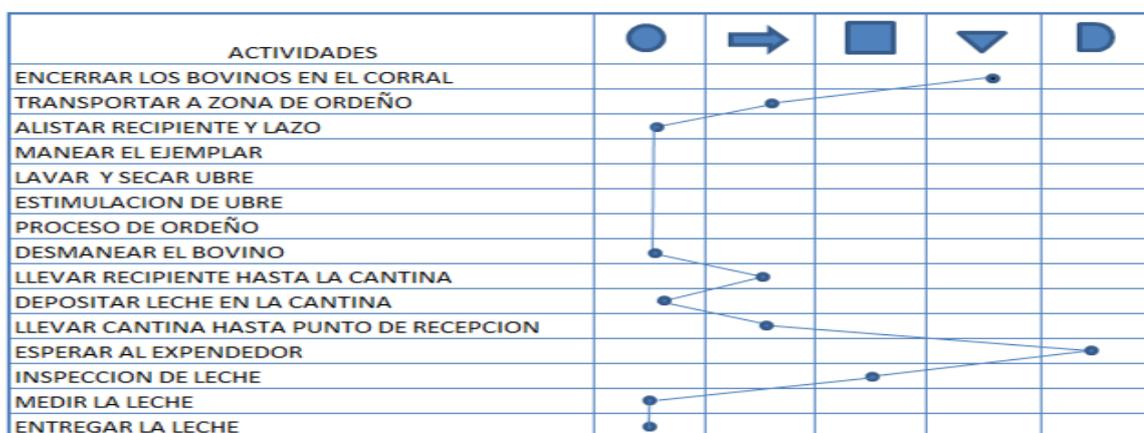


Fuente: Realizada por el Autor

Esta participación es dado por los pequeños minifundios que presentan las pocas cabeza de ganado que presentan cada finca generando costos de mano de obra que muchas veces no son consideradas por el campesino ya que muchas de las personas que ordenan vacas pertenecen al grupo familiar y lo toman como una labor cotidiana.

En los anexos 1 se encuentra la totalidad de los costos por productor de acuerdo a la muestra tomada; se tomaron los costos unitarios por cada concepto como por ejemplo forraje, concentrados, sales, vacunas, consumo de agua, depreciaciones de activos, electricidad e insumos; se observó la participación en cuanto a costos la mano de obra en el proceso de recolección de leche, se estableció un flujograma para observar la actividades que se realiza en el proceso del ordeño (Gráfico 4-14).

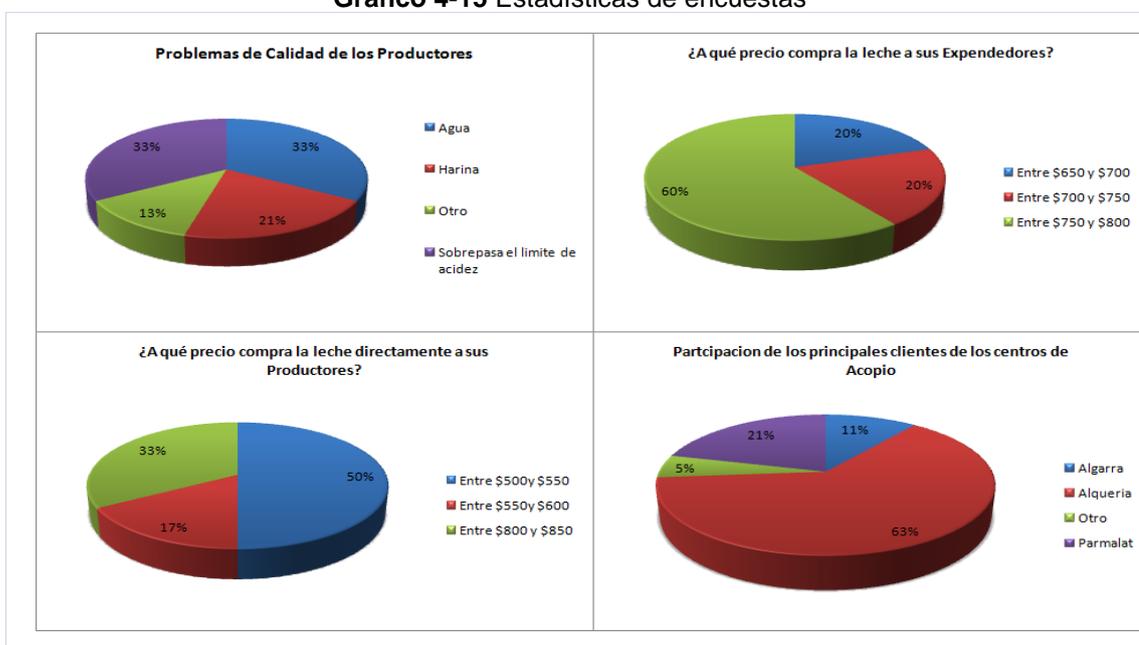
Grafico 4-14 Flujograma Productores



Fuente: Realizada por Autor

Durante el levantamiento de la información se realizaron encuesta en donde es válido destacar los problemas que presentan los acopios; existen problemas de calidad por parte de los productores en la entrega de la leche, se presentan tres causas principales puede llegar con agua, harina o la acidez de la leche sobrepasa los niveles permitidos; entre la acidez de la leche y el agua ocupan un 66% de los problemas de calidad en los acopios; es claro que los centros de acopio realizan la compra de estos litros de leche tanto a productores y a los expendedores donde se observa que al productor se le está reconociendo con precios muy bajos casi el 50% la leche es vendida a los centros de acopio entre \$500y \$550 mientras que a los expendedores es comprada en un 60% entre \$750 y \$800; la diferencia es de más de \$100 el cual es pagado de más a los expendedores y los productores dejan de percibir(Gráfico 4-15). A continuación se muestra gráficamente estos comportamientos en la siguiente gráfica.

Gráfico 4-15 Estadísticas de encuestas



Fuente: Datos del Estudio

4.6 Propuesta metodológica para la recolección de leche

(Modulo 5: Análisis)

Se propone una metodología para la recolección de leche por parte de los centros de acopio, en este escenario la investigación pretende establecer a partir de la caracterización de los niveles referidos, una propuesta de integración entre los centros de acopio y los pequeños productores donde se trabaja en condiciones precarias de disponibilidad de recursos e información. En este ambiente se carece totalmente del uso de aplicativos específicos, herramientas apropiadas de gestión y registros adecuados que soporte decisiones posteriores; sin embargo es positiva la disposición de los comprometidos en buscar alternativas que apunten a mejoras en tiempo para lograr un mayor grado de eficiencia en la cadena. Para la producción de la

información los problemas que afronta en orden de prioridad son: carencia de software (18%), carencia de recurso humano (17%), problemas de metodología documentada (1%), problemas de capacitación del personal (12%), problemas administrativos (12%) y falta de recursos económicos (12%), dejando la dependencia en cuanto a calidad de la información en el rango de calidad baja (ANDRADE, MANRIQUE, & PETERS, 2008)

Los centros de acopio evidencia problemas en la programación de ruteo de vehículos; para esto es necesario una integración de cada uno de los eslabones de la cadena por medio de la coordinación e información adecuada entre los dos eslabones para que puedan encontrar soluciones sencillas que contribuyan a la disminución de tiempo y costos; permitiendo mejorar sus niveles de competitividad entregando un producto con mejor calidad; así esto repercute en mejores precios para los productores.

La experiencia de los centros de acopio pueden contribuir a realizar actividades para su desarrollo y progreso, como actividades donde se programen la recogida de la leche por las diferentes fincas, con heurísticas o modelos exactos para llegar a integrar estos dos eslabones con bajas en costos. Esto implica mayor compromiso de los productores facilitando mayor información a los centros de acopio para que así permita establecer mejores rutas de aprovisionamiento y tiempos de atención en las diferentes fincas buscando mayor eficiencia.

El grupo investigador propone la adopción de la siguiente metodología que aporten a los microempresarios posibilidades de cooperación, sostenibilidad y mejoras en su productividad; se propone una metodología utilizando principios VRP, que permitan optimizar el ruteo, reducir costos de transporte sin detrimento del nivel de servicio, asegurar la calidad, buenas prácticas, asegurar la asepsia en el acopio, transporte y manipulación del producto.

4.6.1 Metodología para la recolección de leche

La metodología que se presenta a continuación se enfoca en la relación con la zestrategia de servicio logístico, sistemas de información y estrategias de transporte (ruteo).

Se describe la siguiente metodología en las siguientes fases:

Módulo1: Recolección Información

Paso 1: Mapificar mediante Global Positioning System GPS las coordenadas de cada uno de los puntos de recolección

Paso 2: Diseñar métodos para la recolección de la información en campo para registrar información vital para el ejercicio de planeación registro de tiempos de carga, volumen entregado, calidad y desplazamiento con el propósito de tener una información que

facilite el proceso de planeación.

Paso 3: Clasificar los productores según el valor que agregan a su cadena en cuanto a en el volumen, tiempo de desplazamiento, distancia, cumplimiento, calidad etc. Esta información es necesaria para permitir la toma de decisiones en la programación de rutas

Paso 4: Definir capacidades de los vehículos y medios (Cantinas, Tanques) utilizados para la recolección

Módulo2: Análisis de Información

Paso 1: Generar políticas para establecer la prioridades del centro de acopio

Paso 2: Analizar los costos incurridos por el transporte generado por la atención o no atención de los productores. Así tener un control más adecuado con respecto a los costos incurridos por el centro de acopio en la labor de recolección

Paso 3: Analizar las diferentes rutas que existen en la zona y clasificarlas según necesidades.

Paso 4: Establecer rutas eficientes para la recolección de leche teniendo en cuenta los medios disponibles para tal fin, la prioridad se da a los productores que presenten mejor calificación por parte de los centros de acopio

Módulo3: Implementación

Paso 1. Preparar los medios de transporté para la recolección de la leche.

Paso 2. Preparar el plan de recolección en las diferentes fincas partiendo de las rutas establecidas en la fase de análisis.

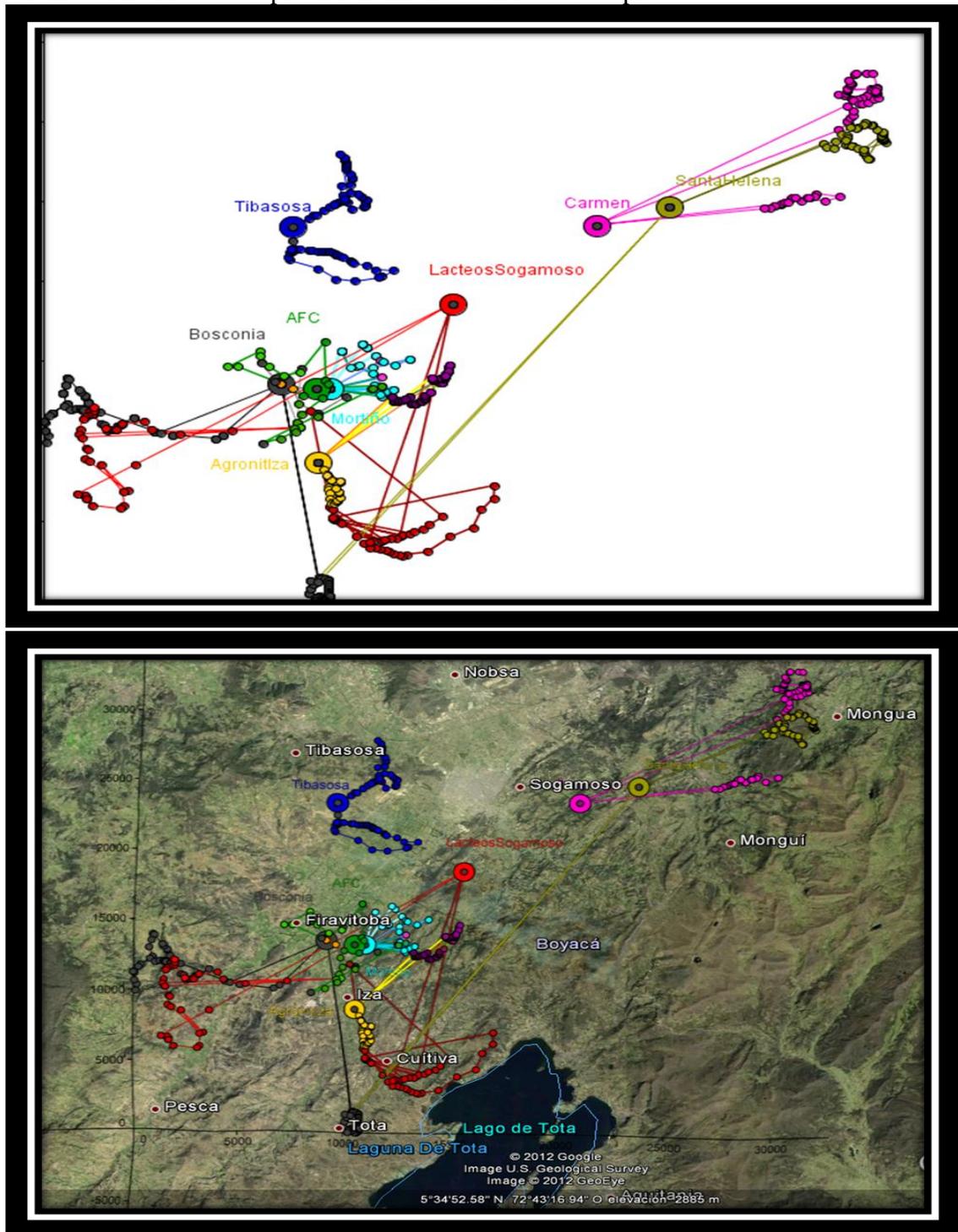
Pasó 3. En cada punto de entrega realizar los registros pertinentes con los formatos elaborados para mantener la información actualizada

Pasó 4. Verificar los en campo el plan de recolección de leche y realizar ajustes respectivos. Para así mantener el plan de rutas actualizado.

4.6.2 Diseño del modelo de ruteo

Se grafica las rutas que se están utilizando actualmente en cada centro de acopio para la recolección de leche se muestran dos graficas que muestran las rutas empleadas por cada uno de ellos (Gráfico 4-16).

Grafico 4-16 Rutas de aprovisionamiento centros de acopio



Fuente: Realizada por Autor

Para la elaboración de este modelo de transporte se ha examinados algunos modelos que se adecuan a la problemática de la generación de las rutas en los centros de acopio y estos modelos son los desarrollos de XIA et al (2012) ,BALDACCI et al(2012) ,Aguilera (2007); Potvin et al.(2007); puesto que considera la capacidad de los modos de transporte .

Se definieron que medio utiliza cada centro de acopio para su transporte y al establecer anteriormente los costos variables para cada medio de transporte se procede a realizar el ruteo de vehículos; se disponen de 8 centros de acopio y 632 productores los cuales están georeferenciadas, también se consideran los volúmenes de entrega , distancias recorridas, costos de transporte para los litros de leche (Tabla 4-6).

En la programación del modelo se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones Los vehículos presentan capacidad según la cantidad de cantinas que llevan para su recolección. Se generara las rutas de cada centro de acopio respetando las condiciones que tiene cada entidad con sus proveedores.

Tabla 4-5 Georeferenciacion Agronit Iza

| RED DE SUMINITROS DEL ACOPIO AGRONIT IZA | | | | | | | | |
|--|------------------------------------|---------------------------|------------|----------|-------------------|----------|-----------------------------|---------|
| Nº PRODU | RUTA | NOMBRE DE PRODUCTOR | PRODUCCION | | GEOREFERENCIACION | | GEOREFERENCIACION ACOPIO | |
| | | | LITROS | CANTINAS | ESTE(X) | NORTE(Y) | | |
| 1 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | JORGE SANCHEZ | 6 | 0,1500 | 1121426 | 1113373 | ESTE(X) | 1121171 |
| 2 | | LIVARDO RODRIGUEZ | 100,0000 | 2,5000 | 1121494 | 1113087 | NORTE(Y) | 1113836 |
| 3 | | CARLOS GUILLERMO PIRGATA | 60,0000 | 1,5000 | 1121546 | 1112917 | ALTITUD (Z) | 2542 |
| 4 | | GABRIEL RODRIGUEZ | 20,0000 | 0,5000 | 1121579 | 1112837 | | |
| 5 | | MYRIAM CEPEDA | 17,0000 | 0,4250 | 1121578 | 1112268 | | |
| 6 | | ARTURO SANCHEZ | 20,0000 | 0,5000 | 1121594 | 1112139 | | |
| 7 | | EFRAIN PRECIADO | 23,0000 | 0,5750 | 1121607 | 1111891 | | |
| 8 | | LUIS ALBERTO | 25,0000 | 0,6250 | 1121626 | 1111566 | | |
| 9 | | DIOSELINA TORRES | 27,0000 | 0,6750 | 1121664 | 1111345 | | |
| 10 | | FAVIO ERNESTO GUEVARA | 11,0000 | 0,2750 | 1121676 | 1111253 | | |
| 11 | | LUIS ANTONIO PIRGATA | 14,0000 | 0,3500 | 1121774 | 1111240 | | |
| 12 | | ANA BERTILDE ESPINEL | 110,0000 | 2,7500 | 1121878 | 1111363 | | |
| 13 | | EZEQUIEL SANCHEZ | 60,0000 | 1,5000 | 1121859 | 1111415 | | |
| 14 | | GLORIA ROJAS | 10,0000 | 0,2500 | 1121915 | 1111493 | | |
| 15 | | LUIS ALBERTO RINCON | 55,0000 | 1,3750 | 1122027 | 1111605 | | |
| 16 | | NESTOR SALAMANCA | 100,0000 | 2,5000 | 1121969 | 1111889 | | |
| 17 | | MARIA DEL CARMEN ALVARADO | 20,0000 | 0,5000 | 1121959 | 1111979 | | |
| 18 | | ADELITA VARGAS | 10,0000 | 0,2500 | 1121851 | 1112166 | | |
| 19 | RUTA 1 [CENTRO MAÑANA] | MARIA CHAPARRO | 6,0000 | 0,1500 | 1121867 | 1112646 | | |
| 20 | | EDGAR PATIÑO | 15,0000 | 0,3750 | 1122006 | 1112608 | | |
| 21 | | BRIGIDA AMAYA | 100,0000 | 2,5000 | 1121993 | 1112561 | | |
| 22 | | LASTENIA PATIÑO | 16,0000 | 0,4000 | 1121947 | 1112625 | | |
| 23 | | LAUREANO ESPINEL | 23,0000 | 0,5750 | 1121782 | 1112636 | | |
| 24 | | GUSTAVO TORRES | 60,0000 | 1,5000 | 1121663 | 1112685 | | |
| 25 | | MARTHA PEREZ | 10,0000 | 0,2500 | 1121528 | 1112977 | | |

Fuente: Datos del Estudio

El método consiste en visitar a todos los productores a los cuales se asigna diferentes opciones de vehículos que posee cada centro de acopio; así se comienza a crear la ruta donde debe realiza una serie de paradas hasta que su capacidad sea satisfecha y así se regresa al centro de acopio, esta evalúa las distancias y los costos generados por kilómetros recorridos los cuales se crea las siguiente tabla para determinar las distancias entre productores y el modelo pueda evaluar la mejor opción en cada uno de sus arcos (Tabla 4-7).

Tabla 4-6 Matriz de distancias (mts)

| DE SUMINITROS DEL ACOPIO AFC ENFRIA | | | MEDIANO | PEQUEÑO | PEQUEÑO | PEQUEÑO |
|-------------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Cotas | Cantidad | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 26,00 | 47 | | RUTA 1 FIRAVITOBA CENTR |
| 132,00 | 15 | | ANTONIO | ESTER | NORA | ELOISA |
| ID | RUTA | NOMBRE DE PRODUCTOR | | | | |
| 1 | RUTA 1 FIRAVITOBA | ANTONIO | - | 1.421,056 | 3.088,252 | 3.384,932 |
| 2 | RUTA 1 FIRAVITOBA | ESTER | 1.421,056 | - | 1.673,271 | 1.987,230 |
| 3 | RUTA 1 FIRAVITOBA | NORA | 3.088,252 | 1.673,271 | - | 374,342 |
| 4 | RUTA 1 FIRAVITOBA | ELOISA | 3.384,932 | 1.987,230 | 374,342 | - |
| 5 | RUTA 1 FIRAVITOBA | RAFAEL | 3.251,499 | 1.961,068 | 1.259,909 | 1.542,528 |
| 6 | RUTA 1 FIRAVITOBA | MARCELINA | 2.996,104 | 1.685,198 | 1.091,327 | 1.413,515 |
| 7 | RUTA 1 FIRAVITOBA | SANTOS | 2.260,914 | 952,442 | 1.179,011 | 1.553,049 |
| 8 | RUTA 1 FIRAVITOBA | ANA | 1.435,380 | 487,145 | 1.862,469 | 2.214,548 |
| 9 | RUTA 1 FIRAVITOBA | MARTHA | 1.514,855 | 1.122,632 | 2.378,791 | 2.747,123 |
| 10 | RUTA 1 FIRAVITOBA | HERNAN | 3.482,705 | 3.093,434 | 3.610,123 | 3.958,715 |
| 11 | RUTA 1 FIRAVITOBA | SANTIAGO | 1.304,686 | 1.930,598 | 3.434,967 | 3.793,866 |
| 12 | RUTA 1 FIRAVITOBA | SERGIO | 1.234,374 | 2.053,646 | 3.609,893 | 3.962,994 |
| 13 | RUTA 1 FIRAVITOBA | MARGARITA | 742,707 | 2.097,088 | 3.769,063 | 4.082,530 |
| 14 | RUTA 1 FIRAVITOBA | MARIA | 1.131,605 | 2.309,413 | 3.854,729 | 4.088,464 |
| 15 | RUTA 1 FIRAVITOBA | IGNACIO | 1.649,539 | 2.713,572 | 4.167,981 | 4.369,017 |
| 16 | RUTA 1 FIRAVITOBA | ELVIRA | 1.679,310 | 2.738,543 | 4.188,089 | 4.387,416 |
| 17 | RUTA 1 FIRAVITOBA | CARMEN | 1.930,252 | 3.017,451 | 4.461,787 | 4.656,455 |
| 18 | RUTA 1 FIRAVITOBA | CARMENZA | 2.081,892 | 3.066,842 | 4.443,008 | 4.617,756 |
| 19 | RUTA 1 FIRAVITOBA | NELY | 2.227,703 | 3.233,528 | 4.609,788 | 4.782,609 |
| 20 | RUTA 1 FIRAVITOBA | NELSON | 2.795,737 | 3.612,116 | 4.821,261 | 4.945,654 |
| 21 | RUTA 1 FIRAVITOBA | ALVARO JOSE | 3.331,583 | 3.920,842 | 4.915,964 | 4.984,853 |
| 22 | RUTA 1 FIRAVITOBA | ALEX | 1.319,984 | 2.683,829 | 4.303,511 | 4.563,623 |
| 23 | RUTA 1 FIRAVITOBA | JARDIEL | 1.408,926 | 2.765,019 | 4.378,407 | 4.635,048 |
| 24 | RUTA 1 FIRAVITOBA | MARTHA ORDUZ | 2.684,118 | 3.743,125 | 5.291,296 | 5.648,913 |
| 25 | RUTA 1 FIRAVITOBA | ALICIA | 3.021,772 | 4.034,657 | 5.550,103 | 5.912,146 |
| 26 | RUTA 2 PEDREGAL | JOSE | 3.391,069 | 4.591,707 | 6.190,360 | 6.539,816 |
| 27 | RUTA 2 PEDREGAL | ANA | 3.418,722 | 4.644,586 | 6.254,611 | 6.601,347 |

Fuente: Datos del Estudio

Para resolver el problema de encontrar las rutas eficientes para recoger la leche a los productores que posee la provincia, se construirá un modelo de transporte que se adapte a las condiciones de la provincia. Se comenzara con la definición de las variables de decisión y el cálculo de los parámetros necesarios para ser utilizados, se pretende encontrar el modelo que mejor se adapte a la realidad. Por último se presentará el modelo final con un análisis realizado al mismo.

La modelación matemática es un procedimiento que reconoce y verbaliza un problema para posteriormente cuantificarlo, transformando las expresiones verbales en expresiones matemáticas.

4.6.2.1 Identificación de variables de decisión

Se realiza una diferenciación entre las variables de decisión y los parámetros del modelo (Tabla 4-8).

Tabla 4-7 Definición de Variables y Parámetros

| Variables de decisión | Parámetros |
|-------------------------|---------------------------------|
| Ruta (X) | Distancia (D) |
| | Costo de Transporte (CT) |
| Variable de Holgura (Y) | Oferta de leche (O) |
| | Capacidad de Almacenamiento (G) |
| | Capacidad del Vehículo (T) |
| | Costo por la no atención (Ñ) |

Fuente: Datos del Estudio

4.6.2.2 Variables de decisión

Como se puede observar en la tabla anterior ahí una variable de decisión, (Variables binarias) las cuales se definen a continuación:

$$X_{ijkl} = \begin{cases} 1 & \text{si toma la decisión de salir del punto } i \text{ al punto } j \\ & \text{en el vehículo tipo } k \text{ del Centro de Acopio } d \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Y_j = Variable de Holgura que evalúa la oferta que no ha sido atendida por los Vehículos del centro de acopio

Donde $i, j = 0, \dots, n$ n = Numero de productores incluyendo el centro de acopio ($i=0$)
 $k = 1, \dots, m$ k = Tipo de vehículo
 $d = 1, \dots, P$ d = Centro de Acopio

Para las condiciones actuales según el levantamiento de la información, se tiene:

- $n=632$

Debido a la cantidad de productores que presenta la zona, se realiza una agrupación de estos dependiendo el centro de acopio (Tabla 4-9).

Tabla 4-8 Numero de productores

| Productores | | | |
|------------------|------------|------------|----------|
| Centro de acopio | Pequeño | Mediano | Grande |
| El Mortiño | 49 | 20 | 0 |
| Lácteos Sogamoso | 91 | 20 | 1 |
| Agronit Iza | 47 | 19 | 1 |
| Bosconia | 105 | 6 | 1 |
| AFC | 47 | 15 | 1 |
| Agronit Tibasosa | 25 | 45 | 0 |
| El Carmen | 58 | 6 | 0 |
| Santa Helena | 39 | 36 | 0 |
| Total | 461 | 167 | 4 |

Fuente: Datos del Estudio

- $m=5$

Clase de Vehiculos según cilindraje y capacidad en kilogramos (Tabla 4-10).

Tabla 4-9 Tipo de Vehiculos

| Vehiculos | | |
|-------------------------|--------------|--------------------|
| Tipo de Vehículo | Capacidad | Numero de cantinas |
| Bicicleta | 100 Kg | 2.0 |
| Motocicleta | 200kg | 2 |
| Automóvil 1000-2000 c.c | 500-1000 kg | 6 |
| Camioneta 2000-3000 c.c | 1000-2000 kg | 14 |
| Camioneta 3000-4000 c.c | 2000-4000 kg | 24 |
| Camión 4000-6000 c.c | 4000-6000 kg | 50.0 |

Fuente: Datos del Estudio

- $d=8$

Centros de acopio de la provincia de Sugamuxi (Tabla 4-11).

Tabla 4-10 Centro de Acopio

| Centro de acopio |
|------------------|
| El Mortiño |
| Lácteos Sogamoso |
| Agronit Iza |
| Bosconia |
| AFC |
| Agronit Tibasosa |
| El Carmen |
| Santa Helena |

Fuente: Datos del Estudio

4.6.2.3 Parámetros

Los parámetros necesarios de estimar para utilizar en este modelo son los siguientes

❖ **Distancia en Kilómetros**

D_{ij} : Distancian en Kilómetros del punto i al punto j

Para estimar la Distancian en Kilómetros del punto i al punto j se tomó la georeferencia de los 8 centros de acopio y 632 productores, para elaborar una matriz de distancias (Tabla 4-12)..

Tabla 4-13 Oferta de leche Acopio Agronitza

| RED DE SUMINITROS DEL ACOPIO AGRONIT IZA | | | | |
|--|------------------------------|---------------------------|--------|----------|
| ID | RUTA | NOMBRE DE PRODUCTOR | LITROS | CANTINAS |
| 1 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | JORGE SANCHEZ | 6 | 0.1500 |
| 2 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | LIVARDO RODRIGUEZ | 100 | 2.5000 |
| 3 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | CARLOS GUILLERMO PIRGATA | 60 | 1.5000 |
| 4 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | GABRIEL RODRIGUEZ | 20 | 0.5000 |
| 5 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | MYRIAM CEPEDA | 17 | 0.4250 |
| 6 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | ARTURO SANCHEZ | 20 | 0.5000 |
| 7 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | EFRAIN PRECIADO | 23 | 0.5750 |
| 8 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | LUIS ALBERTO | 25 | 0.6250 |
| 9 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | DIOSELINA TORRES | 27 | 0.6750 |
| 10 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | FAVIO ERNESTO GUEVARA | 11 | 0.2750 |
| 11 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | LUIS ANTONIO PIRGATA | 14 | 0.3500 |
| 12 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | ANA BERTILDE ESPINEL | 110 | 2.7500 |
| 13 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | EZEQUIEL SANCHEZ | 60 | 1.5000 |
| 14 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | GLORIA ROJAS | 10 | 0.2500 |
| 15 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | LUIS ALBERTO RINCON | 55 | 1.3750 |
| 16 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | NESTOR SALAMANCA | 100 | 2.5000 |
| 17 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | MARIA DEL CARMEN ALVARADO | 20 | 0.5000 |
| 18 | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | ADELITA VARGAS | 10 | 0.2500 |
| 19 | RUTA 1 [CENTRO MAÑANA] | MARIA CHAPARRO | 6 | 0.1500 |
| 20 | RUTA 1 [CENTRO MAÑANA] | EDGAR PATIÑO | 15 | 0.3750 |

Fuente: Datos del Estudio

❖ **Capacidad de almacenamiento centros de acopio**

G_d : Capacidad de almacenamiento (litros) del centro de acopio d; La capacidad actual de cada centro de acopio, según el número de tanques que tenga a su disposición (Tabla 4-15).

Tabla 4-14 Capacidad en litros centros de acopio

| Capacidad en litros centros de acopio | | | |
|---------------------------------------|---------------|--------------|---------------|
| Centro de acopio | Tanque 1 | Tanque 2 | Total |
| El Mortiño | 2,500 | | 2,500 |
| Lácteos Sogamoso | 3,200 | | 3,200 |
| Agronit Iza | 1,900 | | 1,900 |
| Bosconia | 2,500 | | 2,500 |
| AFC | 2,500 | | 2,500 |
| Agronit Tibasosa | 1,900 | 1,950 | 3,850 |
| El Carmen | 2,000 | 1,000 | 3,000 |
| Santa Helena | 5,200 | 4,600 | 9,800 |
| Total | 21,700 | 7,550 | 29,250 |

Fuente: Datos del Estudio

❖ **Capacidad del vehículo**

T_{kd} : Capacidad del vehículo tipo k del centro de acopio d.

Para el modelo no se tendrán en cuenta las bicicletas ni las motocicletas, la capacidad está dada en número de cantinas; cada cantina tiene capacidad de 40 litros (Gráfico 4-16).

Tabla 4-15 Capacidad del vehículo

| Tipo | Medios de Transporte | | | | | | | | | | Total | % | |
|-------------------------|----------------------|--------------------|----------|----------|------------------|-----------|--------------|------------|----------------|------------|-----------|---------------|-------|
| | Capacidad | Numero de cantinas | Agronit | Agronit | Lacteos Sogamoso | El Carmen | Santa Helena | Bosconia | AFC Enfriadora | EL Mortiño | | | |
| | | | Tibasosa | Iza | Sogamoso | Sogamoso | Sogamoso | Firavitoba | Firavitoba | Firavitoba | | | |
| Bicicleta | 100 Kg | 2.0 | | | | | | | | | 1 | 1 | 5.9% |
| Motocicleta | 200kg | 2 | | | | | | | | | 1 | 1 | 5.9% |
| Automovil 1000-2000 c.c | 500-1000 kg | 6 | 1 | | | | | 1 | | | 1 | 3 | 17.6% |
| Camioneta 2000-3000 c.c | 1000-2000 kg | 14 | 2 | 2 | 1 | 1 | | | 2 | 1 | 9 | 52.9% | |
| Camioneta 3000-4000 c.c | 2000-4000 kg | 24 | 1 | | 1 | | 1 | | | | 3 | 17.6% | |
| Camion 4000-6000 c.c | 4000-6000 kg | 50.0 | | | | | | | | | 0 | 0 | 0.0% |
| Total | | | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 17 | 100.0% | |

Fuente: Datos del Estudio

❖ **Otros Parámetros**

Ñ: Costo asumido por la no atención de los centros productores

4.6.2.4 Modelo de ruteo

Para la formulación del modelo de ruteo se debe contemplar que los costos del sistema cuenta con dos nodos compuestos por múltiples proveedores y un comprador, donde el comprador posee una flota de vehículos disponibles para acopiar durante la ruta de recolección; como premisa el proceso de recolección no debe sobre para la capacidad del vehículo lo que apunta a un modelo CVRP; para la solución de este modelo de transporte se examinaron algunos modelos como los de XIA et al (2012) ,BALDACCI et al(2012) y Aguilera (2007); que se adecuan a la problemática de la generación de las rutas de los centros de acopio hacia los productores.

El enfoque utilizado se centró en el trabajo desarrollado por XIA et al (2012), este último contempla un modelo de CVRP donde se observa la relación entre el peso de la carga y el consumo de combustible con una flota de vehículos homogéneos y con capacidad limitada; para el caso de los centros de acopio se contempla la capacidad de los centros de acopio y la capacidad de carga los vehículos; se determinó el costo total de distribución por kilómetro recorrido (\$/km) donde se contempla el rendimiento según su según su cilindraje incluyendo dentro del costo total variables como consumo de llantas, lubricante, filtros de aceite, filtros de combustible, mantenimiento y reparaciones, lavado y engrase e imprevistos, a diferencia del modelo de Xia.

El problema de rutas de vehículos puede ser descrito de la siguiente forma se consideran conjunto de puntos {1,2,3q, q+1.....n} donde de 1 a q representan centros de acopio y de q hasta n conjunto de proveedores donde se recoge unas cantidades determinadas de leche (O_j),j=(q,q+1,...n) y llevarlas a los centros de acopio para su almacenamiento; para cumplir estos requerimientos se dispone de un flota de vehículos heterogénea que pertenecen a cada centro de acopio con capacidad de carga T_{kd}

El objetivo es diseñar un conjunto de rutas de forma que:

- Cada ruta comience y finalice en el centro de Acopio
- Se recoja la mercancía en cada uno de los puntos
- Cada ruta minimice el costo de aprovisionamiento de insumos de la cadena
- La distancia total recorrida

Definición de Variables

X_{ijkd} Variable de Decisión donde se toma la decisión de salir del punto i al punto j en el vehículo tipo k del Centro de Acopio d

D_{ij} Distancian en Kilómetros del punto i al punto j

CT_{kd} Costo de Transporte por Kilómetro recorrido del vehículo tipo K del Centro de Acopio d

S Variable que Rompe el Subtour

O_j Oferta de leche (litros) del punto j en Litros

G_d Capacidad de almacenamiento (litros) del centro de acopio d

T_{kd} Capacidad del vehículo tipo k del centro de acopio d

Y_j Variable de Holgura que evalúa la oferta que no ha sido atendida por los Vehículos del centro de acopio

\tilde{N} Costo asumido por la no atención de los centros productores

$$MIN \sum_{d=1}^p \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n X_{ijkd} D_{ij} CT_{kd} + Y_j \tilde{N} \quad (1)$$

S.A

$$\sum_{d=1}^p \sum_{k=1}^m \sum_{j=q}^n X_{ijkd} \leq 1 \quad \forall i(q...n) \quad (2)$$

$$\sum_{d=1}^p \sum_{k=1}^m \sum_{i=q}^n X_{ijkd} \leq 1 \quad \forall j(q...n) \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n X_{ijkd} \leq S - 1 \quad \forall k(1...m) \forall d(1...p) \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=q}^n \sum_{i=1}^n X_{ijkd} O_j \leq G_d \quad \forall d(1...p) \quad (5)$$

$$\sum_{j=q}^n \sum_{i=1}^n X_{ijkd} O_j \leq T_{kd} \quad \forall k(1...m) \forall d(1...p) \quad (6)$$

$$\sum_{d=1}^p \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=q}^n X_{ijkd} O_j + Y_j = \sum_{j=q}^n O_j \quad \forall i(q...n) \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{0jkd} + \sum_{i=1}^n X_{i0kd} = 2(X_{0jkd} X_{i0kd}) \quad \forall k(1...m) \forall d(1...p) \quad (8)$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

$$\sum_{j=1}^n X_{qjkd} + \sum_{i=1}^n X_{iqkd} = 2(X_{qjkd} X_{i0kd}) \quad \forall k(1...m) \forall d(1...p)$$

$$X_{ijkd} = (0,1) \quad (9)$$

4.6.2.5 Identificación de la función objetivo y restricciones

- (1) Función objetivo Costo Total del transporte de la cadena de lácteos;
Que combinación de rutas de productores atendidos por una flota de vehículos forman un mínimo costo
- (2) Asegurar que un solo vehículo salga del punto i al punto j
- (3) Asegurar que un solo vehículo recoja la leche en el punto
- (4) No generar subtour
- (5) Lo que se recoge en los diferentes medios de transportes no sobrepasen la capacidad del centro de acopio
- (6) Lo que recoge el camión en cada proveedor no sobrepase su capacidad

- (7) Evaluación de la capacidad de atención a la oferta de los proveedores
- (8) Asegurar que el vehículo que sale del centro de acopio vuelve al centro de acopio
- (9) La variable de decisión solo puede tomar valores binarios

El modelo matemático se corrió y se programó en Gams (Gráfico 4-18).

Grafico 4-17 Modelo Matemático Gams

```
.
i62;
c(i,j) = max(c(i,j),c(j,i));
set arcs(i,j);
arcs(i,j)$c(i,j) = yes;
set i0(i) /%Centro de Acopio %/;
set i2(i);
i2(i)$ (not i0(i)) = yes;
scalar n 'numero de nodos';
n = card(i);

binary variables x(i,j);
positive variables u(i);
variable z;

equations
  Inicio
  Fin
  assign1(i)
  assign2(j)
  assign2(j)
  sec(i,j) 'subtour elimination'
  cost
;

Inicio.. sum(i2(j), x('%Centro de Acopio%',j)) =e= m;
Fin.. sum(i2(i), x(i,'%Centro de Acopio%')) =e= m;
LlegadaP1(i2(i)).. sum(arcs(i,j), x(i,j)) =e= 1;
SalidaP2(i2(j)).. sum(arcs(i,j), x(i,j)) =e= 1;
CapacidadT3(i2(j)).. sum(arcs(i,j), x(i,j)*O(i)) =L= T(k);
sec(arcs(i,j))$(i2(i) and i2(j)).. u(i) - u(j) + p*x(i,j) =L= p-1;
cost.. z =e= sum(arcs, c(arcs)*x(arcs));
```

4.7 Resultados y Validación del modelo de ruteo (Modulo 6:

Resultados)

Una de las tareas más importantes es la verificación y validación del modelo. Las salidas del modelo se van a utilizar para obtener conclusiones para el sistema real, por lo que es muy importante que se confíe en el modelo para garantizar que éste va a ser utilizado.

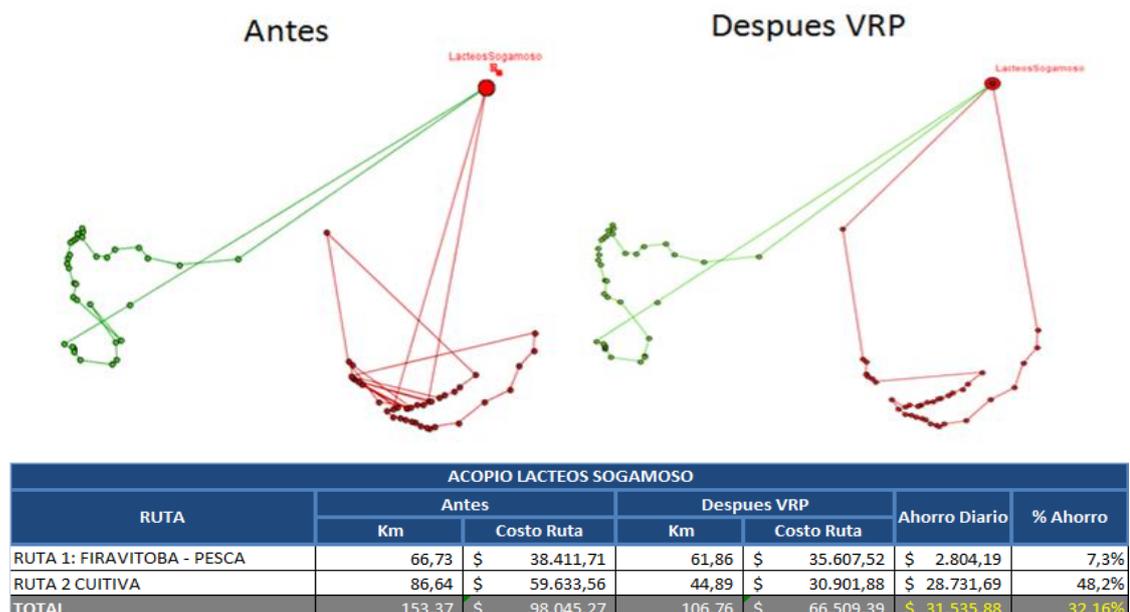
El resultado del modelo es una representación creíble del sistema real, dado que los objetivos de la verificación y de la validación son similares a la realizada por ende se establece que la a modelación matemática determina las siguientes rutas que se van a mostrar a continuación ; se utilizaron los medios de transporte disponible para cada de los centro de acopio, el análisis se realizó para cada centro a continuación se presenta gráficamente las rutas y su modificación en sus rutas donde alcanzan a generar unos ahorros diarios significativos para la operación.

Ruteo Acopio lácteos Sogamoso

El centro de acopio tiene principalmente dos rutas Firavitova-Pesca y Cuitiva en las cuales debe visitar 35 y 29 productores respectivamente; los vehículos deben pasar por estos fincas y puntos de encuentro diariamente para la labor de recolección posee dos camionetas para su labor una con capacidad de 14 cantinas y el otro vehículo con 24 cantinas.

Con la aplicación del VRP se logra una disminución en recorrido de 46 kilómetros generando un ahorro de \$31.535,88 pesos diarios para el acopio de Sogamoso como se muestra en la siguiente grafica (Gráfico 4-19).

Gráfico 4-18 Ruta Acopio Lácteos Sogamoso



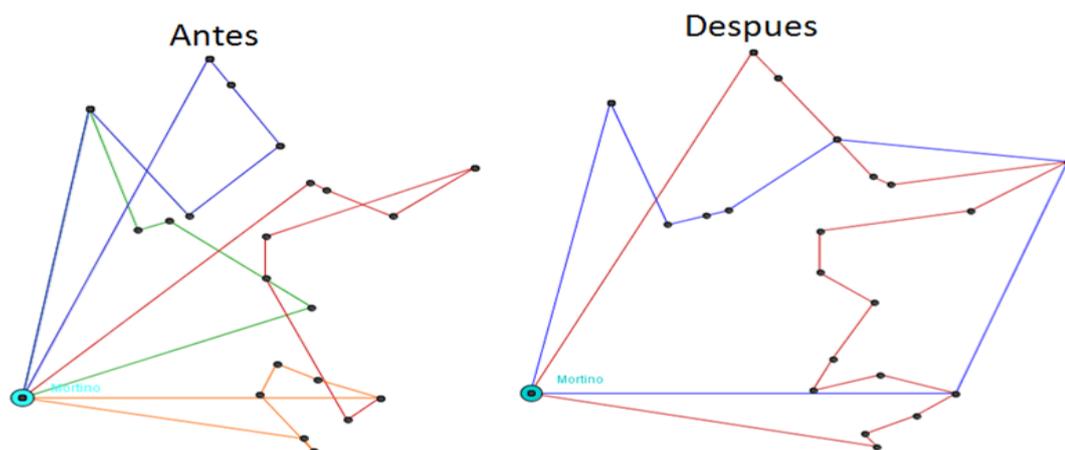
Datos del estudio

Ruteo Acopio Mortiño

El centro de acopio tiene principalmente cuatro rutas Tintal, Monbita, Aposento, Monjas en las cuales debe visitar 4, 16,9 y 6 productores respectivamente; los vehículos deben pasar por estos fincas y puntos de encuentro diariamente para la labor de recolección posee un automóvil y una camionetas para su labor con capacidad de 6 y 12 cantinas respectivamente, se logró disminuir la ruta en dos rutas principales para la recolección de la leche.

Con la aplicación del VRP se logra una disminución en recorrido de 8,6 kilómetros generando un ahorro de \$4.617,90 pesos diarios para el acopio de Mortiño como se muestra en la siguiente grafica (Gráfico 4-20).

Gráfico 4-19 Ruta de acopio el Mortiño



| ACOPIO EL MORTIÑO O DON RAFA | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------------|---------------|
| RUTA | Antes | | Despues VRP | | Ahorro Diario | % Ahorro |
| | Km | Costo Ruta | Km | Costo Ruta | | |
| RUTA1 TINTAL | 6,99 | \$ 3.143,02 | 12,16 | \$ 6.999,24 | | |
| RUTA 2 [MONBITA LLANO- TINTAL] | 8,34 | \$ 4.798,27 | | | | |
| RUTA 3 [APOSENTO - CARTAGENA - | 9,80 | \$ 5.638,76 | | | | |
| RUTA 4 [TINTAL-MONJAS] | 6,08 | \$ 2.733,14 | 10,45 | \$ 4.696,06 | | |
| TOTAL | 31,21 | \$ 16.313,20 | 22,61 | \$ 11.695,29 | \$ 4.617,90 | 28,31% |

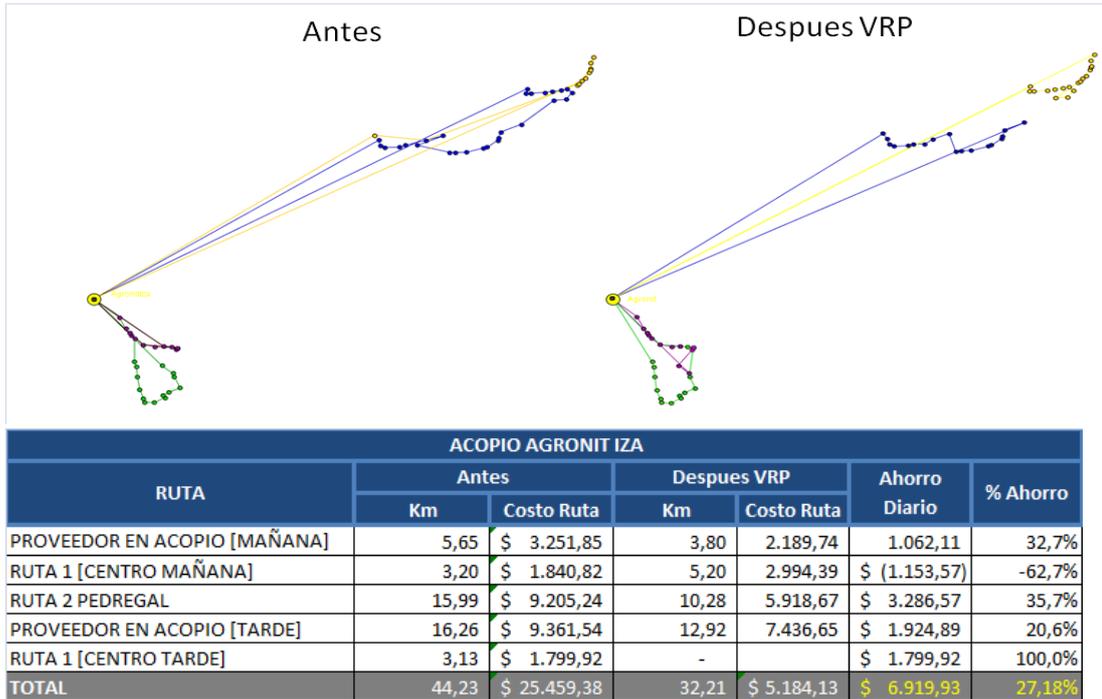
Fuente: Datos del Estudio

Ruteo Acopio Agronit Iza

El centro de acopio tiene principalmente cinco rutas pedragal, Iza1, Iza2 y Iza3 en las cuales debe visitar 26, 18, 7, 11 y 4 productores respectivamente; los vehículos deben pasar por estos fincas y puntos de encuentro diariamente para la labor de recolección posee dos camionetas para su labor con capacidad de 14 cantinas cada uno.

Con la aplicación del VRP se logra una disminución en recorrido de 12,02 kilómetros generando un ahorro de \$6.919,93 pesos diarios para el acopio de Agronit Iza como se muestra en la siguiente grafica (Gráfico 4-21).

Gráfico 4-20 Ruta de Acopio Agronit Iza



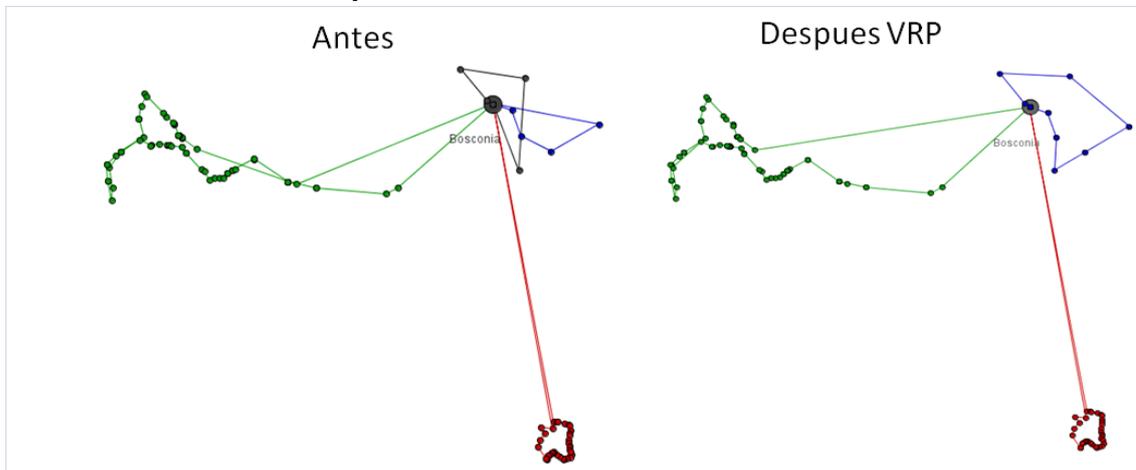
Fuente: Datos del Estudio

Ruteo Acopio lácteos Bosconia

El centro de acopio tiene principalmente tres rutas San Antonio, Gotua, Tota en las cuales debe visitar 67,9 y 35 productores respectivamente; los vehículos deben pasar por estas fincas y puntos de encuentro diariamente para la labor de recolección posee un automóvil y una camionetas para su labor con capacidad de 6 y 12 cantinas.

Con la aplicación del VRP se logra una disminución en recorrido de 6,29 kilómetros generando un ahorro de \$2.884,41 pesos diarios para el acopio de Bosconia como se muestra en la siguiente grafica (Gráfico 4-22).

Gráfico 4-21 Ruta de acopio Bosconia



| ACOPIO BOSCONIA | | | | | | |
|-------------------------------|-------|--------------|-------------|--------------|---------------|----------|
| RUTA | Antes | | Despues VRP | | Ahorro Diario | % Ahorro |
| | Km | Costo Ruta | Km | Costo Ruta | | |
| RUTA 1 SAN ANTONIO-ALCAPARRAL | 28,18 | \$ 16.218,41 | 28,23 | 16.251,17 | (32,77) | -0,2% |
| RUTA 1 GOTUA | 16,72 | \$ 7.514,88 | 10,89 | 4.894,82 | \$ 2.620,05 | 34,9% |
| RUTA TOTA | 29,34 | \$ 16.887,14 | 28,82 | 16.590,01 | \$ 297,12 | 1,8% |
| TOTAL | 74,24 | \$ 40.620,42 | 67,95 | \$ 37.736,01 | \$ 2.884,41 | 7,10% |

Fuente: Datos del Estudio

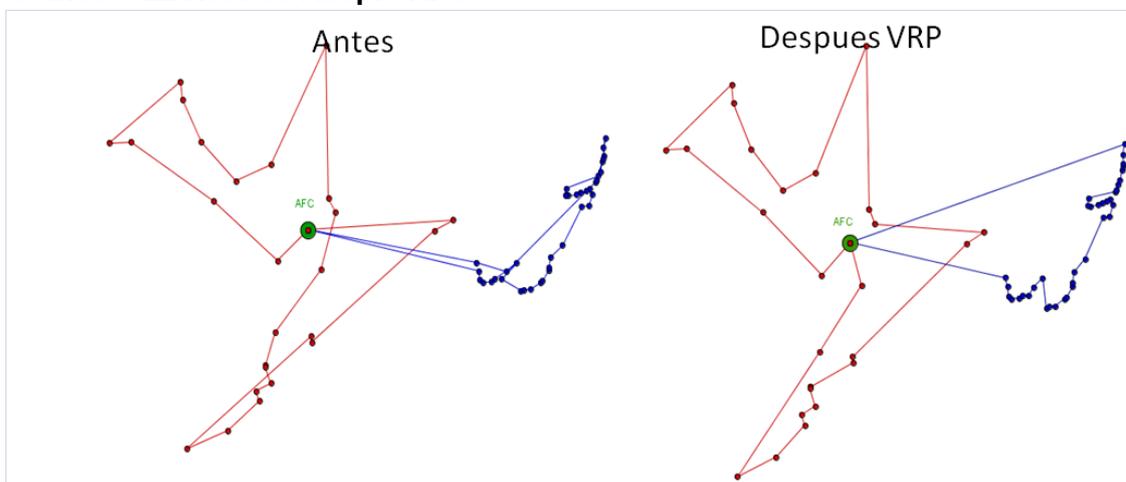
Ruteo Acopio lácteos AFC

El centro de acopio tiene principalmente dos rutas Firavitoba y pedregal en las cuales debe visitar 25 y 37 productores respectivamente; los vehículos deben pasar por estas fincas y puntos de encuentro diariamente para la labor de recolección posee una camioneta para su labor con capacidad de 14 cantinas.

La grafico se observa cómo se debe realizar el ruteo, los diferentes puntos que se deben visitar se logra una disminución en el recorrido de 2,03 kilómetros presentando un ahorro de \$1.168,18 pesos diarios para el acopio AFC (Gráfico 4-23).

Con la aplicación del VRP se logra una disminución en recorrido de 2,03 kilómetros generando un ahorro de \$1.168,18 pesos diarios para el acopio AFC como se muestra en la siguiente grafica (Gráfico 4-23).

Gráfico 4-22 Ruta de Acopio AFC



| ACOPIO AFC | | | | | | |
|--------------------------|-------|--------------|-------------|--------------|---------------|----------|
| RUTA | Antes | | Despues VRP | | Ahorro Diario | % Ahorro |
| | Km | Costo Ruta | Km | Costo Ruta | | |
| RUTA 1 FIRAVITOPA CENTRO | 26,25 | \$ 15.108,66 | 25,41 | 14.627,36 | 481,30 | 3,2% |
| RUTA 2 PEDREGAL | 14,73 | \$ 8.478,54 | 13,54 | 7.791,66 | \$ 686,88 | 8,1% |
| TOTAL | 40,98 | \$ 23.587,20 | 38,95 | \$ 22.419,02 | \$ 1.168,18 | 4,95% |

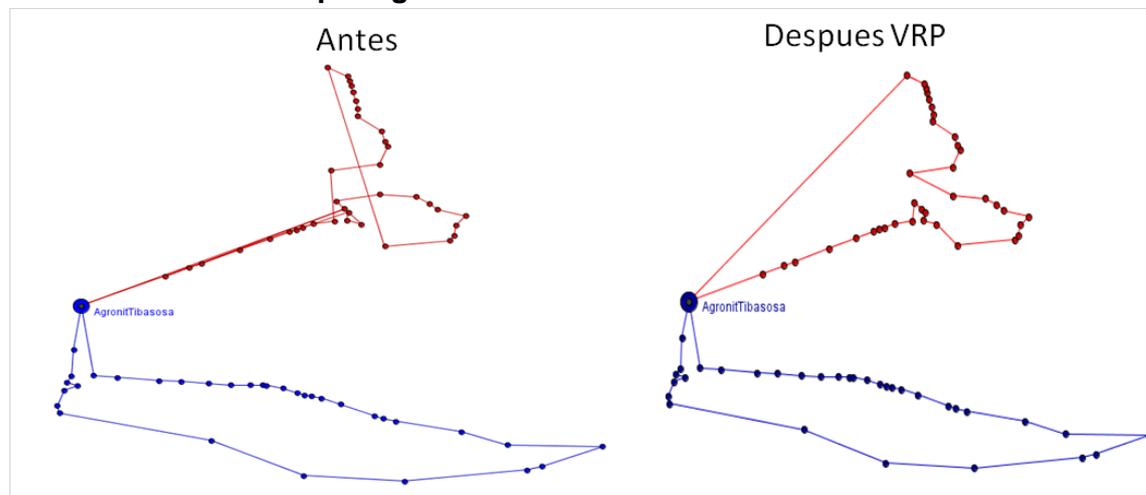
Datos del estudio

Ruteo Acopio Agonit Tibasosa

El centro de acopio tiene principalmente dos rutas Nobsa y Suescun en las cuales debe visitar 37 y 33 productores respectivamente; los vehículos deben pasar por estas fincas y puntos de encuentro diariamente para la labor de recolección posee dos camionetas para su labor con capacidad de 14 cantinas cada uno.

Con la aplicación del VRP se logra una disminución en recorrido de 4,95 kilómetros generando un ahorro de \$2,850,14 pesos diarios para el acopio Agronit como se muestra en la siguiente grafica (Gráfico 4-24).

Gráfico 4-23 Ruta Acopio Agronit Tibasosa



| ACOPIO AGRONIT TIBASOSA | | | | | | |
|-------------------------|--------------|---------------------|--------------|---------------------|--------------------|--------------|
| RUTA | Antes | | Despues VRP | | Ahorro Diario | % Ahorro |
| | Km | Costo Ruta | Km | Costo Ruta | | |
| RUTA 1 TIBASOSA - NOBSA | 18,26 | \$ 10.509,19 | 13,31 | 7.659,06 | 2.850,14 | 27,1% |
| RUTA 2 SUESCUN | 22,70 | \$ 13.066,16 | 22,70 | 13.066,16 | \$ - | 0,0% |
| TOTAL | 40,96 | \$ 23.587,20 | 36,01 | \$ 22.419,02 | \$ 2.850,14 | 4,95% |

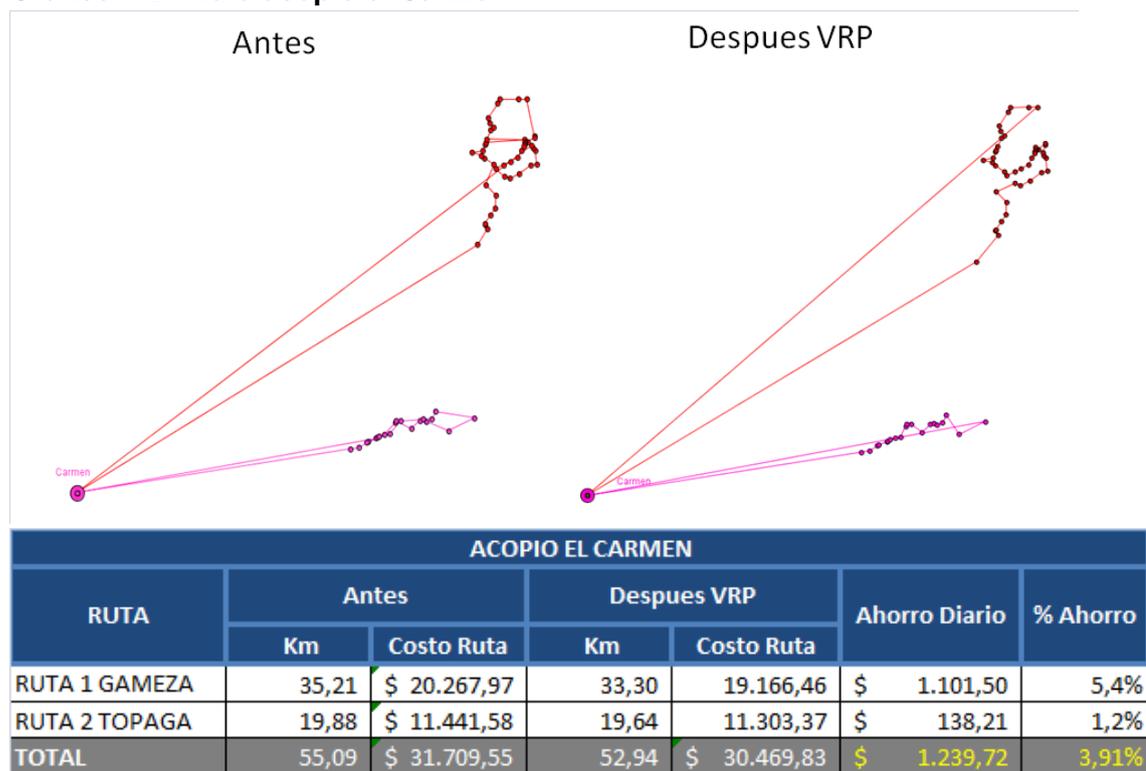
Datos del estudio

Ruteo Acopio el Carmen

El centro de acopio tiene principalmente dos rutas Gameza y Topaga en las cuales debe visitar 45 y 20 productores respectivamente; los vehículos deben pasar por estas fincas y puntos de encuentro diariamente para la labor de recolección posee una camioneta para su labor con capacidad de 14 cantinas.

Con la aplicación del VRP se logra una disminución en recorrido de 2,15kilómetros generando un ahorro de \$1.239,72 pesos diarios para el acopio Carmen como se muestra en la siguiente grafica (Gráfico 4-25).

Gráfico 4-24 Ruta acopio el Carmen



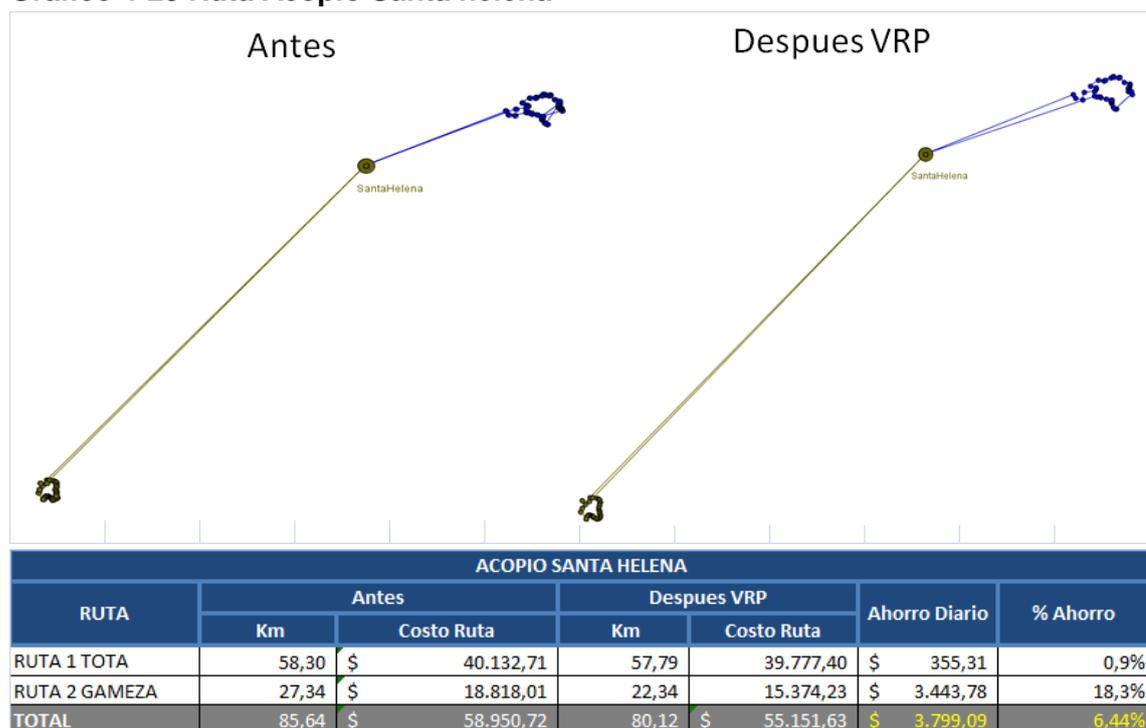
Datos del estudio

Ruteo Acopio Santa Helena

El centro de acopio tiene principalmente dos rutas Tota y Gameza en las cuales debe visitar 35 y 41 productores respectivamente; los vehículos deben pasar por estas fincas y puntos de encuentro diariamente para la labor de recolección posee un camión para su labor con capacidad de 24 cantinas.

Con la aplicación del VRP se logra una disminución en recorrido de 5,52 kilómetros generando un ahorro de \$3,799.09 pesos diarios para el acopio Carmen como se muestra en la siguiente grafica (Gráfico 4-26).

Grafico 4-25 Ruta Acopio Santa helena



Datos del estudio

Se observa a continuación los centros de acopio y sus principales rutas donde cada una de ellas presenta un ahorro en promedio de \$2500,69 y una disminución en promedio por Kilómetro de 4,05 por ruta, a largo plazo esto genera un ahorro significativo en los centros de acopio (Tabla 4-17).

Tabla 4-16 Costo de rutas en la provincia de Sugamuxi

| Acopio | Ruta | Antes | | Despues VRP | | Ahorro Diario | % Ahorro |
|------------------|--|---------------|----------------------|---------------|----------------------|---------------------|--------------|
| | | Km | Costo Ruta | Km | Costo Ruta | | |
| Mortino | RUTA1 TINTAL | 6,99 | \$ 3.143,02 | 12,16 | \$ 6.999,24 | (\$ 3.856,21) | -123,0% |
| | RUTA 2 [MONBITA LLANO- TINTAL] | 8,34 | \$ 4.798,27 | | | \$ 4.798,27 | 100,0% |
| | RUTA 3 [APOSENTOS - CARTAGENA - TIBIN - PEDREGAL BAJO] | 9,80 | \$ 5.638,76 | | | \$ 5.638,76 | 100,0% |
| | RUTA 4 [TINTAL-MONJAS] | 6,08 | \$ 2.733,14 | 10,45 | \$ 4.696,06 | (\$ 1.962,92) | -72,0% |
| Lacteos Sogamoso | RUTA 1: FIRAVITIBA - PESCA | 66,73 | \$ 38.411,71 | 61,86 | \$ 35.607,52 | \$ 2.804,19 | 7,3% |
| | RUTA 2 CUITIVA | 86,64 | \$ 59.633,56 | 44,89 | \$ 30.901,88 | \$ 28.731,69 | 48,2% |
| Agronit Iza | PROVEEDOR EN ACOPIO [MAÑANA] | 5,65 | \$ 3.251,85 | 3,80 | \$ 2.189,74 | \$ 1.062,11 | 32,7% |
| | RUTA 1 [CENTRO MAÑANA] | 3,20 | \$ 1.840,82 | 5,20 | \$ 2.994,39 | (\$ 1.153,57) | -62,7% |
| | RUTA 2 PEDREGAL | 15,99 | \$ 9.205,24 | 10,28 | \$ 5.918,67 | \$ 3.286,57 | 35,7% |
| | PROVEEDOR EN ACOPIO [TARDE] | 16,26 | \$ 9.361,54 | 12,92 | \$ 7.436,65 | \$ 1.924,89 | 20,6% |
| Bosconia | RUTA 1 [CENTRO TARDE] | 3,13 | \$ 1.799,92 | - | | \$ 1.799,92 | 100,0% |
| | RUTA 1 SAN ANTONIO-ALCAPARRAL | 28,18 | \$ 16.218,41 | 28,23 | \$ 16.251,17 | (\$ 32,77) | -0,2% |
| | RUTA 1 GOTUA | 16,72 | \$ 7.514,88 | 10,89 | \$ 4.894,82 | \$ 2.620,05 | 34,9% |
| AFC | RUTA TOTA | 29,34 | \$ 16.887,14 | 28,82 | \$ 16.590,01 | \$ 297,12 | 1,8% |
| | RUTA 1 FIRAVITIBA CENTRO | 26,25 | \$ 15.108,66 | 25,41 | \$ 14.627,36 | \$ 481,30 | 3,2% |
| | RUTA 2 PEDREGAL | 14,73 | \$ 8.478,54 | 13,54 | \$ 7.791,66 | \$ 686,88 | 8,1% |
| Agronit Tibasosa | RUTA 1 TIBASOSA - NOBSA | 18,26 | \$ 10.509,19 | 13,31 | \$ 7.659,06 | \$ 2.850,14 | 27,1% |
| | RUTA 2 SUESCUN | 22,70 | \$ 13.066,16 | 22,70 | \$ 13.066,16 | \$ 0,00 | 0,0% |
| El carmen | RUTA 1 GAMEZA | 35,21 | \$ 20.267,97 | 33,30 | \$ 19.166,46 | \$ 1.101,50 | 5,4% |
| | RUTA 2 TOPAGA | 19,88 | \$ 11.441,58 | 19,64 | \$ 11.303,37 | \$ 138,21 | 1,2% |
| Santa Helena | RUTA 1 TOTA | 58,30 | \$ 40.132,71 | 57,79 | \$ 39.777,40 | \$ 355,31 | 0,9% |
| | RUTA 2 GAMEZA | 27,34 | \$ 18.818,01 | 22,34 | \$ 15.374,23 | \$ 3.443,78 | 18,3% |
| Total | | 525,72 | \$ 318.261,08 | 437,53 | \$ 263.245,85 | \$ 55.015,22 | 17,3% |

Datos del estudio

Esta investigación logro establecer unas rutas posibles para el aprovisionamiento de leche en la provincia de Sugamuxi, se logró el levantamiento de la información

base que puede servir para otros estudios al respecto de esta cadena y lograr una integración a futuro de los eslabones de la cadena de lácteos para mejorar

5 Conclusiones y Recomendaciones

En el siguiente apartado se observan los principales hallazgos del estudio en conjunto con las sugerencias para discusión y futuras investigaciones, se tiene en cuenta que el estudio se genera como parte de un grupo académico de investigación en logística enmarcado en los actuales focos de investigación por lo que se espera el presente estudio se utilice como referencia por miembros del grupo y demás, quienes se puedan interesar como comunidad académica.

Mediante la investigación se logró realizar una caracterización de la cadena de abastecimiento en donde se encontraron deficiencias en el modelo operativo en tanto los actores desconocen los costos totales en los que se incurre al realizar la operación, tanto el productor como el acopio se preocupan por percibir alguna utilidad que se vea reflejada como mínimo en permitir la operación de su negocio. Se tomaron como parámetros para el estudio 8 centros de acopio que concentran la recolección de leche fresca en la provincia ubicados en los municipios de Iza, Firavitoba, Tibasosa y Sogamoso y las principales rutas de acopio de los mismos que concentran 597 productores de los cuales un 3% equivale a medianos productores y el 97% restante a pequeños productores. Para el caso se identificó mediante información recolectada en la provincia que en Sugamuxi se produce el 15.38% de la leche fresca de Boyacá, siendo la tercera en cuanto a volumen con una producción de 296.291 L/día, aportando el 1.64% de la producción nacional anual.

La investigación ha logrado establecer una base para la adecuada administración de sus procesos de acopio, se encontró carencia de un sistema de información que permita una toma de decisiones adecuada; durante el proceso de investigación se elabora un levantamiento de información, tabulación y análisis que permite establecer un primer acercamiento en los diferentes costos incurridos en estos dos eslabones de la cadena centro de acopio y productores, donde incluye la georeferenciación de 597 puntos lo cual permite determinar la ubicación de cada productor para lograr una programación de rutas adecuado.

En la investigación realizada se establecieron rutas para cada centro de acopio y el orden en que deben ser visitados cada productor para el acopio de la leche, se logró una disminución de costos en un 17,3% aplicando adecuadamente el modelo de ruteo con un ahorro para la cadena de \$55.015,22 diarios.

Estas evaluaciones permitieron el desarrollo de una metodología de operación para los centros de acopio, donde se establece el modo de operar que incluye una manera de recoger y analizar información para la adecuada toma de decisiones, que permiten el diseño y programación de rutas VRP.

Del estudio se dedujo que los principales productores que son atendidos por los centros de acopio son pequeños productores

Es necesario distribuir los centros de acopio en zonas próximas a los sitios de recolección ya que se trata de un negocio que uno de los costos más significativos es del transporte y si este costo baja mejorarían los resultados de los centros de acopio; disminuyendo los costos por litro, evitando recorridos innecesarios; se podría pensar en otro tipo de medio de transporte generando ahorro adicionales a la cadena.

Un control mejorado sobre el precio por litro de leche para cada uno de los eslabones, de esta manera disminuye las ganancias para algunos eslabones que no agregan valor a la cadena y pueden incrementar las utilidades para los productores, buscando a largo plazo transacciones más acordes entre los productores y los centros de acopio

Finalmente se recomienda fuertemente el desarrollo de la relación comercial entre los centros de acopio y los productores, en la medida que la información fluya más eficientemente , en la medida que el componente del costo que más afecta la cadena disminuya se podrá realizar un proceso más eficiente, de nuevo se hace énfasis en la noción por la cual se establece que si se logra una comunicación efectiva esta no será constituyente de una desmejora en el servicio, por el contrario una vez que se establece un vínculo más estrecho y se fortalecen las relaciones entre los miembros de la cadena en el largo plazo el beneficio se vuelve mutuo y las partes obtienen lo que quieren de manera orgánica.

6 Bibliografía

AGUILERA, J. (2007). Calculo de rutas de vehiculos con ventana temporal (VRPTW). *Departamento de organizacion industrial y gestion de empresas* , 1-11. Obtenido de http://io.us.es/cursos/doctorado/Trabajos_pdf/Jorge_Aguilera_VRPTW.pdf

ANDRADE, R., MANRIQUE, F., & PETERS, K. (2008). Características productivas y de gestión de fincas lecheras en Boyaca. *MVZ Cordoba* (13), 1333-132.

AZI, N., GENDREAU, M., & POTVIN, J. (2007). An exact algorithm for a single - vehicle routing problem with time windows and multiple routes. *European Journal of Operational Research* 178 , 755 - 766.

BALDACCI , R. (2012). Recent exact algorithms for solving the vehicle routing problem under capacity and time window constraints . *European Journal of Operational Research*, Volume 218 , 1-6.

BANCO MUNDIAL. (2006). Infraestructura logística y de calidad para la competitividad de Colombia. Obtenido de <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/2006/01/6998094/infraestructura-logistica-y-de-calidad-para-la-competitividad-de-colombia>

BARBERO, J. (2010). La logística de cargas en América Latina y el Caribe: una agenda para mejorar su desempeño. *Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Infraestructura y Medio Ambiente*. Obtenido de <http://www.iadb.org/es/publicaciones/detalle,7101.html?doctype=All&dclanguage=es&id=8491%20>

BEAMON, B. (1998). Supply chain design and analysis: *Models and methods*. *Int. J. Productions Economics* 55 , 281-294.

BLANCO, E. Y., & MARTNEZ, F. (2003). Semillero experimental aplicad al sector agroalimentario de las provincias de Tundama y Sugamuxi. *Duitama*. Obtenido <http://boyaca.gov.co/SecInfraestructura/images/CDGRD/Documentos%2de%0Inter%3%A9s/Plan%20Departamental%20de%20Desarrollo%202012%20-%202015%20>

CAMPOS, V. (2004). Problemas de Rutas. *Dpt. Estadística i Investigacion Operativa, Universidad de Valencia*. Obtenido de <http://optimizacionheuristica.blogs.upv.es/tag/investigacion-operativa/>

CASTRO M., & COLINDRES M, (2004). Manual de buenas practicas de transporte (BPT) para recolectores de leche en el sistema artesanal. *Olancho: Proyecto de apoyo al subsector lacteo de Olancho PRO-MESAS / PROACTA / RDS-HN*. Obtenido de http://paselo.rds.hn/document/manual_buenas_practicas_transporte.pdf

CHRISTOPHER, M. (2005). Logistics & Supply Chain Management. *Prentice Hall*.

COMISION REGIONAL DE COMPETITIVIDAD. (2009). Bases para la Formulación del plan de logistica regional. *Bogota: Sáenz & Cia S.A*. Obtenido de <http://www.bogotacundinamarcacompite.org.co/contenido/contenido.aspx?catID=133&conID=388>

CUELLAR, G., & ZORRO, R. (2006). Diagnostico para identificar los sistemas de gestion en la empresa lechera de los municipios de Iza, Firavitoba, Cuitiva y Pesca. *Duitama*. Obtenido de <http://www.firavitoba-boyaca.gov.co/apc-aa-files/353161636630653>

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA DE COLOMBIA. (2004). Censo de produccion de leche industrial. Obtenido de www.dane.gov.co/files/investigaciones/.../ena/leche_industrial_2004.pdf

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA. (2004). Sintesis Encuesta Nacional Agropecuaria ENA .Obtenido de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/doc_anexos_ena_2011.pdf

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN (DNP). (2010). Plan Maestro de Transporte (2010–2032). *Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Ministerio de Transporte*.

- DOMINGUEZ, G., & MOJICA RODRIGUEZ, A. (2008). Diagnostico Del Transporte 2008. *Ministerio de Transporte*, Bogota.
- EKSIOGLU, B., VOLKAN, A., & REISMAN, A. (2009). The vehicle routing problem: A taxonomic review. *Computers and Industrial engineering* (57), 14721483.
- FEDEGAN. (2011). La ganaderia colombiana y las cadenas lacteas. *Bogota*. Obtenido de <http://www.fedegan.org.co/programas/programa-de-encadenamiento-productivo>
- FONDO MIXTO DE CULTURA DE BOYACA. (2012). Fondo mixto de cultura de Boyaca. Obtenida en <http://www.fmcbuy.org/index.html>
- GARCÍA RÚA, C. (2007). Hacia un transporte terrestre de carga eficiente y competitivo. *ZonaLogistica* 37. 3-14
- GOBERNACION DE BOYACA. (2012). Gobernacion Boyaca Orgullo de America. Obtenido de <http://www.boyaca.gov.co/index.php?idcategoria=1868#>
- GOBERNACION DE BOYACA, (2011). Politica Agropecuaria departamento de Boyacá con vision al 2032. Secretaria de fomento agropecuario. Obtenido de <http://www.boyaca.gov.co/index.php?idcategoria=1868#>
- GOMEZ, H. (2008). Mejorando la competitividad de Colombia. *Consejo privado de competitividad*, Foro Banco Colpatria empresarios PYME, Bogota.
- GONZALES, J. (2010). Caraterizacion emprendedora de los empresarios en los valles de Tundama y Sugamuxi. Boyaca (Colombia). *Pensamiento y Gestion* (29), 163-189.
- GUILHERME, J. (2007). Logistica para la competitividad en Colombia. *Banco Mundial*, Medellin.h, R. (s.f.).
- HILLIER, F., & LIEBERMANN, G. (2003). Introduccion a la investigacion de operaciones. *McGraw-Hill*.
- INGENIERIA,GEOLOGIA Y PERFORACIONES. IGP LTDA. (2012). Esquema de ordenamiento territoria (Boyaca). Obtenido de <http://cdim.esap.edu.co/>
- JIMENEZ, F. (2012). La chatarrización de camiones se acelera con reforma tributaria. *El Colombiano*. Obtenido de http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/L/la_chatarrizacion_de_camiones_se_acelera_con_reforma_tributaria/la_chatarrizacion_de_camiones_se_acelera_con_reforma_tributaria.asp
- LYSGAARD, J. (2010). The pyramidal capacited vehicle routing problem. *European Journal of Operation Research* (205), 59-64.
- MEDINA, J., & YEPES, V. (2002). Optimización de rutas con algoritmos de reconstrucción y cristalización simulada oscilatoria, en IBEAS, A. Y DÍAZ, J.M. *Ingeniería de los transportes o la vocación de un desafío permanente: el futuro sostenible. Actas del V congreso de ingeniería del transporte*, (págs. VOL. 2, PP. 685-692). Santander.

- MEDINA, J. & YEPES, V. (2000). Optimización de redes de distribución con algoritmos genéticos, en Colomer, J.V. y García, A. *Calidad e innovación en los transportes. Actas del IV Congreso de Ingeniería del Transporte.*, (págs. Vol. 1, pp. 205-213.). Valencia.
- MITSUO, G., RUNWEI, C., & LIN, L. (2008). Network Models and Optimization Multiobjective Genetic Algorithm Approach. Springer 43 -50
- MOJICA, F. J. (2010). El futuro de la industria láctea colombiana. Bogotá. Obtenido http://www.franciscojojica.com/articulos/Futuro_de...pdf
- MORALES CHAVEZ, Y. (2011). Cadena de suministros y costos de las empresas metalmeccánicas ubicadas en la costa oriental del lago maracaibo. *Revista científica digital del centro de investigación y estudios gerenciales* , 81-91.
- OLIVERA, A. (2004). Heurísticas para Problemas de Ruteo de Vehículos. *Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República*. Montevideo, Uruguay.
- OLIVERA, A., & VIERA, O. (2004). Adaptive memory programming for the vehicle routing problem with multiple trips. *Elsevier Science* .
- POPE, J. (2009). Manual de centro de acopio y pasteurización en pequeña escala. Perú. Obtenido en http://www.infolactea.com/biblioteca_detail.php?bib_id=506&catbib_id=8
- PROEXPORT COLOMBIA. (2011). Sector Lácteo en Colombia. Obtenido en <http://www.proexport.com.co/>
- RESTREPO, H. J., & MEDINA, P. D. (2008). Un Problema Logístico de programación de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW). *Scientia et Technica* Año XIV, No 39,
- RODRIGUEZ, P., MUÑOS, G., TELLEZ, G., & CUBILLOS, A. (2005). Canales y márgenes de comercialización de la leche de la zona de la ladera de la provincia de Sugamuxi (Departamento de Boyacá). *Revista de Medicina Veterinaria* (9), 59-68.
- SALDARRIAGA, D. L. (2008). Medición del desempeño en logística: Indicadores de Gestión (IGL) IV. *Zonolística* (40), 24-26.
- SANZ MARZA, G., & PASTOR MORENO, R. (2008). Metodología para la definición de un sistema logístico que trate de lograr una distribución urbana de mercancías eficiente. *XII Congreso de ingeniería organizacional* .
- SOCIEDAD ECOLÓGICA DE SUGAMUXI (SES). (2012). Ideas Ecológicas para Sugamuxi. Obtenido en <http://ecoideassugamuxi.blogspot.com>
- SOLOMON, M. M. (2001). Logistics. Encyclopedia of Operations Research and Management Science. *Kluwer: Edited By Gass S.I and Harris, C.M.*

SOTO, D., & SOTO, W. y. (2008). Una Metaheurística Híbrida Aplicada a un problema de planificación de rutas. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, Vol. 5 No 3, Medellín.

ÚBEDA, S., FAULIN, J., & SAN MIGUEL, J. (9 de Mayo de 2005). *Aplicación de la investigación operativa en transporte*. Recuperado el 15 de Marzo de 2008, de Navactiva: <http://www.navactiva.com/web/es/alog/doc/informes/2005/05/31512.php>

VIDAL, C. J., & GOETSCHALCKX, M. (1997). Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models. *European Journal of Operational Research* , 1-18.

WILCHES E. (2009). Reflexiones generales sobre la metodología en extensión rural. *UPTC* , 2-7 .

XIAO, Y., ZHAO, Q., & KAKU, I. (2012). Development of a fuel consumption optimization model for the capacitated vehicle routing problem . *Computers & Operations Research* , 419-431.

YEPES PIQUERAS, V. (2002). Optimización Heurística Económica Aplicada A Las Redes De Transporte Tipo Vrptw. *Tesis Doctoral* . Universidad Politécnica de Valencia , España.

ZAVALA POPE, J. M. (2009). *Manual de centros de acopio y pasteurización en pequeña escala*. Lima, Perú. Obtenida en http://www.infolactea.com/biblioteca_detail.php?bib_id=506&catbib_id=8