UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA ESTRATEGIA DE COORDINACION DE INVENTARIOS EN PRODUCTORAS DE ALIMENTOS PERECEDEROS; ESTUDIO DE CASO SECTOR LACTEOS

César Hernando Guzmán Camacho

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento
de Ingeniería de Sistemas e Industrial
Bogotá, Colombia
2012

METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA ESTRATEGIA DE COORDINACION DE INVENTARIOS EN PRODUCTORAS DE ALIMENTOS PERECEDEROS; ESTUDIO DE CASO SECTOR LACTEOS

César Hernando Guzmán Camacho

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Industrial

Director:

PhD. Wilson Adarme Jaimes

Línea de Investigación:

Logística

Grupo de Investigación:

Sociedad Economía y Productividad SEPRO

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería,

Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial

Bogotá, Colombia

2012

“Si tu intención es describir la verdad, hazlo con sencillez, y la elegancia déjasela al sastre”.

Albert Einstein

Agradecimientos

Al grupo de investigación en Sociedad Economía y Productividad y en especial su líder Wilson Adarme Jaimes Ph.D, quienes con sus aportes y observaciones contribuyeron al desarrollo de este trabajo y mi gusto personal por la logística.

A Hugo Felipe Salazar MSc profesor de especializaciones en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y los estudiantes de pregrado en Ingeniería Industrial Ferney Vargas y Omar Boyacá que participaron en el acercamiento a los acopios y productores en la provincia y cuyo aporte fue la base para la realización del trabajo.

A mis docentes y compañeros en la maestría especialmente José Camilo Quintero y Sebastián de Jesús Polaina cuyo apoyo a nivel personal y profesional me permitieron enriquecer mi proceso de desarrollo académico.

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá por abrirme sus puertas y contribuir a mi formación académica y personal durante mi estancia como estudiante de pregrado y posgrado.

A los acopios y productores en la provincia de Sugamuxi- Boyacá quienes permitieron el desarrollo del trabajo en campo.

A mi familia y amigos quienes me acompañaron durante esta jornada y de alguna u otra manera contribuyeron a la elaboración de este trabajo.

Contenido

Lista de tablas VII

Lista de ilustraciones VIII

Resumen X

1. Planteamiento del problema 13

2. Antecedentes y justificación 16

3. Objetivos del proyecto 22

3.1 Objetivo general 22

3.2 Objetivos específicos 22

4. Revisión de la literatura 23

4.1 Logística y administración de la cadena de suministro (SCM) 23

4.2 Coordinación en la SC 26

5. Aspectos metodológicos 34

5.1. Aspectos metodológicos en la investigación 34

5.1. Selección de muestra e instrumentos de medición 38

6. Cadena de abastecimiento de leche fresca en la provincia de Sugamuxi 40

6.1 Caracterización y diagnóstico de la cadena 40

7. Resultados y discusión 51

7.1 Propuesta metodológica 51

7.1.1 Determinación de necesidades 51

7.1.2 Seguimiento y evaluación 52

7.1.3 Retroalimentación 52

7.2 Desarrollo de la metodología para la coordinación de inven_tarios 52

7.3 Análisis de los costos de inventario en los dos nodos de la cadena 55

7.4 Formulación del modelo de coordinación propuesto 57

7.5 Solución al modelo de coordinación y análisis de costos 63

8. Conclusiones y recomendaciones 66

Bibliografía 69

Lista de tablas

Tabla 2-1: Distribución de regiones en el país (Elaborado por el autor basado en Proexport, 2011) 19

Tabla 2-2: Características ambientales y físicas de las fincas estudiadas (Andrade R., 2008) 20

Tabla 4-1: Características de los modelos matemáticos de coordinación de Inventarios (Sánchez j, 2005, el autor) 31

Tabla 6-1: Población de pequeños y muy pequeños productores en la provincia de Sugamuxi (menos de 25 hembras en edad de producción de leche) (El autor, basado en censo ICA 2011) 41

Tabla 7-1: Estructura de costos de los centros de acopio (Datos del estudio). 53

Tabla 7-2: Estructura de costos de los centros de acopio por litro de leche (Datos del estudio). 53

Tabla 7-3: Estructura de costos de los productores (Datos del estudio). 56

Tabla 7-4: Determinación de costos asociados al inventario y transporte por centro de acopio por unidad de manejo (litro) (Datos del estudio, el autor). 56

Tabla 7-5: Parámetros para el centro de acopio Bosconia (Datos del estudio, el autor). 62

Tabla 7-6: Estimación de la demanda en los centros de acopio (el autor, datos del estudio). 64

Tabla 7-7: Resumen de ahorros generados en la cadena (el autor, datos del estudio). 65

Lista de ilustraciones

Ilustración 1-1: Ambiente para el Modelamiento por VMI (El autor, basado en Yao Y, et al. (2008)..... 14

Ilustración 2-1: Producción y Acopio de Leche Fresca en Colombia. (FEDEGAN, 2008) 17

Ilustración 2-2: Destino de la producción de leche fresca en Colombia. (FEDEGAN, 2008) .. 18

Ilustración 2-3: Esquema de la Cadena Agroindustrial de Lácteos (DNP, 2007)..... 19

Ilustración 2-4: Tendencia mensual volumen de producción de leche fresca en Colombia (Proexport, 2011)..... 20

Ilustración 2-5: División provincial Departamento de Boyacá (Gobernación de Boyacá, 2008) 21

Ilustración 4-1: Esquema de una Cadena de Suministro. (Elaborado por el autor)..... 25

Ilustración 4-2: Visión general de la clasificación en la literatura de la coordinación (Arshinder, S.G., & Arun, 2008) 27

Ilustración 6-1: Estructura de la Cadena de abastecimiento del sector lácteo en la provincia de Sogamuxi (el autor, basado en el trabajo de campo, 2012)..... 40

Ilustración 6-2: Características del ganado utilizado por los productores en la provincia (el autor de acuerdo a los datos tomados en campo.)..... 41

Ilustración 6-3: imágenes de un centro de acopio en Sugamuxi (Fotos del estudio en campo)42

Ilustración 6-4: imagen de un expendedor (Fotos del estudio en campo) 43

Ilustración 6-5: Participación porcentual por provincia en la Producción de Leche /día en Boyacá (URPA 2010)..... 44

Ilustración 6-6: División territorial del municipio de Firavitoba (EOT municipio de Firavitoba). 44

Ilustración 6-7: Fichas técnicas acopios Firavitoba (Producto del trabajo de campo, estudiantes apoyo UPTC)..... 45

Ilustración 6-8: División territorial del municipio de Sogamoso (EOT municipio de Sogamoso)..... 46

Ilustración 6-9: Fichas técnicas acopios Sogamoso (Producto del trabajo de campo, estudiantes apoyo UPTC). 47

Ilustración 6-10: División territorial de los municipios de Iza y Tibasosa (EOT municipio de Sogamoso) 48

Ilustración 6-11: Fichas técnicas acopios Iza-Tibasosa (Producto del trabajo de campo, estudiantes apoyo UPTC). 48

Ilustración 6-12: Flujograma de actividades del proceso realizado en los centros de acopio (Datos del estudio) 49

Ilustración 7-1: Estructura de rutas de acopio actuales (Datos del estudio, el autor). 54

Ilustración 7-2: Estructura de rutas de acopio actuales (Datos del estudio). 54

Ilustración 7-3: Flujograma de actividades de los pequeños productores (Datos del estudio, el autor). 55

Ilustración 7-4: Descripción gráfica del comportamiento de las ordenes puestas por el productor en el tiempo (el autor, basado en Glock C, 2011). 57

Ilustración 7-5: Pantallazo de modelado en GAMS para la solución del modelo (el autor). ... 63

Ilustración 7-6: Pantallazo de simulación en hoja de cálculo de Excel (el autor). 63

Resumen

En el presente trabajo se aborda mediante la perspectiva de la administración de la cadena de abastecimiento, la relación entre dos nodos en la cadena de suministro de leche fresca en la provincia de Sugamuxi (Boyacá) y la determinación de una política de abastecimiento a partir de una metodología de coordinación de inventarios en la que el nodo con el mayor poder de negociación, que para el caso se encontró es el compuesto por los centros de acopio se responsabiliza de administrar los inventarios del subsecuente nodo en la cadena con el fin de lograr una minimización de los costos totales de la operación, se asume que al establecer políticas que lleven a la cooperación y se logre coordinar los inventarios no se afectara en ningún grado el nivel de servicio (Sucky,2005). Para el presente caso, se trabajó con una muestra de 8 centros que tienen una capacidad de acopio en promedio de 2778 Litros/día, cuya demanda se cubre en un 70% por pequeños productores que cuentan con una tasa de producción de leche que varía entre 2 y 150 litros/día.

Mediante el trabajo de campo realizado en la provincia de Sugamuxi, se efectuó la localización geográfica, la determinación del estado actual del sistema de ruteo y la estructura de costos básica que soporta la operación de estos actores en los municipios de Sogamoso, Iza, Tibasosa, Firavitoba, Tota, Pesca, y Nobsa principalmente, donde se encontró que actualmente tanto en los centros de acopio como en los hatos productores se desconoce el impacto de los costos de distribución y almacenamiento en su operación, no se desarrollan estrategias de planeación, su actividad se reduce a la atención diaria de la demanda y ninguno de los dos actores evaluados conoce las necesidades del otro.

Para el contexto estudiado se encontró que existe una oportunidad de mejora mediante la utilización de una metodología que implique la coordinación de inventarios en la cadena, con el objeto de lograr una disminución en el costo total del sistema referido a la operación logística, siempre y cuando el entorno cuente con las condiciones apropiadas. En el trabajo se asume que los ahorros generados en la cadena se distribuirán entre los actores, en tanto una disminución de costos permita ajustar el precio de negociación de leche por litro al regulado por las entidades pertinentes.

Palabras clave: Sugamuxi, Coordinación de inventarios, cadena de suministro, leche fresca.

Abstract

This paper shows an approach from a supply chain management perspective the relationship between two echelons in the supply chain of raw milk in the Sugamuxi (Boyacá) province also the determination of a replenishment police through an inventory coordination methodology in which the echelon with more bargaining power, for this case the echelon of the buyers will be the responsible for managing the inventory of the subsequent echelon in the chain to achieve a minimization of the total costs of the operation, is assumed that by establishing policies that lead to cooperation and inventory coordination is achieved that not affect in any degree the level of service (Sucky,2005).

The sample for the case study consisted of 8 collection centers with a capacity to collect an average of 2778 liters / day the demand of this centers will be covered in a 70% by small producers with a daily production rate that varies between 2 and 150 liters / day by producer; It was determined through a field study in the province the geographic location, the current state of the routing system and the basic cost structure that supports the operation of these actors in the municipalities of Sogamoso, Iza, Tibasosa , Firavitoba, Tota, Pesca, and Nobsa, it was found that currently both the producers and the collection centers unknown the impact of warehousing and distribution cost in their operation, also they do not develop planning strategies and the operation is limited to response the daily demand and none of the actors know the needs presented by the other. The study was found that there is an opportunity for improvement by using a methodology that involves the coordination of inventory in the supply chain by a decrease in the total system costs relative to the logistics operation as long as the environment conditions are adequate, this paper assumes that savings generated from coordination will be distributed among the players of the chain as long this savings provide a basis to adjust the milk price by liter according the current regulations.

Keywords: Sugamuxi, Inventory coordination, supply chain, raw milk.

Introducción

Según la FAO[1], muchos países y en particular Asia, han entrado en un período de crecimiento económico y demográfico a ritmo acelerado que está generando una fuerte demanda de dietas de mayor calidad que incluyen más carne, **productos lácteos** y aceites vegetales (FAO, 2008), y aunque Colombia no se posiciona como un gran exportador debido a las condiciones de su sistema agrícola las cifras presentan un mercado donde se puede entrar a competir con la producción nacional sin descuidar el mercado interno siempre y cuando se cuente con un producto de calidad entregado en las mejores condiciones que permita la operación de distribución.

El crecimiento estimado a 2008 de producción de productos lácteos en Colombia de acuerdo al Observatorio de Agrocadenas fue del 2,8 %, el crecimiento de la producción de lácteos en general para América latina fue de un 7% (FAO, 2008) mientras que los índices de los precios han venido en aumento debido básicamente a incrementos en los costos de producción (FAO, 2011) haciéndolo un sector atractivo para la inversión.

Colombia es el cuarto productor de leche en América Latina con un volumen de 6500 millones de litros al año y se cuenta con una producción adicional que no entra al canal formal de 2600 millones de litros al año (Proexport, 2011), a nivel nacional alrededor de 473.000 pequeñas empresas se dedican exclusivamente al sector lácteo y en su gran mayoría se pueden considerar como pequeños productores (FEDEGAN, 2008),y debido a que la capacidad instalada a nivel nacional se encuentra cerca a los límites de utilización se estima un aumento tanto en niveles de compra y procesamiento de alrededor del 10%(Proexport, 2011).

En este contexto la aproximación a los pequeños productores y a los primeros eslabones de la cadena de suministro de productos lácteos se presenta como una oportunidad de intervención que abra las puertas a investigadores interesados en aportar a la productividad y competitividad de las Mypimes que componen el sector, para el caso del presente estudio se plantea una metodología sobre la base de un estudio del manejo de producto en dos nodos de la cadena de abastecimiento de leche fresca en la provincia de Sugamuxi para la coordinación de inventarios entre estos actores, se identificó el estado actual de la cadena y los problemas a nivel estratégico y operativo que presenta.

Se espera que mediante el apoyo del grupo de investigación y el contacto establecido con la UPTC para el desarrollo del estudio se genere un interés más amplio en la cadena y se involucren organismos municipales y regionales en la elaboración de mejores prácticas en el sector.

[1] Food and Agriculture Organization of the United Nations

1. Planteamiento del problema

La hipótesis del trabajo se enfoca en que se puede lograr una mejora considerable y medible en el desempeño productivo de la cadena mediante la aplicación de una estrategia para la coordinación de inventarios reconocida a nivel académico de manera que sea posible ejecutar mediante una herramienta metodológica.

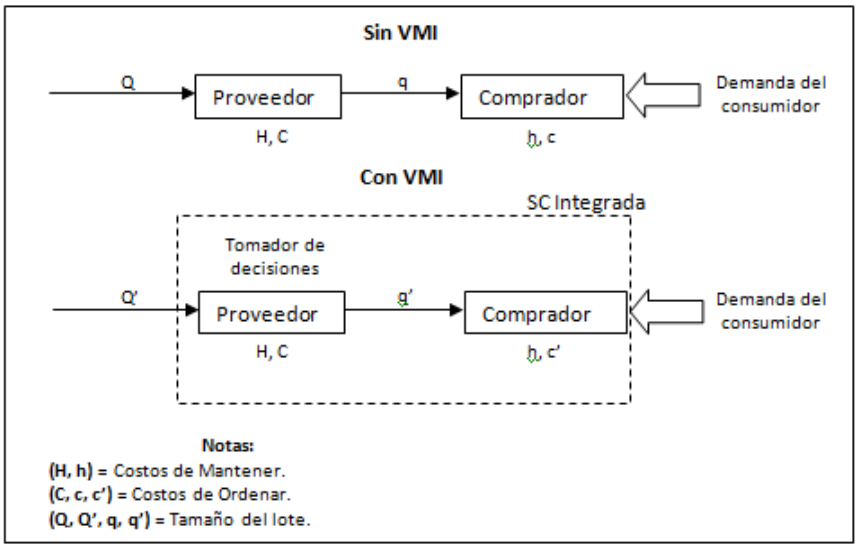
Para el presente caso y en general en un entorno como el brevemente descrito, una estrategia basada en criterios VMI[2] puede ser una alternativa funcional como una aproximación a la coordinación de inventarios en tanto se realice una inversión en sistemas de comunicación o se contemple algún mecanismo que permita compartir información respecto a los inventarios y demanda de los involucrados, además que se considera no hay suficiente literatura acerca de la implementación del VMI en aplicaciones reales, más específicamente De Toni y Zamolo (2004) citan a Cottrill, 1997 y Holmstrom, 1998 entre otros para afirmar que los pocos análisis que se encuentran más comúnmente en la literatura y que se pueden interpretar como casos de éxito se enfocan en los sectores de alimentos.

Para efectos de la contextualización se mencionarán como autores a Yao Y (Yao & Dresner , 2008) quien ha trabajado extensivamente en VMI, principalmente su artículo acerca de la integración de la cadena de suministro con el inventario administrado por el vendedor. Además a Van der Vlist, Kuik y Verheijen., quienes presentan las desventajas del planteamiento de Yao y posibles maneras de enfrentarlas, además se hace referencia a Goyal (Goyal & Gupta, 1988) y Glock (Glock, 2011), cuyos trabajos de coordinación permiten la elaboración de un modelo que permita simular escenarios sobre los que se puede inferir con la información recolectada en campo.

Para Yao Y, en una cadena de suministro que no utiliza VMI el proveedor observa la demanda del comprador indirectamente solo a través de su política de ordenamiento. Con el VMI, el proveedor recibe directamente la información de la demanda del comprador, lo que le permite administrar el inventario del comprador con ciertos beneficios que se mencionan más adelante, la siguiente ilustración muestra los dos ambientes planteados por Yao Y, con y sin VMI. (Yao & Dresner , 2008)

[2] VMI ó Vendor Management Inventory es una estrategia de coordinación en la que uno de los nodos de la cadena se hace responsable por la administración de los inventarios del nodo subsiguiente definiendo cantidades y fechas de despacho, en el apartado de revisión de literatura se aclara más al respecto.

Ilustración 1-1: Ambiente para el Modelamiento por VMI **(El autor, basado en Yao Y, et al. (2008).**



Para el caso Yao Y. maneja un esquema con un proveedor y un comprador, en este ambiente se puede demostrar que se cumple lo siguiente:

1. La frecuencia de reaprovisionamiento con VMI es mayor que la del ambiente sin VMI, esto principalmente porque en la medida que el costo total de pedido del proveedor se mantiene y se reduzca el costo de pedido del comprador más alta será la frecuencia de reaprovisionamiento.
2. El porcentaje de ahorros en el costo total de inventarios con VMI crece en una proporción relacionada con los costos de ordenar del proveedor y el comprador, entre mayor sea el costo de ordenar del proveedor comparado con el del comprador, se incrementaran en mayor proporción los ahorros en los costos totales de inventario, esto se puede observar intuitivamente en la medida que se asuma que entre más grande sea dicha proporción (g =(C/c), donde C y c representan respectivamente los costos de ordenar del proveedor y del comprador) mayores serán los ahorros que pueden realizarse por parte del comprador a través de la reducción de costo de pedido y por consecuente con una frecuencia de reaprovisionamiento más alta beneficiando a toda la cadena.
3. El costo de mantener el inventario con la implementación de VMI se incrementa para el proveedor y decrece para el comprador, en otras palabras se puede decir que entre mayor sea la proporción de costos de pedido del proveedor a la del comprador en la ausencia del VMI (g), más pequeño será la disminución en el inventario del comprador. A mayor sea la proporción del costo de pedido del proveedor al del comprador con el VMI (g`), más grande será la reducción en el inventario del comprador y más pequeño será el incremento en el inventario del proveedor.

Dichas proposiciones son fáciles de observar al analizar el desarrollo matemático de las ecuaciones de Yao en su trabajo sobre el ambiente del modelamiento bajo VMI citado en el presente trabajo.

Pero se puede demostrar además como lo hacen Van der Vlist, Kuik y Verheijen., que existen falencias en los resultados del modelo de Yao Y, et al., por las siguientes razones:

1. Se ignoran los costos incurridos por el proveedor para enviar los productos al comprador.
2. El modelo maneja los flujos entrantes y salientes del proveedor en el peor caso, exagerando el inventario mantenido por el proveedor. (van der Vlist, Kuik, & Verheijen, 2007)

Ahora bien el trabajo anterior no concluye en la crítica sino que va más adelante proponiendo una extensión al modelo que corrige dichas falencias, en un principio incluyendo en el modelo el costo de entregar un pedido.

El presente trabajo busca entonces, bajo el referente de la estrategia VMI mostrar si es posible mediante una metodología de coordinación de inventarios lograr una reducción en los costos de inventario de la cadena de abastecimiento entre los nodos de acopio y producción en la provincia de Sugamuxi (Boyacá). Se realizara la validación teórica mientras se propone el modelo metodológico, ahora bien el modelo matemático constituye otro problema, debido a que en principio se desea trabajar con modelos exactos por la comodidad de realizar un planteamiento cuya respuesta se acerque más al óptimo real, se ha tomado como punto de partida la revisión de Sánchez J (2005) de la literatura en cuanto a los enfoques de acuerdo al tipo de estrategia y consideraciones adicionales para realizar el modelo matemático, teniendo en cuenta los principios del VMI y las propuestas de Yao, Goyal, y Dysney entre otros además del estudio de Glock respecto a un acercamiento matemático en un entorno de múltiples proveedores y un comprador. En el capítulo 4 se presenta la revisión de la literatura que sustenta dicho planteamiento.

2. Antecedentes y justificación

Las Mipymes en Colombia, como entidades generadoras de empleo y riqueza han permitido el desarrollo de miles de emprendedores en el país garantizando sin duda alguna una contribución al desarrollo económico de la nación. En el 2005 la estimación del DANE respecto a la cantidad de Mipymes y su influencia para el país era de alrededor 2.000.000 de Mi Pymes que representaban el 96,4% de los establecimientos, el 63% de los empleos, el 45% de la producción manufacturera del país y el 37% del valor agregado. Se estimaba además que cerca de 1.000.000 de Pymes aportaban más del 50% al PIB nacional y eran la principal fuente de generación de empleo (Cala Álvaro, 2005), no solo eso, de acuerdo a estudios de organismos como el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo o las Cámaras de Comercio regionales se sabe que éstas presentan un potencial importante de innovación y adaptación de nuevas tecnologías (CC Sogamoso, 2007), así como la oportunidad de generar modelos competitivos sostenibles, de acuerdo a la Encuesta Anual Manufacturera EAM efectuada en 2009 entre 9.135 establecimientos del sector industrial se hace referencia a que el 92.43% de dichos establecimientos se pueden considerar como Mipymes empleando al 48.28% de las 641.446 personas ocupadas por el sector industrial en ese año (DANE,2009).

En general, el modelo económico de la Mipyme brinda la posibilidad de acomodarse a cambios repentinos en la demanda de los productos así como la facilidad de agruparse en clústeres para generar economías de escala y poder además ubicarse en diferentes sectores productivos según el que sea más rentable (Mincomex[3]). En este sentido las Mipymes

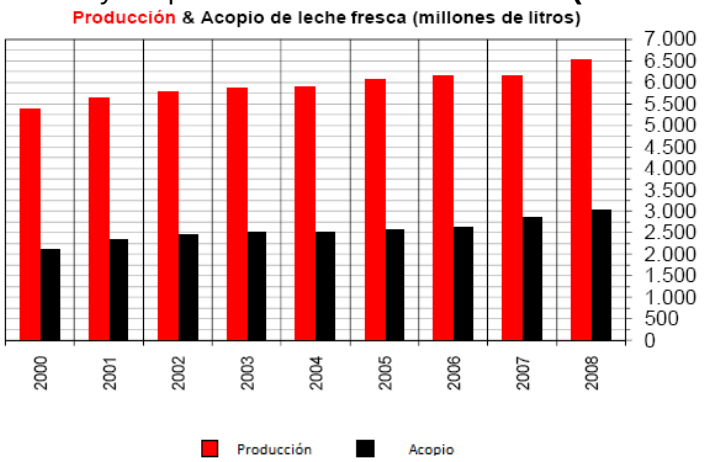
[3] Ministerio de comercio exterior

permiten que con base en un estudio formal se pueda generar valor, en cuanto se puede llegar a corregir prácticas poco óptimas para su labor e incluso plantear nuevas formas de visualizar el negocio tanto desde el punto de vista estratégico como operativo.

Del volumen de Mipymes a nivel nacional alrededor de 473.000 se dedican exclusivamente al sector lácteo y en su gran mayoría se pueden considerar como pequeños productores (FEDEGAN, 2008), lo que puede causar que la producción anual de leche no sea utilizada por empresas del sector (Ilustración 2-1), por el contrario se comercialice por canales informales cerrando las puertas a futuras oportunidades de desarrollo e inversión, de acuerdo a FEDEGAN de la producción de leche anual la industria acopia tan solo el 46.6% de la producción de leche fresca, con 5 empresas que procesan el 55% de la leche que ingresa al canal industrial, de acuerdo a estadísticas de Proexport la capacidad instalada a nivel nacional se encuentra cerca a los límites de utilización, por lo que se estima un aumento tanto en niveles de compra y procesamiento de alrededor del 10%(Proexport,2011).

Como una oportunidad de beneficio al sector el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, el Ministerio de Protección Social , el SENA[4], Colciencias y el DNP[5] desarrollaron **la política nacional para mejorar la competitividad del sector lácteo Colombiano[6]** identificando como problemática principal la baja competitividad, reflejada con la baja productividad, los altos costos de producción en finca, el bajo nivel de asociatividad y especialización de la cadena, la informalidad de la comercialización y la insuficiencia en capacidad de transformación (Conpes, 2010).Con base en esta política se definió que se debe reforzar la participación del sector informal para lograr una sinergia que beneficie al país y se puedan establecer las bases para enfocar estudios que busquen la competitividad del sector desde diferentes perspectivas y por supuesto disciplinas, lo que sienta un precedente en cuanto las posibilidades que se abren a la investigación.

Ilustración 2-1: Producción y Acopio de Leche Fresca en Colombia. **(FEDEGAN, 2008)**



[4] Servicio Nacional de Aprendizaje

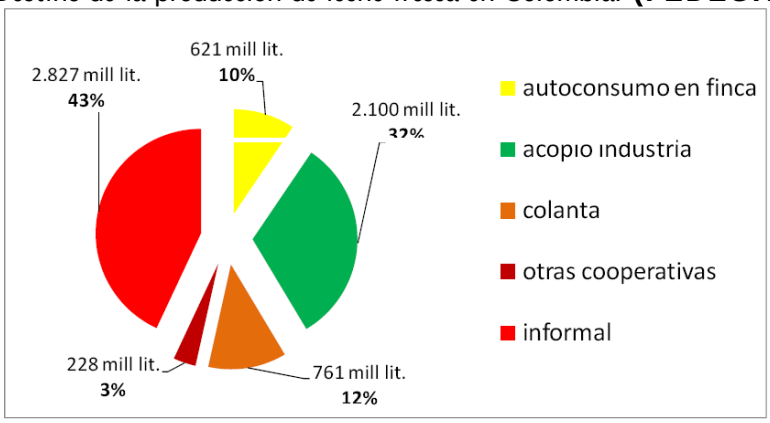
[5] Departamento Nacional de Planeación

[6] Documento CONPES 3675 del 19 de Julio de 2010

El Estado mediante los decretos 3411 de 2008 y decreto 616 de 2006 sostiene además que la posibilidad de desarrollo de la cadena apunta al establecimiento de canales formales de comercialización y transformación, por otro lado esto constituiría un problema para los pequeños ganaderos cuya principal actividad la constituye la comercialización de leche cruda, de los 473.000 ganaderos el 50 % poseen menos de 10 reses y el 75% menos de 25, lo anterior plantea un reto para cualquier intervención académica que pueda aportar al bienestar de la comunidad, se debe contemplar que cualquier medio de disminución de costos en la cadena y una mejor organización que incentive la formación de núcleos industriales con capacidad de absorber el 43.4 % de la producción no acopiada devendría en una mejora considerable en el sector que no perjudicase al pequeño productor, teniendo en cuenta que las políticas de intervención del Estado no serían derogadas y constituyen una barrera más en el acercamiento a una solución que no sea unilateral.

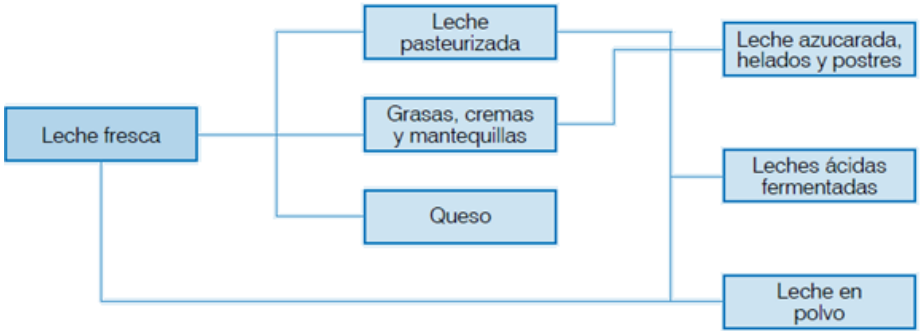
El potencial del sector se ve actualmente en las cifras, en Colombia se producen 6500 millones de litros anuales de leche fresca destinados de acuerdo a como se observa en la Ilustración 2-2 siendo así el cuarto productor de Latinoamérica superada por Brasil, México y Argentina (Proexport, 2011), en general y aunque no se considera tanto a la leche como un bien transable ante los subproductos lácteos que derivan de ella, se considera como de primera necesidad y de gran importancia en la seguridad alimentaria.

Ilustración 2-2: Destino de la producción de leche fresca en Colombia. **(FEDEGAN, 2008)**



El perfil que presenta el sector y su enfoque general hacia los primeros eslabones de la cadena (Ilustración 2-3) tanto en la producción como en el acopio de leche fresca tienden a centrarse en la importancia del pequeño productor, esto plantea diversos retos en la intervención mediante planes de acción como los que se presentan en el documento Conpes, por ejemplo el nivel de informalidad, que en un principio permite suponer un reto en la utilización de tecnologías de información, lo que como se comentaba en la revisión del estado del arte, supone un obstáculo en la implementación de estrategias de optimización de la cadena cómo la coordinación entre eslabones, en general cualquier esquema de coordinación se basa en las tecnologías de información, sin embargo Sánchez J (2005) citando a Cavalieri, *et al,* (2001), señala que las dificultades pueden centrarse más en el establecimiento de las relaciones de colaboración, debido principalmente a la inercia organizacional derivada de la adversidad que presenta la cultural natural

Ilustración 2-3: Esquema de la Cadena Agroindustrial de Lácteos **(DNP, 2007)**



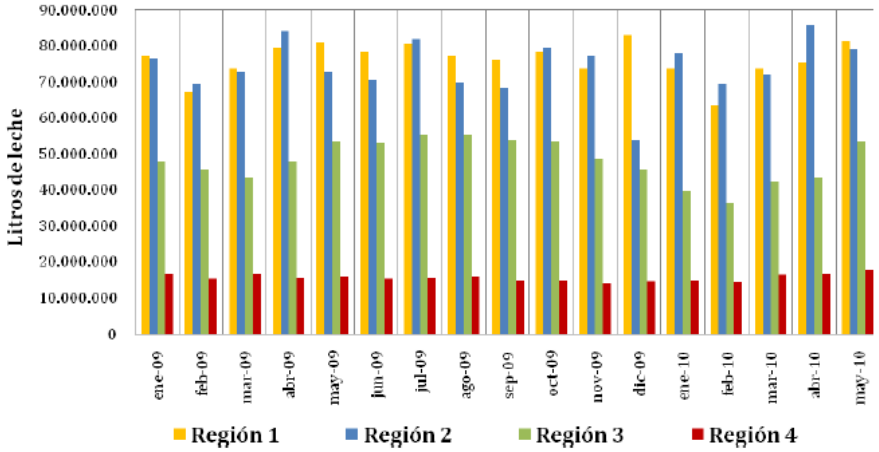
Dichas dificultades se observan más acentuadas en particular para aquellos socios comerciales que operaran en los niveles inferiores en la cadena de suministro, en la Ilustración 2-3 se puede observar el esquema general de la cadena agroindustrial de lácteos donde la leche fresca ocupa el primer eslabón, en el siguiente capítulo se muestra detalladamente como se constituye la cadena de suministro para el caso particular de la provincia de Sugamuxi, provincia que se escogió por su importancia en la producción y acopio de leche fresca entre las regiones productoras del territorio nacional y el apoyo presentado tanto por los centros de acopio como los pequeños productores de la zona para la realización del estudio.

De acuerdo a cada región de procedencia de la leche fresca en el país (dividido en 4 regiones lecheras como se muestra en la Tabla 2-1) varían tanto sus calidades como sus características, y aunque en la región cundiboyacense y especialmente en Boyacá las fincas son pequeñas en comparación con otras regiones lecheras nacionales e internacionales éstas registran una media de producción láctea mayor (Andrade, R. et al, 2008). Para el caso del altiplano cundiboyacense se producen 73,5 mil HL en promedio al mes, lo que es un volumen significativo en comparación con otras regiones con mayor extensión como se muestra en la Ilustración 2-4.

Tabla 2-1: Distribución de regiones productoras de leche fresca en el país **(Elaborado por el autor basado en Proexport, 2011)**

Región 1	Región 2	Región 3	Región 4
Boyacá	Chocó	Atlántico	Valle
Cundinamarca	Antioquia	Guajira	Tolima
	Caldas	Magdalena	Cauca
	Risaralda	Sucre	Huila
	Quindío	Cesar	Nariño
		N. Santander	Putumayo
		Córdoba	Arauca
		Bolívar	Casanare
		Santander	Meta
		Caquetá	Vichada
			Guaviare
			Guainía
			Vaupés
			Amazonas

Ilustración 2-4: Tendencia mensual volumen de producción de leche fresca en Colombia **(Proexport, 2011)**



Debido a las características que presenta la región cundiboyacense tanto para la cría de la principal raza ganadera para ordeño *Holstein friesian* que constituye un 94.45% de los novillos y vacas empleados por su volumen de producción estimado en 16.5 litros/vaca/día (Andrade, R. et al, 2008) como la dinámica de la zona que se encuentra cerca de los centros urbanos más grandes del país, gran parte de la producción y acopio de leche fresca se lleva a cabo en este lugar. En la tabla 2-2 Andrade et al (2008) resumen las características productivas y de gestión en las fincas lecheras del departamento encontradas en su estudio, definidas estadísticamente mediante una muestra total tomada en 20 fincas de 10 municipios.

Tabla 2-2: Características ambientales y físicas de las fincas estudiadas **(Andrade R., 2008)**

Variable	Unidad	$\bar{X}$	±	Min.	Máx.	Mediana
Altura	msnm	2630	205.5	2300	2900	2650
Temperatura	°C	13.5	2.18	10	18	14
Precipitación	mlxm³	48.1	5.35	40.22	60	48
Duración de lluvias	Meses	5.7	1.68	4	10	5
Brillo solar (media mensual)	h	163.65	18.6	125.38	182.05	166
Área de la finca	ha	43.35	25.97	9	89	37.5
Potreros	#	18.45	6.54	10	35	17.5
Área de potreros	ha	2.52	2.71	0.5	12.8	2.1
Hectáreas fertilizadas	ha	33.08	24.21	5	89	25
Fertilizante por ha	kg	38.34	30.24	7.8	100	26
Hectáreas regadas	ha	15.6	15.45	0	60	11
Meses de riego	Meses	3.55	2.28	1	8	2.5
Área de establo	m²	9.5	2.74	4	16	10
Área de corral	m²	101.25	43.04	20	180	100
Área de casa	m²	74.7	64.65	9	200	60
Área de bodega	m²	55.95	53.7	6	160	25

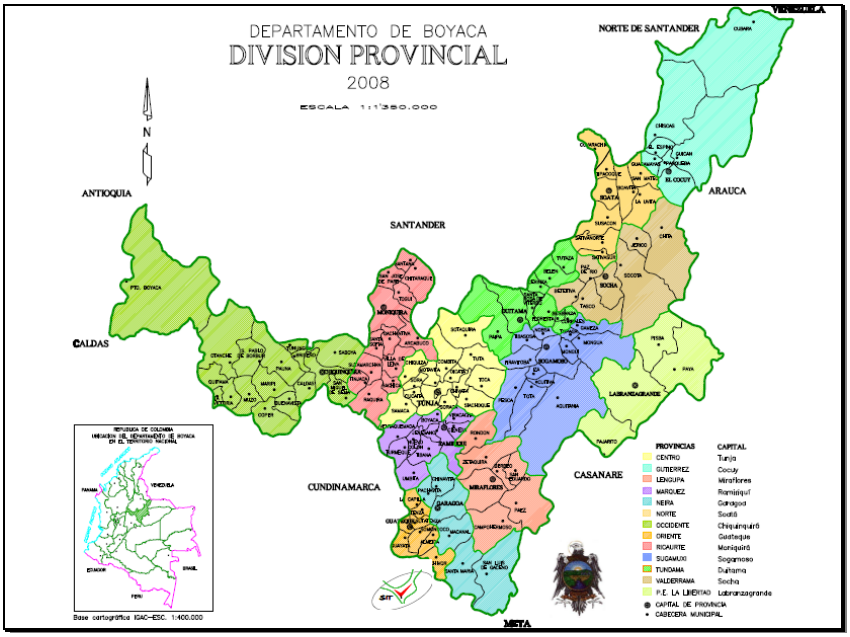
De acuerdo a las cifras presentadas y observando el creciente interés gubernamental por impulsar el sector, se puede afirmar que el sector lácteo en Colombia se muestra prometedor ante la inversión extranjera y presenta tendencias de crecimiento consistentes a través del tiempo en volumen de producción (Ilustración 2-4), se tiene la experiencia de multinacionales que ya han invertido en Colombia como la suiza Nestlé, la francesa Danone y la italiana Parmalat, que encuentran atractivo el país como opción de inversión con ello demostrando el potencial que se puede explotar en tanto se trabaje en iniciativas que ayuden al desarrollo de los pequeños empresarios, más aún, en una región como la estudiada se puede empezar a

construir conocimiento con base en estudios que se enfoquen en la competitividad de las Mipymes.

La región cundiboyacense produce la mayor cantidad de leche fresca en promedio día en el país, por lo que se asume que la cadena logística para soportar los volúmenes que se mueven debe ser lo suficientemente robusta para administrarlos convirtiéndola en un objeto de estudio interesante en lo que respecta tanto a almacenamiento como a distribución, teniendo en cuenta además que un producto con vida útil tan corta como la leche fresca en comparación con otro tipo de productos se debe abordar teniendo en cuenta parámetros especiales en la cadena como las ventanas horarias en la entrega, específicamente y contemplando que la leche fresca recién ordeñada es altamente perecedera y empieza a generar vida bacteriana en menos de 24 horas si no se mantiene refrigerada (CODEX Alimentarius).

Para el estudio se tomará una muestra en cuanto a producción y acopio en promedio por día delimitada por la zona de Boyacá. El departamento Boyacá, que cuenta con 13 provincias y 123 municipios (en la Ilustración 2-5 se muestra la división política por provincias del departamento de Boyacá), es un destino turístico en el país y cuenta además con una de las mayores producciones a nivel agrícola, especialmente en lo que respecta a la producción primaria derivada del ganado de la región entre la que se cuenta por supuesto el ordeño y distribución de leche fresca a procesadoras primarias y centros de acopio; como parte del trabajo de campo (que se detallara más adelante) se realizó una segmentación geográfica preliminar de donde se definió como centro de estudio la provincia de Sugamuxi, que 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[7], y aportando el 1.64% de la producción nacional anual.

Ilustración 2-5: División provincial Departamento de Boyacá **(Gobernación de Boyacá, 2008)**



[7] URPA (Unidad Regional de Planeación Agropecuaria) 2010

3. Objetivos del proyecto

3.1 Objetivo general

- Diseñar una metodología para la adopción de un modelo de Coordinación de Inventarios en una cadena de distribución de alimentos perecederos en el sector lácteo de la provincia de Sugamuxi (Boyacá) por medio de modelos exactos bajo la estrategia VMI.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la cadena de suministro de alimentos perecederos objeto de estudio (leche fresca en la provincia de Sugamuxi).
- Determinar los parámetros del modelo VMI en la cadena de suministro objeto de estudio.
- Proponer un modelo VMI adecuado al tipo de mercancía a trasportar.
- Validar el modelo de VMI utilizado y la metodología propuesta.

4. Revisión de la literatura

4.1 Logística y administración de la cadena de suministro (SCM)

Un proceso empieza con un problema que se debe resolver, una situación que necesita de un mejor entendimiento o un comportamiento indeseable que se desea corregir o evitar (Forrester, 1958), para el caso de una empresa, que se puede considerar inmersa en un sistema[8] complejo que presenta interacciones dinámicas además de cambios poco predecibles en la manera que dichas interacciones operan un problema se deriva de la falla en uno de los muchos elementos que conforman su sistema, de acuerdo a la teoría planteada por Porter (Porter, 1985) el entorno que establece los límites del sistema empresarial "es muy amplio y abarca tanto fuerzas sociales como económicas, y su aspecto clave es el sector o sectores industriales en los cuales se compite" (Porter, 1985), es decir, una empresa o un conjunto de ellas será competitiva en la medida que su entorno lo permita y más específicamente cuando los actores que la afectan directamente muestren capacidad de integración entre sí. Fabbe-Costes y Jahre (Fabbe-Costes & Jahre, 2008) en su revisión del estado del arte de la relación entre integración y desempeño en las empresas que conforman cadenas de suministro[9] concluyen que la integración siempre es mejor y conduce a un mejor desempeño, siempre y cuando se definan los alcances, el tipo de integración y el contexto en el que se pueda dar.

Bajo esta concepción de sistema en el ámbito empresarial y la integración como una oportunidad de mejora y competitividad una de las actividades más importantes en la empresa y en cualquier sector en general será la logística (tanto interna como externa) que Porter definía como operación primaria en la cadena de valor (Porter, 1985) y aunque referido principalmente a las labores de recepción, almacenamiento y distribución lo más importante de su contribución fue el hecho de haber relacionado el concepto de logística con el de competitividad de las empresas estableciéndola como una actividad primaria en su cadena de valor; Porter además menciona que las empresas interactúan fuertemente con su entorno independiente de la naturaleza de los actores involucrados, motivo por el cual los esfuerzos para la mejora han de encausarse no sobre individuos sino en cadenas, es más, ya a mediados del siglo XX Forrester hablaba de los efectos de actuar sobre sistemas más que sobre elementos (Forrester, 1958) y el beneficio que se obtenía a partir de esta perspectiva.

Dicha visión de la logística mencionada por Porter fue refinada más tarde y se integró con el concepto de administración de la cadena de suministro ó SCM de ahora en adelante por sus

[8] Entiéndase por sistema la definición dada por Jay Forrester padre de la dinámica de sistemas, en la que menciona que un sistema se caracteriza por tener una estructura compuesta por un conjunto de partes interconectados que presentan determinado comportamiento.

[9] Un concepto más amplio de cadena de suministro se tratara a lo largo del escrito.

siglas en ingles (Supply Chain Management), concepto acuñado por primera vez en un trabajo[10] de Oliver, R.K. y Webber M.D en 1982 (Oliver & Webber, 1982) acerca de la importancia de una nueva estrategia empresarial que integrase tanto actividades estratégicas como operativas, su planteamiento novedoso introducía en el mundo empresarial el concepto de la SCM como una respuesta a diversos problemas persistentes encontrados en las empresas que se estudiaron. En el estudio se encontró que existe una relación entre los integrantes de la cadena de suministro basada en objetivos en conflicto lo que lleva a que en el nivel operativo los actores sean ineficientes pero además concluyen que el desempeño general puede mejorarse con un esquema basado en la cooperación.

Para el presente documento se manejarán como conceptos de **logística** y de **SCM** los siguientes: la logística por un lado como la define el GSCF[11] es aquella parte del proceso de la cadena de abastecimiento que planifica, implementa y controla el flujo y el almacenamiento eficiente y efectivo de los bienes, servicios e información relacionada desde el punto de origen al punto de consumo con el objetivo de satisfacer los requerimientos del cliente es decir, es una disciplina que integra y cohesiona.

Feres E. Sahid[12] Vicepresidente del CELALE[13] para América del Sur y, Presidente de la Junta Directiva de la firma Supply Chain Management Consulting Group S.A presenta una analogía que permite esclarecer mejor lo anterior:

"La Logística es a la cadena de abastecimiento, lo que el corazón al cuerpo humano. El cuerpo humano no es una cadena eslabonada de órganos, sino un conjunto integrado de sistemas interrelacionados mediante un sistema de información y comunicación. En esencia el cuerpo humano es energía, materia e información, tres cantidades fundamentales del universo. El sistema circulatorio distribuye el flujo de sangre en el cuerpo y si el corazón falla, el flujo se detiene y el cuerpo se vuelve materia."

La SCM como la define el GSCF es "la integración de los procesos clave de negocio desde los usuarios finales a través de los proveedores primarios que suministran productos, servicios e información que agrega valor para los clientes y los otros involucrados ", Sucky también hace referencia a la SCM como la administración cooperativa de flujos de materiales e información (Ilustración 1-1[14]) entre los actores de la cadena de suministro, con el fin de alcanzar aquellas metas que no pueden ser alcanzadas por ellos individualmente (Sucky E,

---

[10] El articulo de Oliver y Webber: "Supply-chain management: logistics catches up with strategy" se considera como un hito en la literatura acerca de la SCM, cabe aclarar que el enfoque se concentra en la gestión pero sirve como referencia para la definición de SCM y su función.

[11] EL GSCF (Global Supply Chain Forum) es un instituto líder mundial en la investigación de la SCM y se encuentra conformado por industrias reconocidas y la facultad de Ingeniería de la Universidad de Standford.

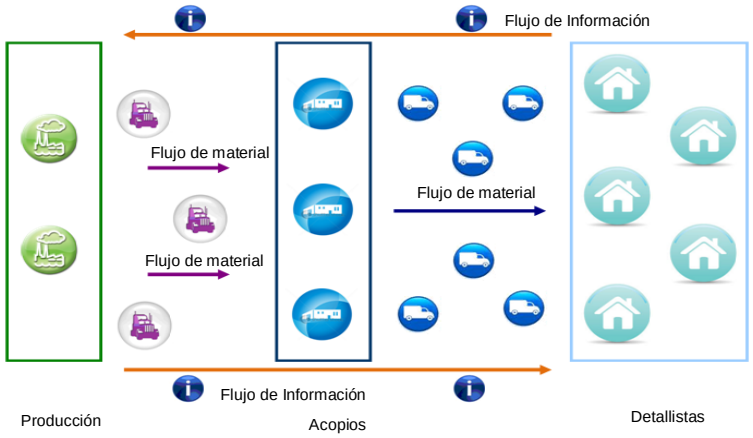
[12] La consulta de la hoja de vida completa se puede hacer en el link de CVLAC: http://201.234.78.173:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000416991

[13] El Centro Europeo-Latinoamericano de Logística y Proyectos Ecológicos.

[14] En la Ilustración se muestra un esquema clásico de 3 nodos en una cadena de suministro con n plantas, m centros de acopio y l detallistas.

2005), no en vano la SCM es considerada actualmente la estrategia operacional más popular en el último siglo para lograr mejoras considerables en la competitividad empresarial por ayudar a mitigar los problemas que se dan en ambientes de riesgo (Gunasekaran, A et al, 2008), y el funcionamiento de dicha estrategia dependerá solo de cuan desarrollados y hasta qué grado funcionen efectivamente tres factores principales: la **integración** de las firmas, la **cooperación** entre los involucrados y la **sincronización** de todo el sistema , un ejemplo básico de un esquema de cadena de suministro se observa en la Ilustración 4-1.

Ilustración 4-1: Esquema de una Cadena de Suministro. (Elaborado por el autor)



Con el fin de lograr un flujo continuo tanto de bienes como de información, una cadena de suministro puede presentar dos tipos de estructura diferenciadas, estructuras de tipo centralizado y descentralizado, que se definen principalmente por el grado de participación de cada uno de los eslabones a nivel operativo y a nivel estratégico así como por la información que comparten.

Mientras una estructura de tipo descentralizado permite que la planeación o la ejecución se efectúe a través de los agentes individualmente una estructura centralizada presenta un ideal en el que la planeación ó la ejecución se hacen de manera conjunta, en algunos casos y de acuerdo al contexto especifico se puede presentar una mezcla de las dos estructuras que es más beneficiosa para la cadena. Si bien todos pueden contribuir bajo una estructura descentralizada a minimizar el costo de la cadena compartiendo el mínimo de información(Jung et al, 2008), una estructura centralizada puede ofrecer mayor control sobre el flujo a través de la SC, lo que permite responder rápidamente ante la volatilidad del mercado para explotar las oportunidades de la empresa, la manera en que estas estructuras funcionan depende también del cómo se tomen las decisiones de acuerdo a la distribución del poder.

Lo anterior lo muestran Pérea et al (Perea-López, Ydstie, & Grossmann, 2003) en su trabajo acerca de optimización en la cadena de suministro, de acuerdo a su estudio una aproximación integrada permite un mayor acercamiento a los consumidores finales logrando un mejor nivel de servicio y respuesta a cambios en el mercado, además logra una disminución de costos en comparación con cadenas de estructura descentralizada y una mayor claridad respecto a quien tiene el poder en la cadena.

La definición de poder puede ser confusa debido a que puede involucrar más que el poder de adquisición, el poder de negociación o un tipo de poder social (Stannack, 1995), Stannack se aproxima a una definición en la que involucra tres problemas para la identificación del poder en la cadena, en primer lugar los métodos o la forma de usar el poder, el contexto y las interacciones, la definición de en cuál de los actores se encuentra el poder en la cadena permitirá dar una coherencia a los análisis que se realicen sobre la misma, el profesor Zhao en su trabajo acerca de las relaciones de poder y la integración entre dos nodos de la SC menciona que de acuerdo a estas relaciones se afectan los costos transaccionales y las oportunidades de mejora (Zhao X et al, 2008), Crook y Combs mencionan al respecto referidos al poder de negociación que una implicación clave es que los beneficios de la SCM varían de acuerdo a como el poder de negociación es usado (Crook y Combs, 2007).

Particularmente y como se mencionaba en el trabajo de Oliver y Webber el problema con las cadenas radica en el hecho de tomar decisiones que pueden ir en conflicto con lo que desean los demás miembros de la cadena generando una asimetría de información y un efecto total sobre la SC que se conoce comúnmente como Efecto Látigo[15] (Bull Whip effect), este efecto se puede observar en la medida que existe una fluctuación en las ordenes de los proveedores mucho mayor a la que se presenta en las ventas de los compradores, es natural que a medida que se desplace el observador por la SC aguas arriba perciba que la fluctuación aumenta cada vez más.

Dicha asimetría se puede disminuir mediante el uso de estrategias de coordinación, esto debido a que se asume que los actores en la cadena comparten información como se vera en el siguiente apartado, la coordinación en la cadena de suministro es un plan para coordinar las operaciones de los miembros individuales de la SC y mejorar la utilidad del sistema. Cuando los miembros son entidades económicamente separadas e independientes dicho plan debe incluir un esquema de incentivos con el fin de que los beneficios se distribuyan adecuadamente y los miembros se inclinen a la cooperación (Li & Wang , 2007). El principio de esta aproximación a la mejora del desempeño de la SC se orienta en la determinación de una política de abastecimiento a través de precisar la cantidad a pedir y el período de suministro para lograr el costo mínimo (Sucky, 2007).

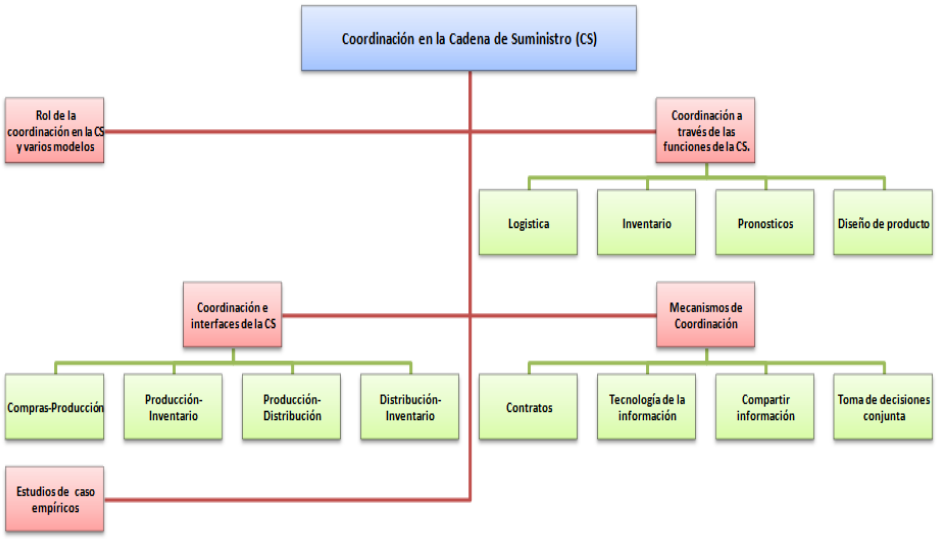
4.2 Coordinación en la SC

En general, no existe una estrategia universal de coordinación que se considere como efectiva y eficiente para todas las SC, de esta manera el éxito de las estrategias de coordinación dependerá de las características y el entorno de la SC (S.P. Sarmah , et al, 2006), es decir, de acuerdo al tipo de producto, la actividad logística para poner el producto en el mercado y las

[15] El efecto Látigo tratado por Forrester desde la óptica de la dinámica de sistemas se refiere a que mientras los eslabones más bajos de la SC no coordinen su abastecimiento con los eslabones superiores se creara un sobrecosto en estos últimos debido a que sus niveles de inventario se incrementan para cubrir dicha coyuntura causada por el eslabón bajo que no proporciono información sobre su demanda.

condiciones sobre las que se negocia se podrá establecer la mejor estrategia de coordinación que garantice una reducción de costos y beneficie a los actores que intervienen, en la cadena de suministro estos estudios acerca de la coordinación pueden resumirse en 5 enfoques básicos, el Rol de la coordinación en la SC, la coordinación a través de funciones de la SC, la coordinación en interfaces de la CS, los mecanismos de coordinación y estudios de caso empíricos como se muestra en la Ilustración 4-2.

Ilustración 4-2: Visión general de la clasificación en la literatura de la coordinación **(Arshinder, S.G., & Arun, 2008)**



La coordinación, que involucra una administración conjunta de los inventarios en la SC plantea un reto: el de establecer entre clientes y proveedores diversas políticas que contribuyan a la disminución de costos de la operación de cada uno y de la cadena en sí sin que esto afecte en ningún grado el nivel de servicio, esto se puede lograr de varias maneras, en general, los mecanismos de coordinación son negociables entre las partes, o implícitamente inducidos por alguna de ellas para influir en el comportamiento de la otra (Sucky, 2006).

Aunque la coordinación en la SC puede abordarse desde diferentes perspectivas, como lo menciona el profesor Vidal, en cualquier empresa del sector industrial, comercial o de servicios los inventarios constituyen uno de los principales problemas y más típicos a enfrentar prácticamente (Vidal, 2003); más recientemente varios autores concuerdan que en el proceso de mejoramiento de la cadena de suministro uno de los niveles más importantes está en la administración de inventarios (Jammernegg W, Reiner G, 2006; S.M. Disney et al., 2003; Wei Huang et al. 2002; Sucky E,2005), Werner Jammernegg y Gerald Reiner mencionan más específicamente que para dicho problema se plantea una dicotomía importante, en una mano se tiene la necesidad de manejar diferentes tipos de inventario con el fin de soportar los requerimientos del mercado y la incertidumbre operacional, en la otra mano se tiene que los inventarios son algunas veces el resultado de una administración ineficiente de los procesos en la cadena de suministro, aun así y como se ha mencionado hasta el momento, el inventario ha sido y será un punto focal en la SCM (Jammernegg W, Reiner G, 2006).

Existe un número considerable de estrategias para la coordinación de inventarios pero básicamente todas parten de esquemas definidos sobre los cuales se agregan variables diferentes de acuerdo al entorno concreto, como se mencionaba anteriormente juegan un papel fundamental el número de actores y nodos en la cadena así como el tipo de relación entre los actores, es decir si actúan como uno (cadena centralizada) o si bien toman decisiones basadas en su propio rendimiento económico (cadena descentralizada),dichas estrategias se soportan en modelos que describen sus características, Sánchez J en su revisión del estado del arte de modelos matemáticos para la coordinación de inventarios menciona algunas de las estrategias más utilizadas como el DCO[16] (estrategia en la que se busca la uniformidad de lotes entre productor y cliente, *ER*[17] (estrategia que busca lograr una mejor respuesta ante la demanda reduciendo los costos de ordenar), *QR*[18] *(*estrategia que busca disminuir los tiempos de respuesta ante un pedido), VMI, CRP[19] (estrategia que busca disminuir los niveles de inventario en los proveedores mediante reaprovisionamientos más seguidos) , JIT[20] (estrategia que busca disminuir la cantidad de inventario en la cadena), entre otras, y enfatiza que de acuerdo al ambiente (por ejemplo si es centralizado o no) se plantea el reto de elegir una estrategia que se adecúe a cada caso, teniendo en cuenta que de acuerdo a ella se ha de proponer un modelo matemático que respalde las decisiones que se tomen (Sánchez J, 2005).

Una vez se ha contextualizado el entorno y se ha incluido un modelo de negociación coherente acorde al mismo se pueden contemplar mecanismos de coordinación que den soporte a la estrategia definida. Esta estrategia en la práctica debe estar orientada a los resultados y permitir tomar dos tipos de decisiones, decisiones operativas y de planificación (Cheng Tiexin et al, 2008), las decisiones operativas hacen parte del proceso de modelación en la medida que describen el como funciona cadena y son susceptibles a simularse, mientras que las estratégicas incluyen toda la revisión del entorno con el fin de que dichos modelos que se escojan sean los adecuados y se estructuren de acuerdo a un racionamiento matemático coherente.

Para el contexto que se evaluará como objeto de estudio la valoración preliminar en campo permitirá la definición de parámetros y una aproximación más justa a la realidad que se estudiara en términos de las condiciones encontradas para contemplar una estrategia de coordinación adecuada, lo anterior incluye la revisión de los procesos que actualmente se utilizan así como las oportunidades de avanzar a un modelo de SC integrado cuya administración de los inventarios apunte en la misma dirección, consecuentemente se debe contemplar que la necesidad de tener acceso a información de calidad (si es simétrica o no) y la posibilidad de modelar en entornos de E-bussines.

Cheng Tiexin et al apoyan la idea de invertir en infraestructura de comunicaciones y la capacitación adecuada para su uso, inclusive si por barreras en el entorno se presentan

[16] Estrategia de desarrollo conjunto de órdenes.

[17] Efficient Replenishment o Estrategia de Reaprovisionamiento Eficiente.

[18] Quick Response o Respuesta Rápida.

[19] Continuos Replenishment Planining o Planificación Continua de Reaprovisionamiento.

[20] Just in Time o Política de Justo a Tiempo

dificultades de tipo económico y social, en sí las tecnologías de información no deben considerarse como un obstáculo en tanto el beneficio que viene después supondrá la recuperación de la inversión inicial dado que la estrategia de coordinación de inventarios causara una reducción de costos o ganancia adicional(Cheng Tiexin et al, 2009).

Bajo este nuevo paradigma se debe tener en cuenta la posibilidad que en la evaluación de un ambiente con tantas variaciones a considerar se generen así mismo soluciones que evolucionan en el tiempo hacia modelos más dinámicos (C. Delaunay et al,2007), igualmente no se debe subestimar la revisión de los errores y las inexactitudes, es decir, nuevamente revisar sobre campo a qué tipo de problema se está haciendo frente, aunque el enfoque del presente trabajo incluye activamente la participación de las PYMES la literatura estudiada puede ofrecer soluciones en cuanto se cuente con la información adecuada; en la literatura al respecto se pueden encontrar numerosos casos de éxito en la implementación de estrategias que contemplan la integración de actores (Fabbe-Costes, Jahre, 2008), para el caso especifico de las PYMES se han desarrollado trabajos que aportan a la hipótesis de la favorabilidad de la integración por medio de la adopción de tecnologías de información siempre y cuando estas últimas sean asequibles tanto a nivel económico como en términos de la capacitación adecuada para emplearla sacándole el mayor provecho, lo que indica que esta tarea siempre incluya el acompañamiento de la academia o expertos, aun así se requiere de validaciones más rigurosas en el contexto de la mejora en PYMES mediante sistemas que integren los actores de una cadena de suministro mediante tecnologías de información (Barton, Thomas, 2008).

En la praxis las estrategias de coordinación de inventarios se basan en el supuesto de conocer cuál de los actores tiene el poder de negociación en la cadena de suministro con anterioridad como por ejemplo el DCO donde quien tenga más poder impondrá el tamaño de las ordenes, otras como el JIT funcionan mejor en sectores de productos perennes, una estrategia de tipo QR hace hincapié en la flexibilidad y velocidad del producto a fin de cumplir con las demandas cambiantes de un mercado competitivo, volátil y dinámico (M Christopher, D Towill, 2001). Las demás estrategias examinadas en el detalle presentan según Sánchez J (2005) un encadenamiento en el cual cada una toma elementos de la anterior e introduce más consideraciones como es el caso de las estrategias de reaprovisionamiento, por ejemplo El CR es una extensión del ER en la medida que se busca la eficiencia del reaprovisionamiento pero con la diferencia de que con el CR se establecen acuerdos concretos sobre los niveles de inventario, tiempo de entrega de mercancía, promociones, entre otros; el CPFR comprende lo anterior y además se asume que los productores y compradores compartirán un sistema de previsión de ventas.

Para el caso del VMI que Yao Y. (2008) define como la colaboración entre proveedor y comprador especificando el derecho del proveedor a administrar el inventario in situ del comprador, a compartir información y a reaprovisionar con más frecuencia (Yao Y, Dresner M, 2008), se puede ver como una estrategia de CR pero con una diferencia fundamental, en el VMI el proveedor asume una responsabilidad aún mayor al administrar prácticamente en su totalidad los inventarios de los compradores.

Aunque el VMI aún en estos días sigue siendo objeto de estudio por múltiples autores que proponen diversos modelos matemáticos para su aplicación en diversos entornos y parametrizan condiciones para su implementación (Yan Dong et al.2006 ; Yugang Yu, et al. 2007; S.P. Nachiappan, N. Jawahar,2007) tiene como cualquier otra estrategia sus desventajas, pero para entenderlas se debe aclarar en primer lugar como funciona el VMI como estrategia y el trasfondo matemático que implican los modelos que apoyan las decisiones que se toman bajo la misma, no sobra mencionar que para ésta estrategia también se han propuesto extensiones como en el caso de la Gestión de la disponibilidad por el Proveedor ó SMA por sus siglas en ingles, en el caso de la SMA en palabras de Hausman se propone un cambio de paradigma en tanto el foco de la problemática no es tanto así como el inventario físico si no la idea de administrar la disponibilidad del producto en la locación del detallista solo cuando éste lo necesite (Hausman (2003), es decir, atendiendo a las necesidades de la demanda pero teniendo en cuenta que ésta ultima constituye una variable afectada por diversos factores de incertidumbre.

En la **tabla 1-1**[21] se contempla una revisión breve sobre tipos de modelos que se han planteado con objeto de resolver el problema de la coordinación de inventarios y cuyo uso adecuado depende del nivel de conocimiento sobre los factores que intervienen en el análisis, entre los factores más comunes distinguibles fácilmente en la literatura se tienen: **la demanda**, que puede ser considera como determinista (conocida) o estocástica; variable, o constante**, los inventarios**, que pueden analizarse bajo un entorno de revisión continúa o periódica, y su coordinación que puede establecerse desde la estructura más simple, la cual comprende un sólo proveedor con un único cliente, hasta múltiples proveedores con múltiples clientes; en este nivel de complejidad, los estudios pueden considerar también un sólo **producto o múltiples productos**, con o sin permitir la existencia de agotados o escasez , y **horizontes de planeación** finitos o infinitos. Los más complejos involucran parámetros relacionados con el tipo de transporte empleado, u otros elementos como por ejemplo factores financieros respecto a tasas inflacionarias con carácter estocástico u otras variables también económicas (Sánchez J, 2005).

[21]Nota: En la tabla se encuentran las siguientes siglas que hacen referencia como sigue, *DCO*: Desarrollo Conjunto de Órdenes; *RE*: Reaprovisionamiento Eficiente; *CR*: Reaprovisionamiento Continuo; *VMI*: Inventario Administrado por el Proveedor; *ECR*: Épocas Comunes de Resurtido; *N.A*. No aplica. ICII: Control de Inventarios con información imperfecta, ICPI: control de inventarios con información privada, ILDD: Modelos de Inventario con demanda dependiente, IS: Información compartida.

Tabla 4-1: Características de los modelos matemáticos de coordinación de Inventarios **(Sánchez j, 2005, el autor)**

Características de los Modelos matemáticos de coordinación de inventarios								
	Autor	Año	Demanda	Producto	Horizonte de Planeación	Precio del producto	Estrategia	Control del Canal
1	Goyal, S.K.	1976	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Constante	DCO	Proveedor
2	Monahan	1984	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Constante	DCO	Proveedor
3	Banerjee, A.	1986	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Constante	DCO	N. A.
4	Lee y Rosenbantt	1986	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Constante	DCO	Proveedor
5	Goyal, S. K.	1988	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Constante	DCO	N. A.
6	Goyal y Gupta	1988	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Variable	DCO	Proveedor
7	Lau y Lau	1994	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Constante	DCO	N. A.
8	Hill, R M.	1999	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Constante	DCO	N. A.
9	Dong, et. Al.	2001	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Constante	ER y CR	Cliente o Proveedor
10	Munson y Rosenblatt	2001	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Variable	Descuento en precio	Fabricante
11	Viswanathan y Piplani	2001	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Variable	ECR	Cliente
12	Dong y Xu	2002	Determinsta Constante	Multi-producto	Finito e Infinito	Variable	VMI	Cliente
13	Klastorin, et. al .	2002	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Variable	JIT	Proveedor
14	Kim, et. al.	2002	Estocastica	Un producto	Finito	Constante	DCO	Fabricante
15	Chang y Tsai	2002	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Variable	ECR	Cliente
16	Gaytán y Pliego	2002	rminsta Const	Un producto	Finito	Variable	ECR	Cliente
17	Braglia y Zavanella	2003	Determinista Estocástica Constante	Un producto	Finito	Constante	VMI	Cliente
18	Khouja, Moutaz	2003	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Constante	JIT	Cliente
19	Chan y Kingsman	2003	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Constante	JIT	N. A.
20	Chan, Chi Kim	2003	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Constante	DCO	N. A.
21	Mishra, Ajay K.	2004a	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Variable	Descuento en Precio	Fabricante
22	Mishra, Ajay K.	2004b	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Variable	Descuento en Precio	Fabricante
23	Robinson y Lawrence	2004	Determinsta Constante	Multi-producto	Finito	Constante	JIT	N. A.
24	Piplani y Viswanathan	2004	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Variable	ECR	Proveedor
25	Timothy L. Urban	2004	Determinista Estocástica Constante	Un producto	Infinito	Constante	ILDD	N.A
26	S.P. Sarmah et al	2005	Determinista Constante	Un producto	Infinito	Constante	Descuento en Precio	Cliente
27	Yao, Martin Dresner	2006	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Constante	VMI	Cliente
28	Brito , Erwin A. V	2007	Estocastica	Un producto	Infinito	Constante	ICII	N.A
29	Tinglong Zhang et al	2007	Determinsta Constante	Un producto	Infinito	Constante	OCR	Cliente
30	Chu, V. Jorge Leon	2008	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Constante	ICPI	N.A
31	Warren Liao, P.C Chan	2010	Estocastica	Un producto	Finito	Variable	Reducción costo inventario	Proveedor
32	Chi Chiang	2008	Estocastica	Un producto	Finito	Constante	Revisiónes periodicas hacia atrás de los inventarios y venta.	Proveedor
33	M.Lau, Jinxing Xie	2008	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Constante	IS vs EOC	Proveedor
34	Xiaoming Li	2010	Determinístic a Dinámica	Un producto	Finito	Constante	IS	Proveedor
35	Hill and Omar	20006	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Variable	Cooperacion entre proveedor y detallista.	N.A
36	Ding, D. Chen J.	2008	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Variable	Descuento en precio	N.A
37	Yong He, Shou-Yang W	2010	Determinsta Constante	Un producto	Finito	Constante	ECR	Proveedor

El profesor Sánchez señala además que los modelos son llevados a la práctica a través de mecanismos para el desarrollo de estrategias, entre los más importantes y efectivos por su fuerte connotación económica en tanto la reducción de costos logísticos que aportan se puede mencionar los siguientes:

Alineación de metas: Unificación de políticas en todas las áreas funcionales de la compañía y entre las empresas que forman la cadena.
Incentivos de coordinación: Establecimiento de precios especiales a partir del tamaño del lote en la negociación comercial.
Mejoras en la exactitud y precisión de la información. Reducción de la incertidumbre con un impacto positivo en la toma de decisiones coordinadas mediante la atención a la información suministrada
Diseño de un sólo control de suministro: Esquema dirigido a reducir el nivel de inventario y sus correspondientes costos logísticos, mediante el diseño de un sistema para compartir información de coordinación para garantizar el abasto de acuerdo con las necesidades reales.
Mejora del desempeño operativo: Se refiere a la búsqueda de una reducción del tiempo de ciclo para el abasto por medio de mejores instrumentos de comunicación, o una adopción de mejores sistemas de producción.
Compartir más información (actual e histórica): Mecanismo lógico y natural para lograr una mejor coordinación en la cadena de suministro.
Descuento basado en el volumen: Contempla el cambio de la política de descuentos basada en el tamaño de lote hacia otra basada en los volúmenes de venta.
Uso de sistemas multimodales de transporte: La combinación de los diferentes modos de transporte para trasladar mercancías. (Sánchez J, 2005)

Las estrategias que se puedan formular resultado de contemplar dichos mecanismos con el fin de resolver problemas prácticos de coordinación de inventarios contendrán en sí robustos modelos matemáticos como soporte, ahora bien de acuerdo a cada ambiente es obvio que se deban establecer los diferentes parámetros que permitan encontrar por ejemplo el tamaño más adecuado de un pedido, así como los inventarios de seguridad, los costos de almacenar, los costos de pedir, entre otros.

La definición de estrategias de coordinación puede implicar además la optimización de otros procesos en la cadena de suministro, como es el caso de la distribución, es decir, el planteamiento de los modelos coordinados parten de la idea de que en la estrategia, el proveedor tiene pleno conocimiento de las operaciones de su cliente; por tanto, le permite planear su producción, períodos de entrega, y tamaño del lote que le produce un ahorro, para esto se asume que existe un alto grado de cooperación y colaboración entre las partes. Sin embargo, la coordinación se logra sólo a través del descuento que el proveedor ofrece al cliente, quién evalúa sus beneficios a partir de verificar que el ahorro propiciado por dicho descuento sea superior al costo que le puede provocar el sobre/inventario, Simatupang y Sridharan (2004), reconocen que la sincronización de decisiones contribuye a una mejora en el desempeño global de la cadena, a la vez que demanda que los participantes compartan

información, autoricen la participación de otros miembros en su toma de decisiones y alineen sus incentivos con las medidas de desempeño comunes, ya que es frecuente la presencia de conflictos entre las medidas individuales de los participantes (Simatupang T., Sridharan R., 2004).

Jiménez et al (2006) en su trabajo de coordinación de inventarios como caso de estudio en una cadena del sector automotriz en México tratan un factor clave que vale la pena mencionar por su importancia en la SC y lo relacionan directamente con la coordinación de inventarios, el transporte, aunque muchos estudios han hecho énfasis en su importancia y lo han identificado como uno, si no el principal causante de sobrecostos en la SC, son menos los estudios que plantean la relación entre la coordinación de inventarios y el uso de diferentes medios de transporte, en general Jiménez menciona brevemente algunos de esos estudios en los que se consideran diferentes medios de transporte junto a políticas de inventario con estrategias de actualización de demanda: Sethi y Sorger (1991); Gurnani y Tang (1999); y Gallego y Özer (2001), actualizan los pronósticos y analizan diferentes políticas óptimas. Los modelos de inventarios de Moinzadeh y Nahmias (1988); y Whittemore y Saunders (1977), tienen en cuenta costos por ordenar fijos y variables con dos modos de aprovisionamiento (instantáneo y de un período). Entre los autores que estudian modelos que consideran más de tres modos de transporte se encuentran Zhang (1996); y Sethi, *et al. (*2005).Carter y Ferrin (1995), apuntan que la coordinación proveedor-cliente posiblemente no podrá optimizar sus beneficios sin involucrar a los transportistas. (Jiménez S., et al, 2006)

De acuerdo con Jiménez (2006a), son pocos los artículos que tratan el tema de la coordinación de inventarios entre cliente-proveedor, que involucran aspectos relacionados con las variables fundamentales del transporte. Se reporta que los modelos se han desarrollado bajo dos tipos de estructura de cadena de suministro: a) una básica entre un proveedor y un cliente; y b) coordinación entre un proveedor y varios clientes; esta última en el contexto del diseño de la cadena de suministro (localización de plantas y almacenes). (Jiménez S., 2006a).

El estudio integral de la cadena incluye entonces, entre otras, las variables que se han mencionado hasta ahora, además del tipo de cadena, quien posee el poder de negociación, el tipo de comunicaciones, las políticas de inventario, los medios de transporte, los participantes, etc. De manera que se puede decir que ninguna estrategia por si es buena si no se aplica de manera pertinente en un contexto previamente identificado y caracterizado, para el presente trabajo se muestra en el siguiente capítulo el contexto que envuelve el estudio.

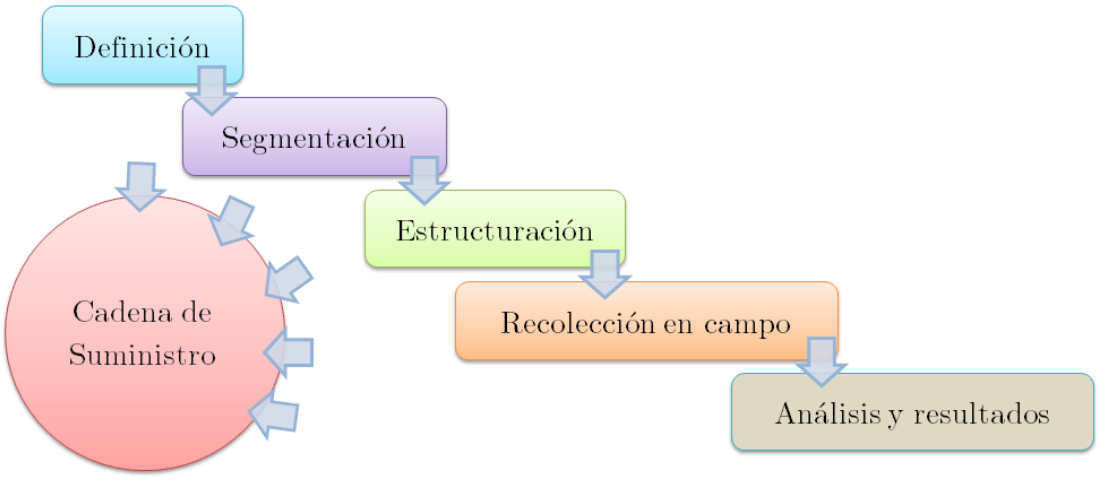
5. Aspectos metodológicos

5.1. Aspectos metodológicos en la investigación

La Metodología de investigación se desarrolló teniendo en cuenta que el objeto de estudio hace parte de una cadena de abastecimiento, con el fin de presentar coherencia entre dicho objeto (referido a los dos nodos en la cadena de suministro de leche fresca en la provincia de Sugamuxi) y la investigación realizada se utilizó una adaptación de la metodología IIRSA[22] ampliamente difundida y utilizada principalmente para la consultoría en proyectos logísticos, en general la metodología permite desenvolverse en el marco geográfico y de ésta forma recopilar la información necesaria de la manera optima 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 cinco etapas estructuradas que permiten mediante un profundo estudio bibliográfico apoyado con la recolección y análisis de la información en campo caracterizar la cadena de suministro, dichas etapas siguen la secuencia lógica que se describe en la Ilustración 5-1.

Ilustración 5-1: Módulos y contenidos de la metodología **(El autor, basado en la metodología IIRSA).**



[22] IIRSA (Iniciativa para la integración de la infraestructura regional sudamericana) es una iniciativa de los países suramericanos para promover el desarrollo de la infraestructura de transporte, energía y comunicaciones bajo una visión regional.

La caracterización permite al investigador identificar claramente los parámetros y variables que interactúan en el proceso de operación logística de la cadena de abastecimiento además de cuantificar los principales indicadores y generadores de costo logístico, éste último referido principalmente a los costos en los que incurre cada uno de los actores en almacenamiento, distribución y administración de un inventario.

El ciclo metodológico comienza con una etapa de **definición** en donde 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, se busca realizar una revisión intensiva de la literatura en cadena de abastecimiento y coordinación de inventarios para la realización de la propuesta metodológica y el modelo respectivo, seguido de una etapa de **segmentación** en la que se busca como propósito evaluar de forma desagregada agrupamientos logísticamente homogéneos que sean susceptibles de un análisis diferenciado, para el caso se analizan por ejemplo el grupo de productores y el grupo de acopios, la siguiente etapa de **estructuración** consiste en organizar y construir con la información obtenida durante la fase de segmentación una estructura apropiada para la cadena logística de lácteos en la provincia, es decir como se observa el flujo de materiales y de información de un nodo a otro; Durante esta etapa se logran 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, el **trabajo de campo** tiene como propósito contar con la información adecuada que permita ofrecer un panorama de la situación actual de la cadena de suministro 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. Las última etapa en la metodología, de **análisis y resultados**, permite observar la composición de la cadena, su grado de "Madurez Logística"[23] y su desempeño Logístico[24] , organizar y depurar la información y los datos obtenidos en campo así como el estudio exhaustivo de la información obtenida en las tapas anteriores, en esta etapa y con los insumos anteriores se llega a un desarrollo matemático en que se propone un modelo exacto de coordinación, el desarrollo matemático constituye el modelo en el que mediante criterios VMI se definen como variables de decisión las cantidades de pedido en los dos nodos de la cadena y la frecuencia de reaprovisionamiento, el modelo hace las veces de un instrumento que permite aproximarse a

[23] 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.

[24] 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.

un escenario ideal para la cadena teniendo en cuenta las condiciones propias tanto de distribución como de almacenamiento.

Basado en la simulación del desempeño de los costos de la cadena producto de la formulación matemática se establece un escenario óptimo y se define sobre esta base una metodología de coordinación que incluya los hallazgos y las recomendaciones finales. El producto final es el documento revisado y corregido.

En la Ilustración 5-2 se presentan las actividades por cada etapa en la metodología, el desarrollo de las mismas depende en gran parte de los resultados de las etapas previas y en sí de la información disponible en las fuentes primarias y secundarias disponibles en la cadena, al respecto se trataran los estudios que se han realizado y se recopilará información mediante encuestas y entrevistas a los actores que intervienen en la producción y acopio de leche fresca en la provincia de Sugamuxi.

Ilustración 5-2: Módulos y contenidos de la metodología **(El autor, basado en la metodología IIRSA).**

Etapas	Pasos	Objetivos	Actividades	Herramientas	Productos
Definición	Marco Teórico respecto a la importancia de realizar el estudio, revisión de la literatura en coordinación de inventarios y cadena de suministro	Describir el por qué Del estudio con argumentos sólidos.	Recolección de información preliminar disponible y validación de indicadores(demográficas, infraestructura, capacidad de producción/consumo, económicos y de comercio)	Lista de información relevante a obtener de fuentes disponibles	Evaluación del potencial de la región, base teórica para la posterior elaboración de la metodología y el modelo
	Delimitación de las Áreas Geográficas	Establecer límites funcionales y territoriales	Determinar redes y flujos entre los diferentes eslabones de la cadena (Producción/Acopio)	Guía para la determinación del área de influencia del estudio (Mapas Político y económico)	Límites funcionales y territoriales
	Selección del alcance del estudio sobre la base geográfica definida	Enfocar el nivel de análisis para el desarrollo contextualizado de los módulos a desarrollar	Establecer criterios para determinar el alcance y la profundidad con que se abordara los objetivos del estudio	Criterios para la delimitación y la estructuración del sistema	Alcance y actores a contactar
Segmentación	Identificación de los Actores de la cadena y el papel que desempeñan.	Identificar los actores presentes y su interacción con la cadena de suministro	Preparar lista de gremios por tipología y contactar (cantidad de nodos presentes)	Listado de tipología de gremios a consultar	Programa de trabajo y revisión de muestra
	Entrevistas a los acopios y pequeños productores del sector involucrados en el desempeño de la cadena	Obtener la información básica para segmentar	Aplicación de los cuestionarios y tabulación de los datos	Guía para la elaboración de entrevistas y modelo de cuestionarios	Respuestas a los cuestionarios
Estructuración	Definición de la estructura de la cadena logistica.	Determinar las tipologías y estructuras logísticas presentes en la cadena	Proceso secuencial de construcción de la cadena logística	Ejemplo para la construcción de la estructura de las cadenas (Modelo SCOR)	Graficos detallados de la cadena logística y agentes que intervienen
Recolección en campo	Ejecución del trabajo de campo pór los investigadores	Recolección de datos	Aplicación de Encuestas, medición de variables y parametros.	Modelo para la recoleccion de datos (tiempos, capacidades, costos, utilidades, otros.), Instrumentos de Medición (Cronometros, GPS,papeleria,otros)	Opinión de los consultados y puntaje obtenido en cada parámetro
	Tabulación y consolidación de la información obtenida de la actividad anterior	Tabular, organizar y consolidar la información previamente recolectada.	Organizar y Elaborar bases de datos, matrices y diagramas.	Equipos de Computo, papelería, esquemas de bases de datos, guias.	Bases de Datos, diagramas y matrices con la información lista para analizar.
Análisis y resultados	Revision y confrontación de los datos e información recabada en las etapas anteriores	Determinar los parámetros del modelo VMI en la cadena	Revisar la informacion recabada y realizar el analisis preliminar de la informacion	Información recolectada en pasos anteriores	Documento con Información consistente para la caracterizacion de la cadena mediante el modelo SCOR
	Analisis y Evaluación del grado de madurez y desempeño de la cadena.	Identificar puntos debiles y oportunidades de mejora en el esquema actual de la cadena	Analizar los hallazgos encontrados en el paso anterior e identificar las principales causas de perdida de eficiencia en los eslabones de la cadena	Equipos de computo, papelería.	Caracterización de la cadena y datos de referencia para la modelación.
	Elaboración del modelo exacto bajo criterios VMI y realización de simulaciones	Proponer un modelo VMI acorde al entorno	Revisión de la viabilidad del modelo mediante simulaciones, ajuste del modelo sobre los parametros establecidos	Equipos de computo, papelería, software de optimización (GAMS)	Modelo exacto y simulación.
	Elaboración de la propuesta metodológica	Revisar la coherencia	Revisión del trabajo por un grupo de expertos.	Equipo decomputo, Norma tecnica de presentación	Documento preliminar.
	Organización del Documento con la caracterización de la Cadena de Suministro	Generar el documento final con la caracterización.	Organizar la información documentada y los análisis que se realizaron a lo largo del trabajo.	Equipos de computo, Reuniones del grupo de trabajo	Documento Final

5.1. Selección de muestra e instrumentos de medición

Con el objetivo de dar claridad respecto a la validez estadística de la toma de información en campo (que se enmarca precisamente en la etapa de recolección en campo de la metodología IIRSA) se resalta en este apartado la labor desarrollada para tal fin. En términos generales el estudio se centro en dos nodos de la cadena de los cuales se conocía previamente para el caso del nodo de los centros de acopio los principales 8 que existen en la actualidad en la zona evaluada considerados como 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 se opto 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 realizo 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 considerable (ver anexo 4) lo que planteaba un obstáculo teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos por visita y aplicación del instrumento (que se calculo en $11.400 por predio).

Debido que se utilizarán los 8 centros de acopio se analizo la capacidad de los centros y se escogieron los productores mediante el seguimiento en ruta de cada acopio; se hace claridad a que por criterios del investigador se realizo 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 y 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 calculo más real de los costos de transporte y las correspondientes tasas de producción requeridas para el establecimiento del modelo, luego se decidió tomar 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 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 de 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 realizo además la georeferenciación siguiendo las rutas de los 8 acopios a cada uno de los pequeños productores y estableciendo cada punto mediante el sistema de posicionamiento global (GPS) 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 utilizo 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 incluyo preguntas abiertas, cerradas y de ordenamiento en la medida que se requirieron de acuerdo a cada eje. Dichos ejes permitieron la tabulación de acuerdo al proceso a analizar; debido a la mayor disponibilidad de tiempo por parte de los centros de acopio se realizo una entrevista en la que se contextualizo 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 realizo 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. (Ver Anexo 1)

6. Cadena de abastecimiento de leche fresca en la provincia de Sugamuxi

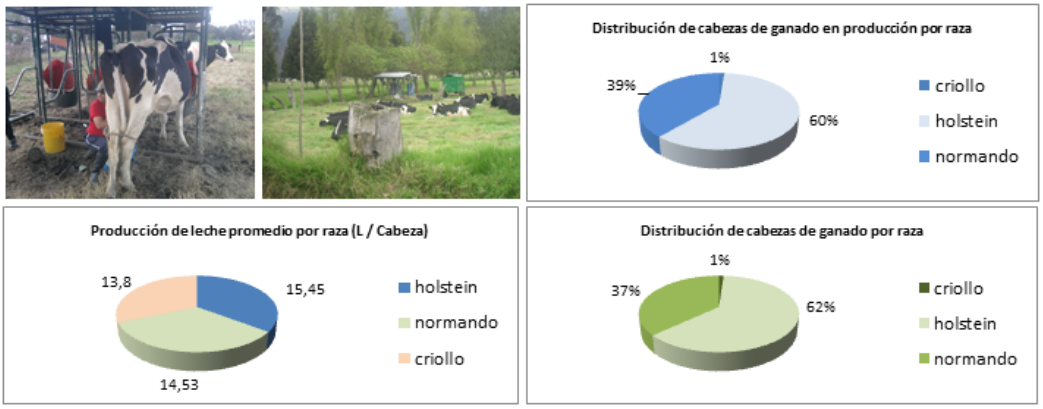
6.1 Caracterización y diagnóstico de la cadena

La estructura de la cadena de abastecimiento de leche fresca en la provincia de Sugamuxi se presenta mediante un esquema sencillo que se puede observar en la Ilustración 6-1, más específicamente corresponde a cuatro eslabones de los cuales el estudio se centra en dos con n(597) y m (8) puntos en cada uno, el primer eslabón corresponde a la producción (ordeño) de leche fresca que se da en todos los municipios y dentro de los cuales se pueden ubicar tanto grandes como medianos, y 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.

Ilustración 6-1: Estructura de la Cadena de abastecimiento del sector lácteo en la provincia de Sugamuxi **(el autor, basado en el trabajo de campo, 2012)**

El 96% de los productores que abastecen a los centros de acopio en la provincia son pequeños productores con una tasa de producción por ordeño entre 5 y 180 litros diarios de acuerdo a la cantidad de semovientes que componen su hato de acuerdo a datos del estudio en la muestra seleccionada de productores, en la Ilustración 6-2 se muestran algunas características del ganado que se puede observar en la provincia.

Ilustración 6-2: Características del ganado utilizado por los productores en la provincia **(el autor de acuerdo a los datos tomados en campo.)**



En el censo de 2011 realizado por el ICA[25] de los predios en la provincia de Sugamuxi con ganado doble propósito y lechero en ordeño se encontraron 4699 pequeños productores que se encuentran en un rango de 1 a 23 vacas por predio (ICA, 2011), en la tabla 6-1 se muestra un resumen de dicho censo donde se muestran para cada municipio la cantidad de predios y semovientes en pequeños y muy pequeños productores que fueron los tomados en el estudio.

Tabla 6-1: Población de pequeños y muy pequeños productores en la provincia de Sugamuxi (menos de 25 hembras en edad de producción de leche) **(El autor, basado en censo ICA 2011)**

Etiquetas de fila	Hembras entre 1 y mayores de 3 años	Cantidad de Predios
AQUITANIA	3399	707
CUÍTIVA	951	178
FIRAVITOBA	3493	595
GÁMEZA	1157	240
IZA	984	131
MONGUA	1670	344
MONGUÍ	766	161
NOBSA	534	123
PESCA	2533	365
SOGAMOSO	3052	747
TIBASOSA	2041	408
TÓPAGA	383	115
TOTA	2054	585
Total Sugamuxi	23017	4699

El segundo eslabón 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,

[25] Instituto colombiano agropecuario.

Tibasosa, Nobsa y Sogamoso, por lo general son acopios muy poco conocidos a nivel local entre pequeños consumidores, para el estudio de caso y por su volumen de acopio se decidió trabajar con los 8 principales acopios entre estos municipios dispuestos 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, en la Ilustración 6-3 se muestra un ejemplo de algunas características en los centros de acopio en la provincia como los tanques utilizados, los medios de transporte y las instalaciones que se pueden encontrar más comúnmente.

Ilustración 6-3: imágenes de un centro de acopio en Sugamuxi **(Fotos del estudio en campo)**

El tercer y cuarto eslabón 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 ó en los municipios donde el acopio no representa un volumen importante y simplemente pasa directamente a un consumidor final.

El flujo de la leche fresca dentro de la cadena en estos últimos eslabones se dirige en dirección de las procesadoras y de los clientes finales quienes consumen no solo la producción de la provincia sino también en muy bajas cantidades la producción de otras provincias como por ejemplo la de Tundama, Mongui, o Topaga.

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. Como parte de la cadena se identificaron también 90 expendedores en Sogamoso que funcionan como pequeños empresarios dedicados

exclusivamente a prestar el servicio de distribución y en menor cantidad la comercialización del producto, entre estos se encuentran vendedores de otros municipios los cuales entregan leche en el municipio de Sogamoso a clientes finales, Acopiadores y procesadoras, en la Ilustración 6-4 se muestra un expendedor de la zona.

Ilustración 6-4: imagen de un expendedor **(Fotos del estudio en campo)**

En el departamento de Boyacá las provincias que más aportan a la producción lechera son Centro, Márquez, Sugamuxi, Tundama, Occidente y especial, aportando el 79.81% en cuanto a producción en litros/día; en la Tabla 6-2 se muestra la participación por cada una de las provincias de Boyacá, debido a la extensión del departamento y las condiciones geográficas mediante el grupo de investigación y estudiantes de la UPTC[26] se logro focalizar el estudio en la provincia de Sugamuxi específicamente en los municipios que aportaban así mismo el 80% de la producción total de la provincia.

Tabla 6-2: Participación por provincia y municipio en la Producción de Leche /día en Boyacá **(URPA 2010).**

Provincia	Producción (LTs/dia)	%Participación	Acumulado
Centro	376.213	19,53%	19,53%
Marquez	366.970	19,05%	38,58%
Sugamuxi	296.291	15,38%	53,96%
Tundama	255.456	13,26%	67,22%
Occidente	121.250	6,29%	73,52%
Especial	121.250	6,29%	79,81%
Ricaurte	115.410	5,99%	85,80%
Neira	64.713	3,36%	89,16%
Lengupa	50.960	2,65%	91,81%
Gutierrez	48.180	2,50%	94,31%
Norte	45.948	2,39%	96,69%
Valderrama	29.580	1,54%	98,23%
La libertad	19.872	1,03%	99,26%
Oriente	10.566	0,55%	99,81%
Fronterizo	3.700	0,19%	100,00%
Total	1.926.358,5	100,00%	

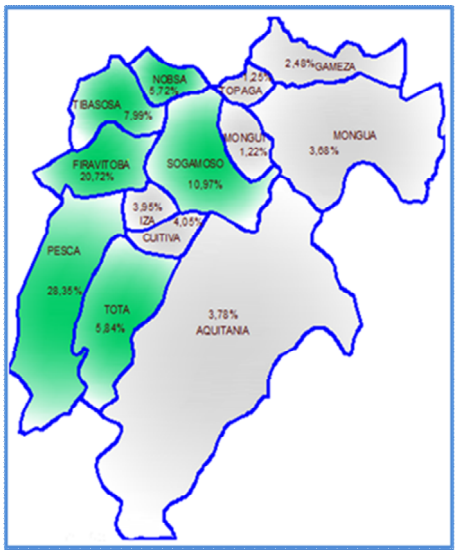
Municipio	Provincia	Total prod. leche	Total vacas en ordeño	%Participación	Acumulado
Pesca	Sugamuxi	84.000	4.200	28,38%	28,38%
Firavitoba	Sugamuxi	61.400	4.400	20,75%	49,13%
Sogamoso	Sugamuxi	32.500	3.000	10,98%	60,12%
Tibasosa	Sugamuxi	23.674	2.335	8,00%	68,12%
Tota	Sugamuxi	17.300	1.150	5,85%	73,96%
Nobsa	Sugamuxi	16.960	1.070	5,73%	79,69%
Cuitiva	Sugamuxi	12.000	1.400	4,05%	83,75%
Iza	Sugamuxi	11.697	979	3,95%	87,70%
Aquitania	Sugamuxi	11.200	1.600	3,78%	91,48%
Mongua	Sugamuxi	10.890	1.470	3,68%	95,16%
Gameza	Sugamuxi	7.350	1.050	2,48%	97,65%
Topaga	Sugamuxi	3.700	470	1,25%	98,90%
Mongui	Sugamuxi	3.260	815	1,10%	100,00%
Total		295.931	23.939	100,00%	

En la Ilustración 6-5 se puede observar la participación porcentual por municipio de los más productivos y su ubicación geográfica en la provincia, estos son: Pesca, Firavitoba, Sogamoso, Tibasosa, Tota, Nobsa e Iza que como se mencionaba en la etapa de

[26] Para la toma de datos en campo se trabajo en conjunto con 2 estudiantes de la UPTC Sede Sogamoso candidatos a optar por el título de Ingenieros Industriales.

estructuración de la cadena son los municipios con los principales focos de acopio y producción.

Ilustración 6-5: Participación porcentual por provincia en la Producción de Leche /día en Boyacá **(URPA 2010).**



El municipio de 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; El Municipio de Firavitoba está conformado e por el casco urbano dividido en dos barrios legalmente constituidos y ocho sectores; la zona rural está conformada por 16 veredas (Gobernación de Boyacá, 2009), en la Ilustración 6-6 se muestra la división política del municipio.

Ilustración 6-6: División territorial del municipio de Firavitoba **(EOT municipio de Firavitoba).**

En este municipio se identificaron tres centros de acopio, Bosconia, AFC y el Mortiño. Bosconia cuenta como principal cliente con Alquería y tiene una capacidad máxima de acopio de 2.500 Litros, realiza tres rutas principales en las que recolecta más del 50% de su capacidad diaria, el Mortiño cuenta con una capacidad igual y sus principales proveedores se encuentran en seis rutas, su principal cliente al igual que Bosconia es la Alquería. El tercer

centro de acopio analizado en este municipio es lácteos AFC que cuenta con una ruta principal con la que acopia 1300 litros diarios de los 2500 litros que puede almacenar al día por su capacidad, sus principales clientes son Alquería y Algarra, en la Ilustración 6-7 se muestran las fichas técnicas de los tres acopios mencionados.

Ilustración 6-7: Fichas técnicas acopios Firavitoba **(Producto del trabajo de campo, estudiantes apoyo UPTC).**

Bosconia				
	Ubicación	Barrio Santa Aguella-Firavitoba	1119793	Este(X)
			1118704	Norte(Y)
			2512	Altura(Z)
	Capacidad	1 tanque	2.500	
	Acopio por	**Municipio**	**Cantidad (Litros)**	**Tiempo en Ruta**
		San Antonio	500	40
		Bosque	500	50
		Tota	300	180
		Otros	1.200	60
	Cliente Principal	Alquería		
	Medios de Transporte	**Tipo**	**Capacidad (Litros)**	**Cantidad**
		Automovil 1000-2000C.C	240	1
		Camion 4000-6000 c.c	560	
El Mortiño				
	Ubicación	Vereda El Ocan-Firavitoba	1121613	Este(X)
			1118397	Norte(Y)
			2506	Altura(Z)
	Capacidad	1 tanque	2.500	
	Acopio por municipio/Vereda	**Municipio**	**Cantidad (Litros)**	**Tiempo en Ruta**
		Tintal	165	60
		Monbita Llano	262	30
		Aposentos	300	40
		Tintal-Monjas	370	75
		Argentina-La esperanza	470	90
		Otros	933	
	Cliente Principal	Alquería		
	Medios de Transporte	**Tipo**	**Capacidad (Litros)**	**Cantidad**
		Bicicleta	80	1
		Motocicleta	120	1
		Automovil 1000-2000C.C	240	1
		Camion 4000-6000 c.c	560	1
AFC				
	Ubicación	Vereda El Ocan-Firavitoba	1121134	Este(X)
			1118441	Norte(Y)
			2521	Altura(Z)
	Capacidad	1 tanque	2.500	
	Acopio por municipio	**Municipio**	**Cantidad**	**Tiempo en Ruta**
		Pedregal	1300	240
		Otros	1200	
	Cliente Principal	Alquería-Algarra		
	Medios de Transporte	**Tipo**	**Capacidad (Litros)**	**Cantidad**
		Camioneta 2000-3000 c.c	960	2

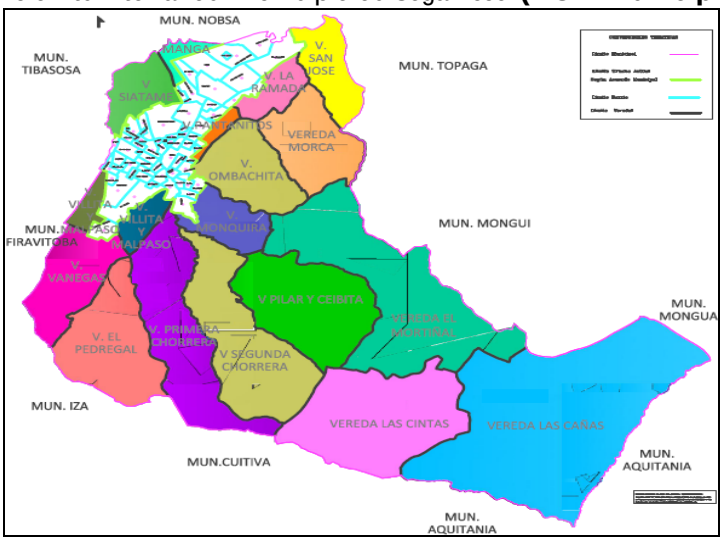
El municipio de Sogamoso se localiza en la parte central del departamento de Boyacá. Limita al norte con los municipios de Nobsa y Tópaga; al oriente con los municipios de Tópaga, Monguí y Aquitania; al sur con los municipios de Aquitania, Cuitiva e Iza; y al occidente con los municipios de Tibasosa, 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. Esta conformado a nivel rural por 17 veredas, las cuales son: La Manga, San José, La Ramada, Pantanitos, Siatame, Morcá, Ombachita, Villita - Mal Paso, Moniquira, Vanegas, Mortiñal, Pilar - Ceibita, Pedregal, 1ª Chorrera, 2ª Chorrera, Las Cintas y Las Cañas.

Según la división actual de corregimientos el Municipio esta conformado por tres corregimientos: Corregimiento del Valle, Corregimiento de Vertiente y Corregimiento de

Páramo. A nivel urbano se subdivide en 67 barrios de los cuales 27 están conformados mediante Acuerdo Municipal y el restante se ha constituido de hecho. (Gobernación de Boyacá, 2009). En la Ilustración 6-8 se muestra la división política del municipio de Sogamoso.

Ilustración 6-8: División territorial del municipio de Sogamoso **(EOT municipio de Sogamoso).**



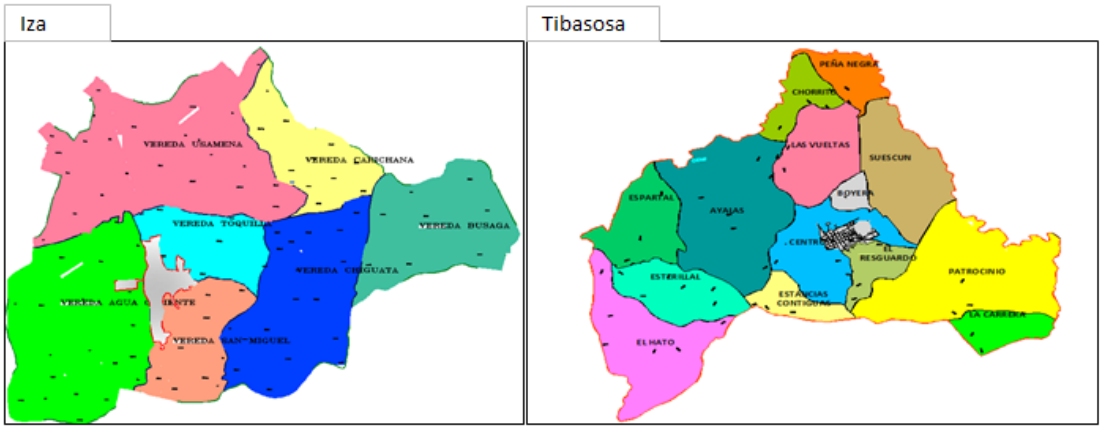
En el municipio de Sogamoso se encuentran los centros de acopio con mayor capacidad, lácteos Sogamoso, el Carmen y Santa Helena. Lácteos Sogamoso cuenta con un tanque de 3200 Litros de capacidad y utiliza 5 rutas principales, su principal cliente es Parmalat, el Carmen posee dos tanques y tiene una capacidad de 3000 litros, su principal cliente es Alquería, finalmente Santa Helena es el acopio más grande con una capacidad de 9000 litros, tiene 5 rutas principales que incluyen recolecciones en Tota, su principal cliente es Parmalat y acopia solo el 24 % por medio de pequeños productores ya que dentro de su modelo de negocio incluye el uso de expendedores más intensivamente que otros acopios con el fin de utilizar al máximo la capacidad de los tanques y cumplir con la demanda. En la Ilustración 6-9 se observan las fichas técnicas de los centros de acopio de Sogamoso.

Ilustración 6-9: Fichas técnicas acopios Sogamoso **(Producto del trabajo de campo, estudiantes apoyo UPTC).**

Santa Helena				
	Ubicación	Vado Castro- Sogamoso	1134439	Este(X)
			1129772	Norte(Y)
			2505	Altura(Z)
	Capacidad	2 tanques	9.800	
	Acopio por municipio/Vereda	**Municipio**	**Cantidad (Litros)**	**T Ruta (min)**
		Tota-Iza	1500	300
		Tota	1500	300
		Gameza	3500	540
		Mongua	2000	240
		Otros	1.300	
	Cliente Principal	Parmalat		
	Medios de Transporte	**Tipo**	**Capacidad (Litros)**	**Cantidad**
		Camioneta 2000-3000 c.c	960	1
Acopio El Carmen				
	Ubicación	Vereda San Jose de Bolivar- Sogamoso	1131668	Este(X)
			1128649	Norte(Y)
			2512	Altura(Z)
	Capacidad	2 tanques	3.000	
	Acopio por municipio/Vereda	**Municipio**	**Cantidad**	**Tiempo en Ruta**
		Mongua	400	300
		Gameza	400	270
		Tasco	400	300
		Topaga	400	270
		Mongui	200	270
	Cliente Principal	Alqueria		
	Medios de Transporte	**Tipo**	**Capacidad (Litros)**	**Cantidad**
		Camioneta 2000-3000 c.c	960	1
Lacteos Sogamoso				
	Ubicación	Vado Castro- Sogamoso	1126247	Este(X)
			1123736	Norte(Y)
			2506	Altura(Z)
	Capacidad	1 tanque	3.200	
	Acopio por municipio	**Municipio**	**Cantidad**	**Tiempo en Ruta**
		San Antonio	1000	361
		Nocuata	1000	360
		Cuitiva	800	577
		Gameza	300	216
		Otros	100	72
	Cliente Principal	Parmalat		
	Medios de Transporte	**Tipo**	**Capacidad (Litros)**	**Cantidad**
		Camioneta 2000-3000 c.c	960	1
		Camioneta 3000-4000 c.c	2000	1

Iza Abarca 3.400 Ha (34 Km2); a una altura de 2.550 m.s.n.m.; con temperatura media de 150C. y población de 1.878 habitantes. Se encuentra 90 Km. al oriente de Tunja; En el sector urbano están distribuidos 461 predios, 67 hectáreas, 9800 m2 y una área construida de 34.226 m2. EL sector rural cuenta con 1492 predios, 3.332 hectáreas, 200 m2 y un área construida de 19.560 m2. Forma en su conjunto el denominado "Valle de Iza", producto de la depresión de la cordillera oriental, por su parte Tibasosa está situado en un recodo que hace parte del Valle de Sogamoso, en la quinta zona de la Cordillera de los Andes. 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, está dividido en 14 Veredas: Centro, Ayalas, El Espartal, El Chorrito, El Hato, Estancias Contiguas, La Boyera, La Carrera, Las Vueltas, Patrocinio, Peña Negra, El Resguardo y Suescún. En la Ilustración 6-10 se aprecian las divisiones políticas de ambos municipios (Gobernación de Boyacá, 2009).

Ilustración 6-10: División territorial de los municipios de Iza y Tibasosa **(EOT municipio de Sogamoso).**



En estos municipios se encuentran ubicados dos centros de acopio que pertenecen al mismo propietario: Agronit, este acopio cuenta con un tanque de capacidad de 1900 litros en cada centro y recorre un total de nueve rutas para atender a su cliente principal: Alquería. En la Ilustración 6-11 se observan las fichas técnicas de dichos centros de acopio.

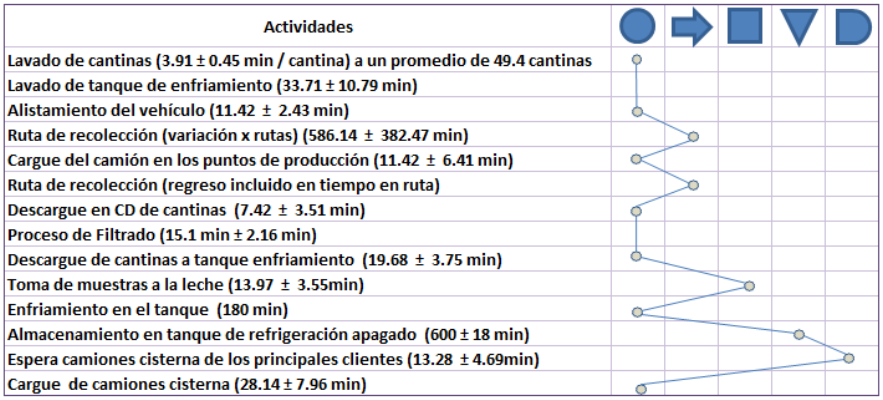
Ilustración 6-11: Fichas técnicas acopios Iza-Tibasosa **(Producto del trabajo de campo, estudiantes apoyo UPTC).**

Agronit				
	Ubicación	Tibasosa	1120250	Este(X)
			1128526	Norte(Y)
			2501	Altura(Z)
	Capacidad	1 tanque	1.950	
	Acopio por	Municipio	Cantidad	Tiempo en Ruta
		Nobsa	167	240
		Tibasosa	2000	270
		Sogamoso	600	180
		Suescun	125	120
		Centro	50	
	Cliente Principal	Alquería		
	Medios de Transporte	Tipo	Capacidad (Litros)	Cantidad
		Automovil 1000-2000C.C	240	1
		Camioneta 2000-3000 c.c	960	2
		Camioneta 3000-4000 c.c	2000	1
Agronit				
	Ubicación	Sector La Valvula -Iza	1121171	Este(X)
			1113836	Norte(Y)
			2542	Altura(Z)
	Capacidad	1 tanque	1.900	
	Acopio por municipio/Vereda	Municipio	Cantidad (Litros)	Tiempo en Ruta
		Iza	947	120
		Centro	410	240
		Sogamoso-Iza	420	100
		Otros	123	
	Cliente Principal	Alquería		
	Medios de Transporte	Tipo	Capacidad (Litros)	Cantidad
		Camioneta 2000-3000 c.c	960	2

Para la caracterización de la cadena como se mencionó en el apartado metodológico se aplicó una encuesta en los dos niveles analizados, una para los ocho centros de acopio y otra diseñada para los pequeños productores (Anexo 1), para cada uno de los actores se realizo un estudio de costos para determinar los parámetros que se utilizaron en el modelo propuesto de coordinación, 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, ver Anexo 2.) se pueden soportar los costos logrando una utilidad como la descrita.

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 ó el pago de impuestos), apoyado con la observación del proceso realizado por los acopios y los resultados tabulados de las encuestas se construyo 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 en la Ilustración 6-12.

Ilustración 6-12: Flujograma de actividades del proceso realizado en los centros de acopio **(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 se los medios de almacenamiento y en la

atención a los camiones cisterna(ver Anexo 3) 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 menciono 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 perdidas 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.

7. Resultados y discusión

7.1 Propuesta metodológica

Atendiendo la estructura actual de la cadena de abastecimiento de leche fresca en la provincia de Sugamuxi se propone una metodología que permita la reducción del costo total de la cadena mediante un proceso de coordinación de inventarios que asegure la satisfacción de la demanda del cliente y minimice las perdidas que se presentan actualmente en el proceso por el desconocimiento de necesidades entre los nodos de la cadena, la metodología se compone de tres fases que se definieron de acuerdo al contexto tanto cultural como económico que envuelve a la zona objeto de estudio; a saber las tres fases son la **determinación de necesidades, el seguimiento y evaluación y la retroalimentación.**

7.1.1 Determinación de necesidades

Para el caso de los centros de acopio las necesidades varían en función de la demanda de sus principales clientes, en el estudio de caso se encontró que ésta se mantiene constante en el año y presenta pequeñas variaciones en épocas de invierno debido principalmente a los cambios en la tasa de producción de los productores, en general cada acopio presenta una cota máxima de capacidad del tanque de enfriamiento, aunque se cuenta con otro tipo de medios de almacenamiento como canecas y cantinas no son de uso frecuente para almacenar y su función se enfoca al transporte debido a que se cuenta con un periodo inferior a 24 horas para evitar que la leche fresca permita la proliferación de vida bacteriana que afecte la composición de la misma y se debe mantener por supuesto en un ambiente refrigerado a máximo 4°C (Zavala P.,2009).Se recomienda para esta fase contemplar las siguientes actividades de manera periódica que no presenten una posible dificultad que entorpezca la operación normal del acopio:

- Generación de una base de datos de la demanda del acopio en medio magnético, soportando las entregas con un formato sencillo de cantidades, tiempo y calidad de las entregadas.
- Clasificación de los proveedores de acuerdo al volumen de producción y ubicación geográfica.
- Registrar en cada recolección las cantidades y precios que se concibieron en la ruta, así como el kilometraje recorrido en la ruta.

- Evaluación de la aplicación e impacto de los criterios de coordinación de inventarios bajo la óptica del VMI.
- Diseño de un sistema efectivo de recolección mediante la definición de medios de transporte y rutas optimas para las visitas a los productores.

7.1.2 Seguimiento y evaluación

En esta fase se plantea desarrollar la recolección en cada punto de producción llevando *in situ* los registros respectivos que permitan la trazabilidad del proceso y la evaluación del efecto de la misma en campo, para tal se proponen las siguientes actividades:

- Preparación de la ruta y alistamiento, previo conocimiento de la capacidad de responder de los productores a los cambios en la demanda, para esta caso se deben tener en cuenta los registros que se llevan de la operación diaria, dado que la recolección y acopio de leche fresca se realiza día a día los registros que se pueden llevar históricos no requieren una antigüedad considerable.
- Evaluar la situación del proveedor y hacer seguimiento a sus necesidades.

7.1.3 Retroalimentación

En esta etapa se realiza una retroalimentación acerca del funcionamiento de la operación que se puede llevar a cabo una vez al mes por parte de los productores en donde se indiquen sus sugerencias y comentarios acerca de la dinámica liderada por el centro de acopio.

7.2 Desarrollo de la metodología para la coordinación de inven_ tarios

Como se presento en la caracterización de la cadena de abastecimiento la labor que actualmente realizan tanto los productores como centros de acopio se inclina a lograr percibir una utilidad independiente de los costos que se generen en sus procesos, en el análisis que se logro de las encuestas se establecieron los principales generadores de costo en cada uno de los nodos, para el caso de los centros de acopio se identificaron los costos que incurre en su operación por los conceptos de : transporte, equipos, servicios públicos, mantenimientos , mano de obra y otros, el estudio se resume en la tabla 7-1, los costos relacionados con el transporte tienen un componente fijo y un componente variable que esta en función de la distancia recorrida, en general para los costos fijos se puede determinar un costo por unidad de manejo que para los acopios corresponde a un litro de leche; en la tabla 7-2 se presentan los costos unitarios para cada acopio(ver Anexo 2).

Tabla 7-1: Estructura de costos de los centros de acopio **(Datos del estudio).**

Tipo	Generador de costo	Agronit Tibasosa	Agronit Iza	Lacteos Sogamoso	El Carmen	Bosconia	Santa Helena	Afc	El Mortiño
Automoviles	Combustible COP/Mes	$ 889.612	$ 935.844	$ 982.520	$ 873.405	$ 867.674	$ 929.118	$ 992.722	$ 930.169
Automoviles	Mantenimiento (Preventivo, Correctivo) COP/Mes	$ 27.366	$ 8.827	$ 155.015	$ 92.004	$ 45.964	$ 208.574	$ 100.253	$ 95.858
Automoviles	Llantas COP/Mes	$ 25.830	$ 36.516	$ 40.206	$ 38.884	$ 9.883	$ 68.906	$ 32.802	$ 43.080
Automoviles	Soat COP/Mes	$ 40.707	$ 4.325	$ 69.863	$ 8.162	$ 7.626	$ 30.201	$ 3.041	$ 54.051
Automoviles	Impuesto De Rodamiento COP/Mes	$ 7.663	$ 8.390	$ 12.624	$ 14.760	$ 5.675	$ 4.428	$ 5.174	$ 11.932
Automoviles	Sueldo Personas Vehiculos COP/Mes	$ 307.136	$ 955.012	$ 195.420	$ 637.302	$ 628.913	$ 241.980	$ 309.517	$ 1.369.762
Salarios	Sueldo Empleados COP/Mes	$ 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 COP/Mes	$ 110.509	$ 742.861	$ 574.150	$ 327.605	$ 253.297	$ 355.585	$ 301.000	$ 584.422
Impuestos	Predial $/Mes COP/Mes	$ 6.949	$ 6.927	$ 6.579	$ 5.874	$ 7.201	$ 7.083	$ 7.169	$ 7.682
Impuestos	Industria Y Comercio $/Mes COP/Mes	$ 15.085	$ 7.118	$ 3.364	$ 16.572	$ 4.557	$ 10.091	$ 15.200	$ 17.155
Impuestos	Otros (Rete Fuente + Fedegan) COP/Mes	$ 53.565	$ 9.688	$ 61.629	$ 5.699	$ 39.997	$ 26.816	$ 6.027	$ 4.075
Control Plagas	Control Plagas COP/Mes	$ 24.162	$ 23.312	$ 6.348	$ 31.960	$ 31.155	$ 527	$ 14.445	$ 33.145
Servicios Publicos	Agua COP/Mes	$ 118.009	$ 41.829	$ 55.524	$ 36.839	$ 82.837	$ 89.052	$ 75.280	$ 97.046
Servicios Publicos	Luz COP/Mes	$ 2.145.053	$ 851.328	$ 1.667.981	$ 661.659	$ 213.658	$ 1.532.681	$ 1.488.165	$ 1.084.193
Telecomunicacione	Internet COP/Mes	$ 39.006	$ 23.699	$ 5.648	$ 28.503	$ 11.002	$ 32.058	$ 25.063	$ 40.600
Telecomunicacione	Celular O Telefono COP/Mes	$ 19.755	$ 7.279	$ 41.486	$ 64.802	$ 85.402	$ 38.658	$ 57.363	$ 17.797
Papeleria	Papeleria COP/Mes	$ 2.386	$ 15.172	$ 7.519	$ 6.748	$ 20.958	$ 8.254	$ 1.874	$ 3.154
Elementos De Aseo	Elementos De Aseo COP/Mes	$ 68.935	$ 10.404	$ 26.719	$ 13.540	$ 19.666	$ 70.430	$ 6.127	$ 49.617
Equipos	Depreciacion Tanques De Enfriamiento COP/Mes	$ 344.811	$ 433.623	$ 304.626	$ 396.535	$ 113.927	$ 289.445	$ 611.302	$ 239.264
Equipos/Edificios	Mantenimientos (Preventivos) COP/Mes	$ 24.257	$ 60.776	$ 22.512	$ 6.772	$ 20.671	$ 53.606	$ 33.356	$ 40.219
Equipos/Edificios	Mantenimientos (Correctivos) COP/Mes	$ 9.343	$ 22.438	$ 49.930	$ 27.371	$ 23.140	$ 5.761	$ 38.062	$ 41.807
Equipos	Depreciacion Canecas COP/Mes	$ 23.157	$ 31.763	$ 22.600	$ 56.132	$ 24.222	$ 29.948	$ 40.730	$ 26.468
Equipos	Depreciacion Cantinas COP/Mes	$ 3.529	$ 4.046	$ 25.646	$ 9.359	$ 11.229	$ 89.152	$ 34.929	$ 113.410
Equipos	Depreciacion Estibas COP/Mes	$ 3.594	$ 2.805	$ 5.357	$ 849	$ 2.826	$ 3.219	$ 5.447	$ 3.088
Mantenimientos	Jabon Mantenimiento Tanque COP/Mes	$ 41.263	$ 33.451	$ 42.805	$ 38.744	$ 43.789	$ 34.386	$ 44.567	$ 39.742
Materiales Indirect	Filtros COP/Mes	$ 32.785	$ 36.864	$ 41.931	$ 25.977	$ 26.136	$ 12.007	$ 21.110	$ 14.182
Venta	Precio De Venta por litro de leche fresca COP/Mes	$ 840	$ 840	$ 840	$ 840	$ 840	$ 840	$ 840	$ 840
Ingresos	Ingresos por Venta COP/Mes	$ 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 COP/Mes	$ 1.912.879	$ 1.242.785	$ 2.387.338	$ 2.173.639	$ 1.809.549	$ 5.700.297	$ 2.053.989	$ 1.561.467

Tabla 7-2: Estructura de costos de los centros de acopio por litro de leche **(Datos del estudio).**

		Agronit Tibasosa	Agronit Iza	Lacteos Sogamoso	El Carmen	Bosconia	Santa Helena	Afc	El Mortiño
		70	66	74	64	111	75	62	69
Tipo	Generador de costo	58.500	57.000	96.000	90.000	75.000	270.000	75.000	75.000
Automoviles	Costo Total $/Mes (Combustible)	$ 15,21	$ 16,42	$ 10,23	$ 9,70	$ 11,57	$ 3,44	$ 13,24	$ 12,40
Automoviles	Mantenimiento (Preventivo, Correctivo) $/Mes	$ 0,47	$ 0,15	$ 1,61	$ 1,02	$ 0,61	$ 0,77	$ 1,34	$ 1,28
Automoviles	Llantas $/Mes	$ 0,44	$ 0,64	$ 0,42	$ 0,43	$ 0,13	$ 0,26	$ 0,44	$ 0,57
Automoviles	Soat $/Mes	$ 0,70	$ 0,08	$ 0,73	$ 0,09	$ 0,10	$ 0,11	$ 0,04	$ 0,72
Automoviles	Impuesto De Rodamiento $/Mes	$ 0,13	$ 0,15	$ 0,13	$ 0,16	$ 0,08	$ 0,02	$ 0,07	$ 0,16
Automoviles	Sueldo Personas Vehiculos $/Mes	$ 5,25	$ 16,75	$ 2,04	$ 7,08	$ 8,39	$ 0,90	$ 4,13	$ 18,26
Salarios	Sueldo Empleados $/Mes	$ 17,09	$ 17,54	$ 12,50	$ 11,11	$ 13,33	$ 3,70	$ 13,33	$ 8,00
Alquileres	Local $/Mes	$ 1,89	$ 13,03	$ 5,98	$ 3,64	$ 3,38	$ 1,32	$ 4,01	$ 7,79
Impuestos	Predial $/Mes	$ 0,12	$ 0,12	$ 0,07	$ 0,07	$ 0,10	$ 0,03	$ 0,10	$ 0,10
Impuestos	Industria Y Comercio $/Mes	$ 0,26	$ 0,12	$ 0,04	$ 0,18	$ 0,06	$ 0,04	$ 0,20	$ 0,23
Impuestos	Otros $/Mes (Rete Fuente + Fedegan)	$ 0,92	$ 0,17	$ 0,64	$ 0,06	$ 0,53	$ 0,10	$ 0,08	$ 0,05
Control Plagas	Control Plagas $/Mes	$ 0,41	$ 0,41	$ 0,07	$ 0,36	$ 0,42	$ 0,00	$ 0,19	$ 0,44
Servicios Publicos	Agua $/Mes	$ 2,02	$ 0,73	$ 0,58	$ 0,41	$ 1,10	$ 0,33	$ 1,00	$ 1,29
Servicios Publicos	Luz $/Mes	$ 36,67	$ 14,94	$ 17,37	$ 7,35	$ 2,85	$ 5,68	$ 19,84	$ 14,46
Telecomunicaciones	Celular O Telefono $/Mes	$ 0,34	$ 0,13	$ 0,43	$ 0,72	$ 1,14	$ 0,14	$ 0,76	$ 0,24
Papeleria	Papeleria $/Mes	$ 0,04	$ 0,27	$ 0,08	$ 0,07	$ 0,28	$ 0,03	$ 0,02	$ 0,04
Elementos De Aseo	Elementos De Aseo $/Mes	$ 1,18	$ 0,18	$ 0,28	$ 0,15	$ 0,26	$ 0,26	$ 0,08	$ 0,66
Equipos	Depreciacion Tanques De Enfriamiento $/Mes	$ 5,89	$ 7,61	$ 3,17	$ 4,41	$ 1,52	$ 1,07	$ 8,15	$ 3,19
Equipos/Edificios	Mantenimientos (Preventivos) $/Mes	$ 0,41	$ 1,07	$ 0,23	$ 0,08	$ 0,28	$ 0,20	$ 0,44	$ 0,54
Equipos/Edificios	Mantenimientos (Correctivos) $/Mes	$ 0,16	$ 0,39	$ 0,52	$ 0,30	$ 0,31	$ 0,02	$ 0,51	$ 0,56
Equipos	Depreciacion Canecas $/Mes	$ 0,40	$ 0,56	$ 0,24	$ 0,62	$ 0,32	$ 0,11	$ 0,54	$ 0,35
Equipos	Depreciacion Cantinas $/Mes	$ 0,06	$ 0,07	$ 0,27	$ 0,10	$ 0,15	$ 0,33	$ 0,47	$ 1,51
Equipos	Depreciacion Estibas $/Mes	$ 0,06	$ 0,05	$ 0,06	$ 0,01	$ 0,04	$ 0,01	$ 0,07	$ 0,04
Mantenimientos	Jabon Mantenimiento Tanque	$ 0,71	$ 0,59	$ 0,45	$ 0,43	$ 0,58	$ 0,13	$ 0,59	$ 0,53
Materiales Indirectos	Filtros	$ 0,56	$ 0,65	$ 0,44	$ 0,29	$ 0,35	$ 0,04	$ 0,28	$ 0,19
Venta	Precio De Venta Leche	$ 840	$ 840	$ 840	$ 840	$ 840	$ 840	$ 840	$ 840
Utilidad	Utilidad	$ 33	$ 22	$ 25	$ 24	$ 24	$ 21	$ 28	$ 21
Ingresos	Precio pagado por compra de leche a productores	$ 715	$ 725	$ 757	$ 767	$ 768	$ 800	$ 742	$ 745

Respecto a los costos variables que se atribuyen a la operación y se generan en el ejercicio principal del acopio que es la recolección se determinaron las rutas de acopio y medios de transporte utilizados, en la Ilustración 7.1 se muestran las rutas que actualmente manejan los centros de acopio para su abastecimiento mediante pequeños y medianos productores, las rutas se georeferenciaron mediante el uso del sistema de posicionamiento global o GPS por sus siglas en ingles, los 597 puntos de los productores y los 8 puntos de los centros de acopio

se observan en él, estas coordenadas se ubicaron con el apoyo de los estudiantes que colaboraron con el trabajo de campo logrando de esta manera un posicionamiento real sobre la provincia, en la Ilustración 7-2 se muestran las rutas que los acopios siguen actualmente para el desarrollo de su operación, para el caso se puede observar la ausencia de planificación y priorización de productores en el proceso de recolección. (ver Anexo 4)

Ilustración 7-1: Estructura de rutas de acopio actuales **(Datos del estudio, el autor).**

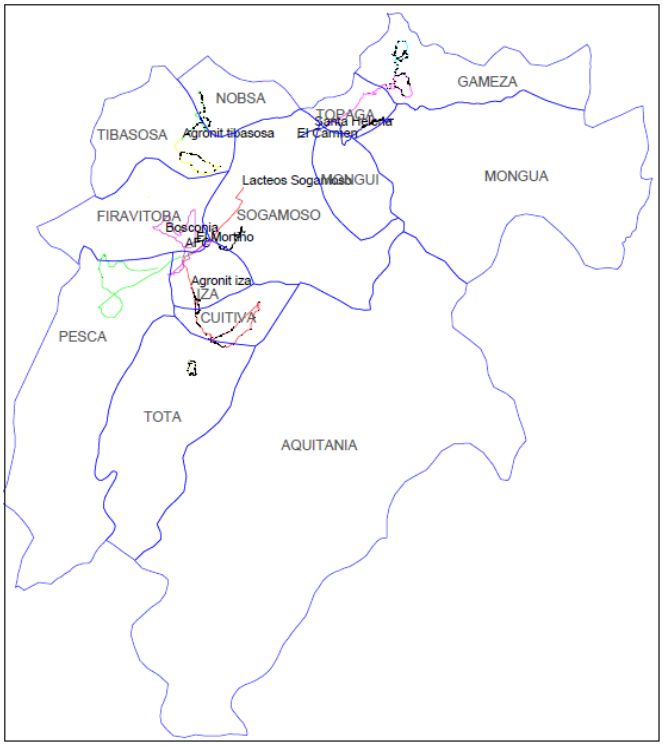
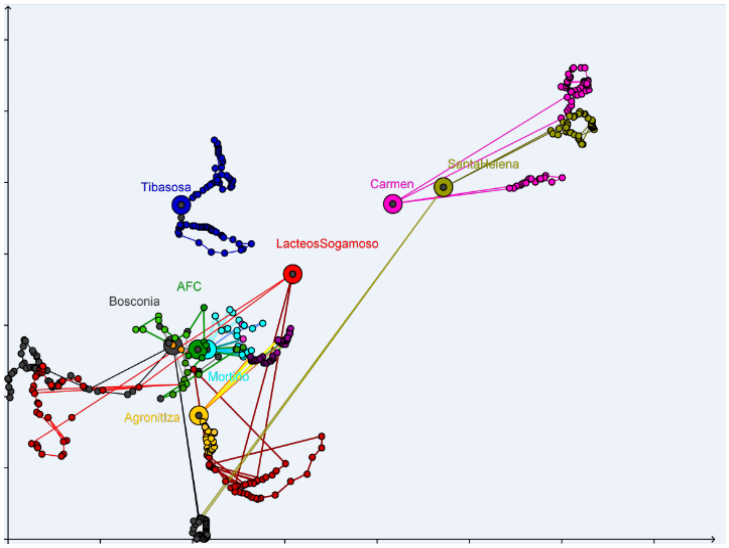


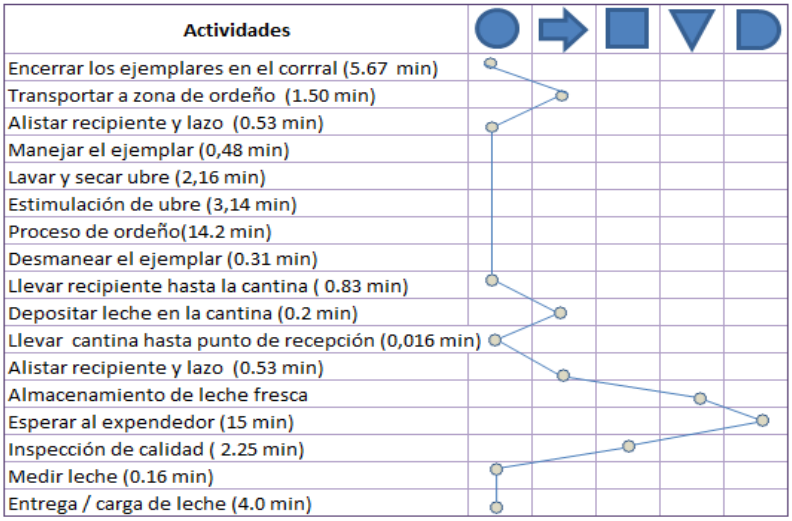
Ilustración 7-2: Estructura de rutas de acopio actuales **(Datos del estudio).**



7.3 Análisis de los costos de inventario en los dos nodos de la cadena

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 baso también en las actividades de los productores (Ilustración 7-3) 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

Ilustración 7-3: Flujograma de actividades de los pequeños productores **(Datos del estudio, el autor).**



Del análisis se determino que mientras un productor pequeño genera una utilidad sobre su ejercicio de un 12% sobre su inversión un productor mediano y un productor grande pueden generar utilidades entre el 31% y 35% de acuerdo a su capacidad de producción y si se dedican exclusivamente al ganado lechero o si incluyen en su actividad ganado multipropósito. En la tabla 7-3 se muestra el resumen de acuerdo a cada tipo de productor identificado, sus estructuras de costos por medio de los valores promedio y la desviación estándar de la muestra para cada tipo de generador de costo.

Tabla 7-3: Estructura de costos de los productores **(Datos del estudio).**

Tipo de Productor	PEQUEÑO		MEDIANO		GRANDE	
Concepto	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest	Promedio	Desvest
Cabezas de ganado (UDS)	4,90	1,94	30,06	8,02	66,60	7,77
Cabezas de ganado productivas (UDS)	2,37	0,94	12,66	5,63	36,14	19,96
Producción diaria Leche (L)	58,92	21,17	380,37	130,61	748,80	95,25
Costo por por consumo de forraje verde al mes (COP)	$ 495.268,46	$ 14.391,56	$ 2.997.126,53	$ 62.245,43	$ 6.759.900,00	70.798,57
Costo de consumo de concentrado al mes (COP)	$ 47.081,62	$ 187,56	$ 307.980,70	$ 714,50	$ 917.748,00	0,00
Costo por consumo de sales y calciosal mes (COP)	$ 20.149,05	$ 317,19	$ 120.756,10	$ 1.380,42	$ 681.318,00	0,00
Costo por vacunas/antibióticos/fumigaciones al mes (COP)	$ 11.183,90	$ 0,00	$ 15.900,00	$ 0,00	$ 48.000,00	0,00
Costo por consumo de agua al mes (COP)	$ 7.286,70	$ 219,79	$ 44.264,55	$ 892,81	$ 100.069,43	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	$ 2.419.200,00	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	$ 24.707,13	2.798,04
Depreciación de cantinas al mes (COP)	$ 16.548,46	$ 7.011,14	$ 91.185,41	$ 28.415,32	$ 102.127,66	12.129,53
Amortizacion de semovientes al mes(COP)	$ 80.125,99	$ 59.714,28	$ 564.872,37	$ 38.186,46	$ 1.376.861,11	76.680,59
Costos por perdida ó muerte de un semoviente (COP)	$ 33.771,19	$ 6.316,42	$ 113.690,48	$ 19.688,43	$ 183.333,33	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	$ 25.545,86	441,54
Costo de mantenimiento de cercados y redes electricas 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 trasporte de Insumos al mes (COP)	$ 51.677,08	$ 33.423,19	$ 69.166,67	$ 66.285,44	$ 108.000,00	13.843,83
Costo por consumo de fluido eléctrico al mes (COP)	$ 24.491,53	$ 15.002,87	$ 40.445,75	$ 19.100,66	$ 63.068,18	9.510,02
Precio de venta promedio por litro de leche fresca (COP)	$ 739,83	$ 64,18	$ 751,43	$ 57,50	$ 832,00	10,95
Utilidad (COP)	$ 160.283,49	$ 116.549,99	$ 3.015.545,93	$ 2.110.662,35	$ 5.720.169,29	460.838,18
Margen de costos (COP)	$ 649,14	$ 317,57	$ 487,17	$ 98,38	$ 577,36	69,39
Margen de utilidad (COP)	$ 90,69	$ 58,99	$ 264,26	$ 54,30	$ 254,64	32,55
Margen de utilidad (%)	12%		35%		31%	

En el anexo 5 se presenta la totalidad de los costos por productor de acuerdo a la muestra tomada; los anexos 2 y 5 muestran además el desarrollo para la determinación de los costos que se relacionan exclusivamente con la administración de los inventarios tanto para los productores como para los centros de acopio se tomaron los costos unitarios de acuerdo a cada concepto y se asignaron de acuerdo a si correspondían al costo de mantener una unidad de inventario o para el caso del costo de poner una orden ó pedir una orden se revisaron las actividades que se pueden atribuir a realizar dicho proceso de acuerdo al nodo que se esté evaluando, para el primer tipo de costo se tomaron en cuenta los costos de mano de obra, así como de las actividades relacionadas con almacenamiento como por ejemplo el alistamiento de los tanques y cantinas , los costos de capital y seguros e impuestos, para el segundo tipo de costo se analizo aquellos costos que correspondían a preparación de formatos si los llevaban, costo de llamadas y la mano de obra relacionada con dicha tarea. (Vidal, 2003).

En la tabla 7-4 se resumen los costos de almacenamiento, el costo de pedir una orden y los costos fijo y variable asociados al transporte para los centros de acopio, el calculo de los costos variables de transporte se muestra en el anexo 6 como parte del ejercicio de determinar los costos generados por ruta de recolección. Para el caso de los productores se cuenta con parámetros distintos que se pueden apreciar en el Anexo 7 en donde se determinan los costos de almacenar por unidad de manejo y el costo de poner una orden, para objeto del estudio se ponderaron para algunos pequeños productores los costos de acuerdo a la extensión de tierra y cantidad de semovientes asociados a la producción de leche fresca.

Tabla 7-4: Determinación de costos asociados al inventario y transporte por centro de acopio por unidad de manejo (litro) **(Datos del estudio, el autor).**

	Agronit Iza	Lacteos Sogamoso	El carmen	Bosconia	AFC	Agronit Tibasosa	Santa Helena	El Mortiño
Cto Fijo Tpte	$ 64.963,82	$ 48.521,58	$ 55.483,93	$ 52.191,15	$ 48.116,96	$ 43.277,11	$ 49.440,20	$ 83.495,06
Cto Varible /km	$ 575,60	$ 631,96	$ 575,60	$ 449,39	$ 575,60	$ 572,23	$ 688,33	$ 688,33
Costo Alm.	$ 39,95	$ 29,81	$ 18,05	$ 11,14	$ 35,57	$ 49,69	$ 9,34	$ 30,65
Costo Ordenar	$ 38,95	$ 18,84	$ 22,00	$ 26,16	$ 23,80	$ 28,13	$ 6,76	$ 36,63

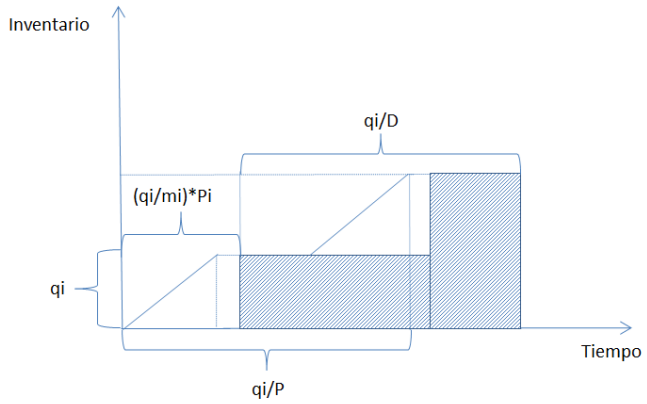
7.4 Formulación del modelo de coordinación propuesto

Para la formulación del modelo de coordinación se deben tener presentes los costos que se generan en el sistema, para el caso de la cadena de abastecimiento estudiada se cuenta con 2 nodos compuestos por múltiples proveedores y un comprador, en donde el acopio cuenta con un mayor poder de negociación en tanto puede tomar la decisión de recibir o no el pedido en la ruta principalmente por que el tamaño de pedido que maneja es mucho mayor que la capacidad de producción de un solo productor lo que le permite por tanto no incluirlo en una ruta de recolección.

El enfoque utilizado se centra en el trabajo de Yao y Glock, éste último define un escenario de múltiples proveedores y un comprador en donde el comprador pone una cantidad de pedido Q que es mayor a la cantidad que puede entregar el proveedor i-ésimo mas la suma de las cantidades de los productores del pool completo se encuentra en capacidad de atender con un buen tiempo de respuesta la demanda del centro de acopio. Dado que cada centro posee su red de proveedores definida se contemplan 8 corridas en las que se simula el costo en cada escenario para cada centro con sus respectivos proveedores, en la medida que se minimice el costo de cada uno se asume que el costo total de la operación conjunta se reduce también.

En una corrida normal el centro de acopio quien hace las veces de comprador requiere realizar una recolección diaria de tamaño Q, de manera que acude a los productores que tienen una tasa de producción por cada ordeño de P (i) con el fin de que puedan poner ordenes de tamaño q (i) cada m (i) recolecciones que realiza el centro de acopio en el día. Para poder cumplir a sus clientes el centro de acopio debe asegurar que cada q (i) sea igual un factor que se denominara Beta (i) que multiplique la cantidad de pedido Q requerido; Beta (i) representa la proporción en la que los productores participaran del pedido puesto por el centro de acopio, por lo que la sumatoria de todos los Beta (i) tiene que ser igual a 1 para completar la orden en un 100%. (Glock C. 2011).Una descripción gráfica de lo que pasa con las ordenes que pone el productor i-ésimo se muestra en la Ilustración 7-4 en donde se ilustra como en un tiempo q(i)/m(i)*P(i) el productor esta listo para lanzar la orden siempre y cuando tenga el tamaño q(i), en el tiempo q(i)/D donde D hace referencia a la tasa de demanda del centro de acopio se consumirá el lote q(i) .

Ilustración 7-4: Descripción gráfica del comportamiento de las ordenes puestas por el productor en el tiempo **(el autor, basado en Glock C, 2011).**



En lo subsiguiente se utilizara la siguiente terminología:

h_i Costo del proveedor i-ésimo de mantener una unidad de inventario ($/Litro).

c_i Costo de poner una orden del proveedor i-ésimo ($).

q_i Tamaño de pedido del proveedor i-ésimo (Litro).

H Costo del comprador de mantener una unidad de inventario ($/Litro).

C Costo de poner una orden del comprador ($).

D Demanda del comprador (litros).

Q Tamaño de pedido del comprador j-ésimo.

m_i Número de particiones del lote q_i del proveedor i-ésimo.

β_i Proporción de lo que aporta el proveedor i-ésimo con su pedido q_i para cumplir con la necesidad del comprador de Q.

P_i Tasa de producción del proveedor i-ésimo.

F_i Costo de transporte asumido por el proveedor i-ésimo.

A Costo fijo asumido por el comprador al pedir una orden.

CT_A Costo total asumido por el comprador.

CT_P Costo total asumido por los proveedores.

CT_S Costo total del sistema compuesto por n proveedores y 1 comprador.

Para la determinación del costo total del sistema bajo un sistema de coordinación estará dado por la suma entre el costo total asumido por cada comprador y el costo asumido por sus proveedores para cumplir con sus requerimientos, siguiendo un patrón típico como el EOQ el tiempo promedio de inventario para el centro de acopio se podrá escribir como:

$$TWI_i^A = \sum_i \frac{q_i^2}{2m_i Q} \qquad (1)$$

Dividiendo el tiempo promedio de inventario entre el tiempo de ciclo y multiplicándolo por el costo de almacenar una unidad de manejo y para el caso sumando los costos fijos asociados a pedir una orden se tendrá la siguiente expresión:

$$CT_A = \sum_i \frac{q_i^2 H}{2m_i Q} + \frac{AD}{Q} \qquad (2)$$

Para el caso del tiempo promedio de inventario del productor i-ésimo se puede calcular como:

$$TWI_i^P = q_i^2 \left(\frac{1}{2P_i} - \left(1 - \frac{1}{m_i}\right)\left(\frac{1}{D} - \frac{1}{P_i}\right) - \frac{m_i - 1}{2m_i D} \right) \frac{Dh_i}{Q} \qquad (3)$$

El costo total del productor estará dado por el tiempo promedio de inventario multiplicado por el costo de mantener una unidad de manejo y dividido por el tiempo de ciclo, aparte el productor asume pagando una tarifa superior por el precio por litro de leche los costos en los que incurre el centro de acopio por ir a realizar la recolección F (i) a parte de sus costos normales por poner una orden, teniendo esto en cuenta se puede presentar el costo del productor como sigue:

$$CT_P = q_i^2 \left(\frac{1}{2P_i} - \left(1 - \frac{1}{m_i}\right)\left(\frac{1}{D} - \frac{1}{P_i}\right) - \frac{m_i - 1}{2m_i D} \right) \frac{Dh_i}{Q} + (F_i m_i + c_i q_i) \frac{D}{Q} \qquad (4)$$

Para simplificar en los cálculos se definen los siguientes términos

$$\alpha = \left(\frac{1}{2P_i} - \left(1 - \frac{1}{m_i}\right)\left(\frac{1}{D} - \frac{1}{P_i}\right) - \frac{m_i - 1}{2m_i D} \right) \qquad (5)$$

$$\chi = A + (F_i m_i)$$

El costo total del sistema será entonces igual a la suma de (4) y (2) que simplificados mediante (5) se pueden definir como:

$$CT_S = Q\left(\sum_i \frac{\beta_i^2 H}{2m_i} + \sum_i \beta_i^2 \alpha_i h_i D \right) + \sum_i c_i \beta_i D + \frac{\chi D}{Q} \qquad (6)$$

Nótese que se sumo sobre la cantidad de productores que componen el abastecimiento de un centro de acopio. Si se desea encontrar entonces la cantidad de pedido óptima Q que permita optimizar la función de costo se deriva (6) respecto a Q y se iguala a cero:

$$Q^* = \frac{\partial CT_S}{\partial Q} = \left(\sum_i \frac{\beta_i^2 H}{2m_i} + \sum_i \beta_i^2 \alpha_i h_i D \right) - \frac{1}{Q^{*2}} \chi D = 0$$

$$\left(\sum_i \frac{\beta_i^2 H}{2m_i} + \sum_i \beta_i^2 \alpha_i h_i D \right) = \frac{1}{Q^{*2}} \chi D$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{\chi D}{\sum_i \frac{\beta_i^2 H}{2m_i} + \sum_i \beta_i^2 \alpha_i h_i D}} = \sqrt{\frac{\chi D}{\sum_i \beta_i^2 \left(\frac{H}{2m_i} \right) + \alpha_i h_i D}}$$

Y la función de costo es:

$$CT_S = \sqrt{\frac{\chi D}{\sum_i \beta_i^2 \left(\frac{H}{2m_i} + \alpha_i h_i D \right)}} \left(\sum_i \frac{\beta_i^2 H}{2m_i} + \sum_i \beta_i^2 \alpha_i h_i D \right) + \sum_i c_i \beta_i D + \frac{\chi D}{\frac{\chi D}{\sum_i \beta_i^2 \left(\frac{H}{2m_i} + \alpha_i h_i D \right)}}$$

$$CT_S = 2 \sqrt{\chi D \sum_i \beta_i^2 \left(\frac{H}{2m_i} + \alpha_i h_i D \right)} + \sum_i c_i \beta_i D \qquad (7)$$

Como menciona Glock existe una complejidad intrínseca en la resolución de la ecuación (Glock C.2011), para tal se propone un algoritmo que permita encontrar los valores de Beta(i) que minimicen la función de costo asignándole valores a la variable m(i), para el caso se trabajara con valores de m(i) encontrados en campo y correspondientes a la cantidad de recolecciones que un productor tiene capacidad de responder sin que eso afecte su capacidad productiva, para tal se han de definir las siguientes restricciones (8) para asegurar que eso se cumpla:

$$0 \le \beta_i \le \frac{P_i}{D}$$
$$\sum_i \beta_i = 1 \qquad (8)$$

El algoritmo que Glock propone en su trabajo incluye realizar corridas para valores diferentes de m (i) aumentados en uno para cada ocasión y calculando los valores para Q* y el CTs que deriven en una buena solución.

Para el caso se realizo la modelación con cada centro de acopio, los parámetros para cada productor que se encuentran en el anexo 8, en la 7-5 se muestra el ejemplo con el centro de acopio Bosconia y los productores que lo abastecen.

Para efectos de la comprensión del modelo y la parametrización utilizada en general se pueden describir las particiones del lote como el número de recolecciones presentadas a lo largo del día, esto teniendo en cuenta que por la poca tecnología de frio empleada en el nodo de productores no se puede preservar de manera adecuada la leche fresca por un periodo superior a 24 horas como se ha mencionado, el parámetro m(i) optimo se puede definir heurísticamente por medio de un algoritmo que Glock describe en el que se asumen valores de m(i) enteros y se encuentran las cantidades de pedido optimas que minimicen el costo de la cadena, en la evaluación a la cadena de suministro se encontró que dicho parámetro se puede definir en función del número de ordeños con el fin de ajustar el modelo a la realidad observada dado que se podrían encontrar valores de 5 y 6 recolecciones que serian poco eficientes en la cadena y alejadas de la realidad, se asumió que el productor asume el costo de transporte en el valor que paga por el litro de leche, además se asumió el parámetro F(i) como el costo en el que se incurre por realizar la recolección en el punto sin el establecimiento de una ruta optima, es decir tanto los costos fijos como variables que se cargarían independiente de si se atienden uno o n productores esto con el fin de penalizar el modelo e impedir que los lotes sean más pequeños y precisamente impliquen más recolecciones.

Los parámetros se definen de acuerdo a cada productor por sus condiciones propias de productividad actual y generación de costos en la cadena.

Tabla 7-5: Parámetros para el centro de acopio Bosconia **(Datos del estudio, el autor).**

ACOPIO BOSCONIA							Cto Fijo Tpte	$ 52.191,15	Costo Alm.	$ 11,14		
							Cto Varible /km	$ 449,39	Costo Ordenar	$ 26,16		
ID	Productor	Cantinas/día	Litros/día	Recolecciones/día m(i)	Capacidad	Costo Almacenamiento	Costo de poner una orden	Costo Fijo Tpte	Distancia (km)	Costo variable	Costo Total Tpte
1	ALBERTO OCHOA	0,08	3	2	7	$ 54,72	$ 20,88	$ 52.191,15	2,67	$ 2.401,98	$ 54.593,13
2	EDUARDO AVELLA	0,14	6	2	11	$ 57,01	$ 25,31	$ 52.191,15	2,91	$ 2.613,70	$ 54.804,86
3	GLORIA FERRUCHO	0,06	2	2	5	$ 107,56	$ 20,94	$ 52.191,15	3,58	$ 3.215,64	$ 55.406,79
4	ANA SILVIA TORRES	0,05	2	2	4	$ 48,94	$ 23,09	$ 52.191,15	3,58	$ 3.213,59	$ 55.404,74
5	ISIDRO BAYONA	0,11	5	2	9	$ 52,74	$ 14,27	$ 52.191,15	3,86	$ 3.472,42	$ 55.663,57
6	MARCO TULIO	0,19	8	2	15	$ 95,12	$ 18,14	$ 52.191,15	4,88	$ 4.386,92	$ 56.578,07
7	EULALIA TORRES	0,15	6	2	12	$ 77,36	$ 21,14	$ 52.191,15	5,06	$ 4.544,91	$ 56.736,06
8	CECILIA TORRES	0,05	2	2	4	$ 85,62	$ 16,72	$ 52.191,15	5,05	$ 4.542,81	$ 56.733,96
9	RAUL FERRUCHO	0,09	4	2	8	$ 114,96	$ 14,36	$ 52.191,15	5,09	$ 4.577,58	$ 56.768,73
10	IGNACIO MEDINA	0,08	3	2	6	$ 66,12	$ 12,39	$ 52.191,15	5,09	$ 4.576,19	$ 56.767,34
11	AUGUSTO MEDINA	0,08	3	2	6	$ 80,42	$ 18,85	$ 52.191,15	5,09	$ 4.574,82	$ 56.765,97
12	ADELINA AVELLA	0,05	2	2	4	$ 95,40	$ 18,08	$ 52.191,15	5,10	$ 4.584,73	$ 56.775,88
13	ELENA RODRIGUEZ	0,03	1	2	2	$ 82,91	$ 19,42	$ 52.191,15	5,10	$ 4.584,05	$ 56.775,20
14	CONSTANTINO MEDINA	0,07	3	2	5	$ 83,48	$ 12,55	$ 52.191,15	5,10	$ 4.582,17	$ 56.773,32
15	ELVIRA ZAMBRANO	0,06	2	2	5	$ 100,82	$ 17,53	$ 52.191,15	5,13	$ 4.606,61	$ 56.797,76
16	ARCENIO SANCHEZ	0,07	3	2	5	$ 133,86	$ 13,65	$ 52.191,15	5,12	$ 4.605,94	$ 56.797,09
17	ORTENCIA ZAMBRANO	0,27	11	2	22	$ 91,76	$ 18,30	$ 52.191,15	5,13	$ 4.611,77	$ 56.802,92
18	GRACIELA MEDINA	0,17	7	2	14	$ 64,36	$ 17,70	$ 52.191,15	5,23	$ 4.704,42	$ 56.895,57
19	OSCAR CEBALLOS	0,31	12	2	25	$ 96,38	$ 13,95	$ 52.191,15	5,27	$ 4.739,20	$ 56.930,36
20	HERNANDO COY	0,08	3	2	7	$ 43,51	$ 18,89	$ 52.191,15	5,57	$ 5.004,49	$ 57.195,64
21	ROSA PEÑA	0,18	7	2	14	$ 69,70	$ 14,37	$ 52.191,15	5,53	$ 4.973,75	$ 57.164,90
22	HERNANDO PEÑA	0,38	15	2	30	$ 86,97	$ 22,39	$ 52.191,15	5,62	$ 5.052,15	$ 57.243,31
23	HERMENCIA ROMERO	0,21	8	2	17	$ 95,78	$ 23,62	$ 52.191,15	5,68	$ 5.101,70	$ 57.292,85
24	RAFAEL ROMERO	0,09	4	2	8	$ 85,22	$ 19,80	$ 52.191,15	5,68	$ 5.101,09	$ 57.292,24
25	MARTHA MESA	0,30	12	2	24	$ 41,45	$ 17,26	$ 52.191,15	5,65	$ 5.081,37	$ 57.272,52
26	MARIA BAYONA	0,29	12	2	23	$ 77,07	$ 16,60	$ 52.191,15	6,08	$ 5.468,14	$ 57.659,29
27	TULIA ROMERO	0,30	12	2	24	$ 101,64	$ 19,85	$ 52.191,15	6,08	$ 5.466,60	$ 57.657,75
28	CARMEN LAGOS	0,31	12	2	25	$ 59,64	$ 23,08	$ 52.191,15	6,08	$ 5.464,66	$ 57.655,81
29	NELY LAGOS	0,34	14	2	27	$ 48,01	$ 18,63	$ 52.191,15	6,37	$ 5.721,50	$ 57.912,65
30	NELCY LAGOS	0,12	5	2	10	$ 95,50	$ 20,77	$ 52.191,15	6,47	$ 5.814,71	$ 58.005,86
31	ANDRES BENAVIDEZ	0,08	3	2	7	$ 101,48	$ 19,39	$ 52.191,15	6,60	$ 5.933,81	$ 58.124,97
32	EDUARD SANCHEZ	0,31	12	2	25	$ 57,72	$ 15,94	$ 52.191,15	6,49	$ 5.831,02	$ 58.022,17
33	CARLOS SANCHEZ	0,31	12	2	25	$ 50,08	$ 14,78	$ 52.191,15	6,49	$ 5.829,94	$ 58.021,09
34	EDGAR SANCHEZ	0,30	12	2	24	$ 78,67	$ 19,35	$ 52.191,15	6,38	$ 5.734,27	$ 57.925,42
35	JOSE MALAVER	0,31	12	2	25	$ 61,11	$ 13,48	$ 52.191,15	6,38	$ 5.733,49	$ 57.924,64
36	DANIEL MALAVER	0,24	10	2	20	$ 72,47	$ 18,59	$ 52.191,15	6,19	$ 5.562,52	$ 57.753,67
37	MIREYA PRIETO	0,20	8	2	16	$ 72,02	$ 18,89	$ 52.191,15	5,74	$ 5.158,80	$ 57.349,96
38	CARLOS COY	0,12	5	2	10	$ 45,06	$ 14,97	$ 52.191,15	5,56	$ 4.998,86	$ 57.190,01
39	LUISA SILVA	0,07	3	2	5	$ 54,15	$ 19,32	$ 52.191,15	5,58	$ 5.016,82	$ 57.207,97
40	RAMIRO RODRIGUEZ	0,23	9	2	19	$ 28,22	$ 13,95	$ 52.191,15	5,45	$ 4.894,01	$ 57.085,16
41	RAMIRO AMEZQUITA	0,09	4	2	8	$ 79,94	$ 18,22	$ 52.191,15	5,32	$ 4.780,93	$ 56.972,08
42	LUIS GUERRERO	0,17	7	2	14	$ 61,60	$ 14,48	$ 52.191,15	5,32	$ 4.778,92	$ 56.970,07
43	ALVARO ZAMBRANO	0,18	7	2	14	$ 32,60	$ 16,32	$ 52.191,15	5,29	$ 4.754,92	$ 56.946,07
44	CLARA ROMERO	0,08	3	2	6	$ 78,32	$ 20,94	$ 52.191,15	5,29	$ 4.752,82	$ 56.943,98
45	ERYHT GUERRERO	0,14	6	2	11	$ 74,20	$ 18,41	$ 52.191,15	5,29	$ 4.752,01	$ 56.943,17
46	NATALI BAYONA	0,09	4	2	8	$ 99,79	$ 18,30	$ 52.191,15	5,29	$ 4.751,20	$ 56.942,36
47	CARLOS BAYONA	0,37	15	2	29	$ 43,02	$ 18,35	$ 52.191,15	5,27	$ 4.732,45	$ 56.923,60
48	JOSE GUERRERO	0,07	3	2	5	$ 89,62	$ 20,19	$ 52.191,15	5,10	$ 4.584,40	$ 56.775,55
49	MAURICIO VARGAS	0,07	3	2	5	$ 39,07	$ 15,16	$ 52.191,15	5,08	$ 4.566,76	$ 56.757,91
50	EFRAIN VARGAS	0,10	4	2	8	$ 66,26	$ 19,53	$ 52.191,15	5,08	$ 4.564,79	$ 56.755,94
51	SAUL RODRIGUEZ	0,33	13	2	26	$ 49,77	$ 20,55	$ 52.191,15	4,97	$ 4.467,42	$ 56.658,57
52	NELSON RODRIGUEZ	0,07	3	2	5	$ 95,29	$ 21,10	$ 52.191,15	4,94	$ 4.441,81	$ 56.632,96
53	CELIA RODRIGUEZ	0,09	4	2	8	$ 94,11	$ 21,69	$ 52.191,15	4,96	$ 4.454,53	$ 56.645,68
54	ROBERTO ZAMORA	0,41	17	2	33	$ 53,49	$ 21,98	$ 52.191,15	4,87	$ 4.373,59	$ 56.564,75
55	GUSTAVO VARGAS	0,14	6	2	11	$ 112,52	$ 18,35	$ 52.191,15	4,80	$ 4.311,62	$ 56.502,77
56	EDILSA GUERRERO	0,09	4	2	8	$ 65,13	$ 18,45	$ 52.191,15	4,72	$ 4.243,57	$ 56.434,72
57	CARMEN VARGAS	0,10	4	2	8	$ 50,82	$ 17,07	$ 52.191,15	4,62	$ 4.155,76	$ 56.346,91
58	GEORGINA VARGAS	0,08	3	2	7	$ 81,20	$ 18,37	$ 52.191,15	4,62	$ 4.155,08	$ 56.346,23
59	ENRRIQUE BENAVIDEZ	0,14	6	2	11	$ 72,34	$ 16,93	$ 52.191,15	4,52	$ 4.066,80	$ 56.257,96
60	ALICIA QUIJANO	0,15	6	2	12	$ 41,11	$ 12,17	$ 52.191,15	4,52	$ 4.065,61	$ 56.256,76
61	SERGIO PATIÑO	0,13	5	2	11	$ 60,44	$ 21,85	$ 52.191,15	4,47	$ 4.014,29	$ 56.205,44
62	AZUCENA PATIÑO	0,10	4	2	8	$ 71,65	$ 18,90	$ 52.191,15	4,09	$ 3.679,39	$ 55.870,54
63	RAFAEL ZORRO	0,09	4	2	8	$ 80,95	$ 19,14	$ 52.191,15	4,09	$ 3.677,11	$ 55.868,26
64	LUIS ZORRO	0,08	3	2	6	$ 55,04	$ 17,10	$ 52.191,15	3,87	$ 3.473,83	$ 55.664,99
65	RAUL RODRIGUEZ	0,11	5	2	9	$ 84,41	$ 16,38	$ 52.191,15	3,86	$ 3.471,72	$ 55.662,88
66	ISABEL BARRERA	0,09	4	2	8	$ 62,41	$ 18,24	$ 52.191,15	3,86	$ 3.470,34	$ 55.661,49
67	BERTA ZAMBRANO	0,25	10	2	20	$ 69,48	$ 17,04	$ 52.191,15	3,78	$ 3.396,29	$ 55.587,45
68	FRANCISCO	0,30	12	2	24	$ 65,22	$ 16,57	$ 52.191,15	1,77	$ 1.594,52	$ 53.785,67
69	MARLEN	0,13	5	2	10	$ 79,95	$ 20,87	$ 52.191,15	1,56	$ 1.400,27	$ 53.591,42
70	EDGAR BARRERA	0,13	5	2	10	$ 53,25	$ 20,45	$ 52.191,15	0,96	$ 858,92	$ 53.050,07
71	MILENA ZAMBRANO	0,38	15	2	30	$ 93,42	$ 17,84	$ 52.191,15	0,35	$ 313,63	$ 52.504,78
72	MERCEDES	0,25	10	2	20	$ 59,83	$ 18,07	$ 52.191,15	0,00	$ 0,62	$ 52.191,77
73	JAIME ROSAS	0,50	20	2	40	$ 97,53	$ 18,72	$ 52.191,15	1,05	$ 946,25	$ 53.137,40
74	ELSA RODRIGUEZ	0,30	12	2	24	$ 99,90	$ 18,13	$ 52.191,15	0,13	$ 120,74	$ 52.311,89
75	ABEL CABEZAS	0,13	5	2	10	$ 62,56	$ 18,24	$ 52.191,15	0,85	$ 764,79	$ 52.955,94
76	SEBASTIAN	0,30	12	2	24	$ 64,92	$ 21,98	$ 52.191,15	1,79	$ 1.605,26	$ 53.796,41
77	CARLOS	0,30	12	2	24	$ 79,19	$ 21,36	52191,15	8,40	$ 7.548,90	$ 59.740,05
78	PABLO	0,30	12	2	24	$ 43,92	$ 21,75	52191,15	8,41	$ 7.558,17	$ 59.749,32
79	CRISTOBAL	0,50	20	2	40	$ 49,40	$ 17,08	52191,15	8,42	$ 7.568,37	$ 59.759,52
80	ANGEL	0,33	13	2	26	$ 88,81	$ 18,75	52191,15	8,47	$ 7.615,69	$ 59.806,84
81	ARTURO	0,80	32	2	64	$ 67,28	$ 19,81	52191,15	8,51	$ 7.652,85	$ 59.844,00
82	MATIAS	0,58	23	2	46	$ 96,26	$ 23,95	52191,15	8,54	$ 7.678,27	$ 59.869,42
83	BRENICE	0,30	12	2	24	$ 105,41	$ 17,80	52191,15	8,67	$ 7.789,38	$ 59.980,53
84	ESPERANZA	0,25	10	2	20	$ 109,25	$ 20,65	52191,15	8,73	$ 7.848,14	$ 60.039,29
85	GLADYS	0,13	5	2	10	$ 64,57	$ 23,68	52191,15	8,80	$ 7.910,18	$ 60.101,33
86	MIREYA	0,30	12	2	24	$ 76,31	$ 16,83	52191,15	8,90	$ 8.002,38	$ 60.193,53
87	ARSENIO	0,33	13	2	26	$ 47,46	$ 16,13	52191,15	9,00	$ 8.088,23	$ 60.279,38
88	LEONEL	0,25	10	2	20	$ 70,69	$ 23,86	52191,15	9,07	$ 8.150,65	$ 60.341,80
89	ERIKA	0,50	20	2	40	$ 77,54	$ 20,28	52191,15	9,10	$ 8.177,51	$ 60.368,66
90	EMIRO	0,30	12	2	24	$ 71,67	$ 20,50	52191,15	9,16	$ 8.235,20	$ 60.426,35
91	ERMENCIA	0,25	10	2	20	$ 29,10	$ 14,95	52191,15	9,31	$ 8.367,62	$ 60.558,77
92	MARITZA	1,25	50	2	100	$ 66,57	$ 17,94	52191,15	9,38	$ 8.429,85	$ 60.621,00
93	ANGELA	0,55	22	2	44	$ 48,96	$ 19,24	52191,15	9,40	$ 8.444,32	$ 60.635,47
94	LUIS	1,05	42	2	84	$ 64,53	$ 16,93	52191,15	9,23	$ 8.296,08	$ 60.487,23
95	ROCIO	0,30	12	2	24	$ 56,34	$ 18,54	52191,15	9,42	$ 8.464,95	$ 60.656,10
96	JOSE	0,13	5	2	10	$ 97,69	$ 18,61	52191,15	9,38	$ 8.432,54	$ 60.623,69
97	JULIO	0,88	35	2	70	$ 59,33	$ 13,34	52191,15	9,32	$ 8.372,20	$ 60.563,35
98	ANTONIO	0,20	8	2	16	$ 82,42	$ 12,28	52191,15	9,27	$ 8.328,53	$ 60.519,68
99	ROBERTO	0,23	9	2	18	$ 67,61	$ 20,63	52191,15	9,20	$ 8.269,67	$ 60.460,82
100	GLORIA	0,23	9	2	18	$ 55,61	$ 23,03	52191,15	9,21	$ 8.281,30	$ 60.472,45
101	YANET	0,25	10	2	20	$ 84,92	$ 15,96	52191,15	9,22	$ 8.289,53	$ 60.480,68
102	ESTER	0,55	22	2	44	$ 44,39	$ 16,52	52191,15	9,25	$ 8.312,31	$ 60.503,47
103	ANA JULIA	0,58	23	2	46	$ 88,76	$ 17,73	52191,15	9,27	$ 8.335,44	$ 60.526,60
104	LISANDRO	0,30	12	2	24	$ 57,00	$ 19,32	52191,15	9,38	$ 8.429,28	$ 60.620,43
105	SANTIAGO	1,25	50	2	100	$ 56,06	$ 19,81	52191,15	9,37	$ 8.419,15	$ 60.610,30
106	PEDRO	1,13	45	2	90	$ 47,59	$ 19,14	52191,15	9,37	$ 8.419,15	$ 60.610,30
107	MIREYA	0,50	20	2	40	$ 76,31	$ 16,83	52191,15	9,04	$ 8.120,64	$ 60.311,79
108	LILIANA	0,25	10	2	20	$ 75,57	$ 19,00	52191,15	8,86	$ 7.961,39	$ 60.152,54
109	SOFIA	0,38	15	2	30	$ 90,10	$ 20,68	52191,15	8,69	$ 7.809,03	$ 60.000,18
110	LORENA	0,50	20	2	40	$ 53,49	$ 22,94	52191,15	8,53	$ 7.668,22	$ 59.859,37
111	OCTAVIO	0,58	23	2	46	$ 55,74	$ 19,69	52191,15	8,58	$ 7.710,40	$ 59.901,55

7.5 Solución al modelo de coordinación y análisis de costos

Los solvers[27] que maneja un software de optimización permiten la resolución del modelo matemático planteado para valores dados de m (i), para el caso se utilizo una hoja de calculo en Excel para montar la estructura general del modelo y realizar simulaciones, dado que el solver de Excel no soluciona modelos tan robustos se utilizo el software GAMS en su versión 23.7 compatible con Windows 7 y se utilizaron los resultados para la simulación en la hoja electrónica.

Ilustración 7-5: Pantallazo de modelado en GAMS para la solución del modelo **(el autor).**

```
VARIABLES
B(i),CTS,Q;


EQUATIONS
COSTOT Costo total del sistema
COTAS(i) Restriccion de valores de B (la variable debe ser > 0)
COTAI Restriccion de valores de B  (el total de la participación de los productores cumple con los requerimientos del acopio)
COTAIB(i) Restriccion de valores de B  ( la variable no debe permitir que el modelo asuma una capacidad adicional en el productor)
QOPTIMO Restriccion Demanda

 ;



COSTOT.. CTS =E= 2*sqrt( D*(A+sum(i,F(i)*m(i)))*(sum(i,sqr(B(i))*(WA/(2* m(i))+h(i)*D*alfa(i)))))+sum[i,c(i)*B(i)*D];
QOPTIMO.. Q=E=  sqrt( D*(A+sum(i,F(i)*m(i)))/(0.0001+sum(i,sqr(B(i))*(WA/(2* m(i))+h(i)*D*alfa(i)))));
COTAS(i) ..  B(i) =G=  0;
COTAIB(i)..  B(i)=l=  P(i)/D;
COTAI ..  Sum(i,B(i)) =E= 1;


option reslim=100000;
option iterlim=100000;


MODEL Coordinacion /ALL/;
SOLVE Coordinacion USING NLP MINIMIZING  CTS;
SOLVE Coordinacion USING NLP MAXIMIZING  Q;
```

En el anexo 9 se encuentran los archivos .gms con la solución para cada centro de acopio al costo total del sistema y la simulación de los valores en la hoja de cálculo en Excel versión 2010, en la Ilustración 7-6 se muestra un pantallazo del ejercicio de simulación en la hoja de cálculo.

Ilustración 7-6: Pantallazo de simulación en hoja de cálculo de Excel **(el autor).**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	WA	11,1																	
2	PA	26,2																	
3	A	52191,15																	
4	D	1100																	
5																			
6	ID	H	C	P(i)	F(i)	h(i)	c(i)	m(i)	B(i)	H/2m(i)	1/2P(i)	1-1/m(i)	1/D - 1/P(i)si-1/2m(i)(D*alfa*h(i)		m(i)*F(i)	c(i)B(i)D	q(i)	p(i)/D	
7	P1	$ 11,14	$ 26,16	6	53392,14	$ 54,72	$ 20,88	2	0,500%	11,14	3,00	0,50	-0,17	0,00	4,39	106784,28	114,85	7,50	0,545%
8	P2	$ 11,14	$ 26,16	100	53498	$ 57,01	$ 25,31	2	0,200%	11,14	50,00	0,50	-0,01	0,00	12,54	106996,01	55,68	3,00	9,091%
9	P3	$ 11,14	$ 26,16	60	53798,97	$ 107,56	$ 20,94	2	0,200%	11,14	30,00	0,50	-0,02	0,00	14,19	107597,94	46,07	3,00	$ 0,05
10	P4	$ 11,14	$ 26,16	20	53797,95	$ 48,94	$ 23,09	2	1,300%	11,14	10,00	0,50	-0,05	0,00	90,76	107595,89	330,16	13,51	$ 0,02
11	P5	$ 11,14	$ 26,16	17	53927,36	$ 52,74	$ 14,27	2	1,500%	11,14	8,50	0,50	-0,06	0,00	110,56	107854,72	235,51	22,51	1,545%
12	P6	$ 11,14	$ 26,16	20	54384,61	$ 35,12	$ 18,14	2	0,700%	11,14	10,00	0,50	-0,05	0,00	51,14	108769,22	139,66	10,51	1,818%
13	P7	$ 11,14	$ 26,16	23	54463,61	$ 77,36	$ 21,14	2	0,700%	11,14	11,50	0,50	-0,04	0,00	47,66	108927,21	162,78	10,51	2,091%
14	P8	$ 11,14	$ 26,16	25	54462,55	$ 85,62	$ 16,72	2	0,600%	11,14	12,50	0,50	-0,04	0,00	42,32	108925,11	110,36	9,01	2,273%
15	P9	$ 11,14	$ 26,16	27	54479,94	$ 114,96	$ 14,36	2	0,400%	11,14	13,50	0,50	-0,04	0,00	27,28	108959,89	63,17	6,00	2,455%
16	P10	$ 11,14	$ 26,16	11	54479,25	$ 66,12	$ 12,39	2	1,000%	11,14	5,50	0,50	-0,09	0,00	39,68	108958,50	136,31	15,01	1,000%
17	P11	$ 11,14	$ 26,16	14	54478,56	$ 80,42	$ 18,85	2	1,200%	11,14	7,00	0,50	-0,07	0,00	88,72	108957,12	248,88	18,01	1,273%
18	P12	$ 11,14	$ 26,16	110	54483,52	$ 95,40	$ 18,08	2	0,100%	11,14	55,00	0,50	-0,01	0,00	5,77	108967,03	19,89	1,50	10,000%
19	P13	$ 11,14	$ 26,16	60	54483,18	$ 82,91	$ 19,42	2	0,300%	11,14	30,00	0,50	-0,02	0,00	24,62	108966,35	64,08	4,50	5,455%
20	P14	$ 11,14	$ 26,16	10	54482,23	$ 83,48	$ 12,55	2	0,900%	11,14	5,00	0,50	-0,10	0,00	36,82	108964,47	124,29	13,51	0,909%
21	P15	$ 11,14	$ 26,16	55	54494,45	$ 100,82	$ 17,53	2	0,200%	11,14	27,50	0,50	-0,02	0,00	12,19	108988,91	38,57	3,00	5,000%
22	P16	$ 11,14	$ 26,16	100	54494,12	$ 133,86	$ 13,65	2	0,050%	11,14	50,00	0,50	-0,01	0,00	1,84	108988,25	7,51	0,75	9,091%
23	P17	$ 11,14	$ 26,16	20	54497,04	$ 91,76	$ 18,30	2	0,700%	11,14	10,00	0,50	-0,05	0,00	49,34	108994,07	140,88	10,51	1,818%
24	P18	$ 11,14	$ 26,16	10	54543,36	$ 64,36	$ 17,70	2	0,900%	11,14	5,00	0,50	-0,10	0,00	28,39	109086,73	175,23	13,51	0,909%
25	P19	$ 11,14	$ 26,16	6	54560,75	$ 96,38	$ 13,95	2	0,500%	11,14	3,00	0,50	-0,17	0,00	7,73	109121,51	76,75	7,50	0,545%
26	P20	$ 11,14	$ 26,16	15	54693,4	$ 43,51	$ 18,89	2	1,400%	11,14	7,50	0,50	-0,07	0,00	70,05	109386,79	290,94	21,01	1,364%
27	P21	$ 11,14	$ 26,16	100	54678,03	$ 69,70	$ 14,37	2	0,200%	11,14	50,00	0,50	-0,01	0,00	15,33	109356,05	31,62	3,00	9,091%
28	P22	$ 11,14	$ 26,16	16	54717,23	$ 86,97	$ 22,39	2	0,900%	11,14	8,00	0,50	-0,06	0,00	61,75	109434,46	221,71	13,51	1,455%
29	P23	$ 11,14	$ 26,16	16	54742	$ 95,78	$ 23,62	2	0,900%	11,14	8,00	0,50	-0,06	0,00	68,01	109484,01	233,86	13,51	1,455%
30	P24	$ 11,14	$ 26,16	16	54741,69	$ 85,22	$ 19,80	2	1,000%	11,14	8,00	0,50	-0,06	0,00	74,71	109483,39	217,85	15,01	1,455%
31	P25	$ 11,14	$ 26,16	16	54731,83	$ 41,45	$ 17,26	2	1,500%	11,14	8,00	0,50	-0,06	0,00	81,76	109463,67	284,76	22,51	1,455%
32	P26	$ 11,14	$ 26,16	16	54925,22	$ 77,07	$ 16,60	2	1,100%	11,14	8,00	0,50	-0,06	0,00	81,74	109850,44	200,86	16,51	1,455%
33	P27	$ 11,14	$ 26,16	16	54924,45	$ 101,64	$ 19,85	2	0,800%	11,14	8,00	0,50	-0,06	0,00	57,03	109848,90	174,69	12,01	1,455%
34	P28	$ 11,14	$ 26,16	16	54923,48	$ 53,64	$ 23,08	2	1,400%	11,14	8,00	0,50	-0,06	0,00	102,47	109846,96	355,37	21,01	1,455%

[27] Motores que incluyen los métodos que utiliza el software para la resolución de un problema específico.

Para el estudio se simulo el entorno de la cadena antes y después de la implementación del modelo de coordinación de inventarios, se parte de que como es natural para el centro de acopio éste intentara siempre ocupar al máximo su capacidad de almacenamiento dado que sus principales clientes como se observo en campo recolectan la leche acopiada en el día por el centro en su totalidad.

De la información recopilada y teniendo en cuenta que el volumen de pequeños productores es considerable y muchos se encuentran en lugares donde se restringe el acceso por vías fácilmente transitables dispersos por toda la provincia se tomo una muestra sobre la cual elaborar el estudio con las rutas más relevantes para la recolección del acopio y así mismo aplicar las encuestas y levantar la georeferenciación , la demanda de cada centro se restringirá entonces a la capacidad que tienen los productores para responder, obsérvese en el modelo la demanda D>P(i) para todo productor i-ésimo mas la suma de las tasas de todos los productores es mayor a la demanda del acopio, dado que el objeto del estudio se centra en presentar una metodología de coordinación sustentada en criterios VMI se realizo la simulación sin perdida de rigurosidad sobre la demanda que puede satisfacer el sistema (Tabla 7-6).El acopio más grande que se encuentra en Sogamoso (Santa Helena) se incluyo en el modelo sobre la demanda que atiende mediante pequeños y medianos productores de la provincia, dado que en un 60% la atiende por medio de expendedores que transfieren sus costos de transporte al precio con el que se negocia la recompra de leche.

De esta manera se puede evaluar para la muestra tomada el impacto en los costos de la cadena al incluir la estrategia de coordinación con base en lo que es capaz de producir y acopiar el sistema.

Tabla 7-6: Estimación de la demanda en los centros de acopio **(el autor, datos del estudio).**

Acopio	% Ocupación evaluado	Demanda diaria del centro	Tamaño de Pedido	Recolecciones	Capacidad
Agronit Tibasosa	73,75%	1438	1078	2	1950
Agronit Iza	83,27%	1582	1438	2	1900
Lacteos Sogamoso	46,56%	1490	1582	2	3200
El Carmen	77,61%	2328	1490	2	3000
Bosconia	43,12%	1078	2328	2	2500
Santa Helena	21,09%	1898	1546	2	9000
Afc	61,83%	1546	1898	2	2500
El Mortiño	49,36%	1234	1234	2	2500

Para el cálculo de los costos de la cadena se siguió el esquema tradicional de manejo de inventarios en los que se suman para la cadena los costos asociados a mantener una unidad de inventario de acuerdo a las cantidades de pedido así como los costos de poner una orden y el costo de transporte, dado que para un esquema de coordinación mediante VMI se encuentra que las frecuencias de reabastecimiento óptimo son mayores que las frecuencia sin VMI (Yao Y, Dresner M, 2008), y que el desplazamiento por la provincia presenta un costo importante en la cadena el modelo incluye el impacto del transporte como generador de costos fijos y variables para el acopio, también se observa que parte de ese costo se transfiere al productor en la medida que la accesibilidad se toma como una factor en la negociación del precio, aunque como lo mencionan Disney et al, en el largo plazo una cadena con un sistema integrado de coordinación permite una disminución del costo de transporte en el tiempo

(S.M. Disney et al., 2003) en el caso del acopio de leche fresca la ausencia de una estrategia que optimice las rutas constituye un inconveniente que se puede tomar como una barrera para lograr resultados óptimos.

De los resultados del estudio se observa que en promedio se logra una reducción del 2.57 % en la operación diaria de abastecimiento en la cadena, siendo el centro de acopio que más aporta al ahorro Bosconia, debido a que en la muestra es el acopio que atiende a una mayor cantidad de productores y por ende una mejora en su operación impacta altamente la cadena.

Tabla 7-7: Resumen de ahorros generados en la cadena **(el autor, datos del estudio).**

	Costo Total del sistema sin VMI	Costo Total del sistema con VMI		
	Costo COP	Costo COP	Variación	% Ahorro
Agronit Iza	$ 2.517.874,54	$ 2.454.327,73	$ 63.546,81	2,52%
Lacteos Sogamoso	$ 3.968.296,05	$ 3.913.912,88	$ 54.383,17	1,37%
El carmen	$ 2.171.504,36	$ 2.152.001,86	$ 19.502,50	0,90%
Bosconia	$ 2.238.318,57	$ 2.139.791,17	$ 98.527,40	4,40%
Agronit Tibasosa	$ 2.545.981,83	$ 2.451.952,06	$ 94.029,77	3,69%
AFC	$ 1.910.867,08	$ 1.858.609,24	$ 52.257,84	2,73%
Santa Helena	$ 3.190.870,02	$ 3.104.091,25	$ 86.778,77	2,72%
El Mortiño	$ 2.114.292,61	$ 2.051.929,59	$ 62.363,01	2,95%
Total	**$ 20.658.005,06**	**$ 20.126.615,79**	**$ 531.389,28**	2,57%

En total se observa un ahorro diario para la cadena de 0,53MM de pesos, dentro de la metodología se debe contemplar que dicho ahorro permitiría una reinversión en telefonía para la comunicación entre pequeños productores y acopios, por el contexto tanto cultural como geográfico la opción más viable se basa en la comunicación telefónica apoyada con un sistema de toma de pedidos más eficiente en el que se conozcan mediante preventa en cada recolección las condiciones del productor para la siguiente entrega, como parte de la propuesta se establece que se tomaran registros en cada entrega y se realizaran retroalimentaciones de manera que se genere dicha cultura de preventa, atendiendo a que para cualquier caso en el que no exista un flujo de información constante y acertado las políticas VMI no podrán ser implementadas. En el eslabón de los productores se evidencia que con la restructuración de las cantidades de pedido se deben canalizar en la cadena los litros de leche que no hacen parte de las recolecciones del centro de acopio para de esta manera no contemplar una pérdida de utilidad neta para el productor.

Debido a que se propone una estructura en la cual el centro de acopio redefine las cantidades de pedido que se deben consolidar la diferencia entre el estado actual y las cantidades manejadas bajo el esquema de coordinación muestran un ahorro para cada nodo pero el modelo obliga para lograr una mayor eficiencia en costos subutilizar la capacidad de aquellos productores que presenten un mayor sobre costo a la cadena, es así como en cada nodo se puede generar un ahorro en promedio de 1.078 pesos(ver anexo 9) en lo que respecta a los costos de almacenamiento por día por productor logrando un mayor beneficio al total del desempeño de la cadena.

8. Conclusiones y recomendaciones

En el siguiente apartado se presentan 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 logro realizar una caracterización de la cadena de suministros 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 identifico 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.

Producto de la investigación se lograron consolidar los costos representativos de las operaciones de almacenamiento y transporte en la provincia mediante la muestra analizada, para el caso de los centros de acopio se identifico que por unidad de manejo (litro) se tiene un costo de almacenamiento de $28,05/l/día, teniendo en cuenta que como se menciono en la caracterización esta es la frecuencia de reaprovisionamiento de los clientes.

El costo de ordenar un pedido equivale al valor en papelería y mano de obra que se puede atribuir al proceso de poner la orden de acuerdo al tiempo estimado para tal fin y es de $25,15/pedido, este costo es muy bajo dado que dicho proceso se hace de manera muy sencilla y no constituye una comunicación efectiva con los productores, para el modelo se considero entonces como esencial el costo de transporte, que en efecto es el que representa el mayor peso en la operación, para el caso de los productores se realizo un ejercicio similar en el que se encontró que los costos de almacenamiento por litro ascienden en promedio a $67,93/litro debido a que los volúmenes que manejan no permiten una mayor disgregación del costo, respecto a los costos de poner una orden por unidad se evidencio que en promedio se pagan $18,8/pedido dado que principalmente se atribuye a la mano de obra utilizada en el alistamiento de los pedidos en dos momentos de la tarde que no constituye una cantidad de tiempo considerable como se muestra en el diagrama de flujo de operación. Se encontró además que aunque los costos de poner una orden son bajos como se menciono para el caso de los centros de acopio si se tiene en cuenta que en la medida que el centro de acopio realiza

una labor de recolección de acuerdo al mayor esfuerzo que realicen en esta labor incluirán un menor valor cargado al precio al que compran la leche, es decir transfieren dicho costo al pequeño productor.

La implementación de una metodología con criterios VMI permite una disminución en los costos de la cadena, dado que la información es un factor determinante en la adopción de la metodología se propone la elaboración de registros y formatos para llevar un estadístico que permita una evaluación más completa de la cadena de suministro y se logre establecer un parámetro por productor para la consolidación de pedidos, de acuerdo a lo que se pudo observar en campo se estableció como partición del lote de producción la cantidad de recolecciones que actualmente maneja la cadena de dos recolecciones al día (datos del estudio) para conservar la integridad de la leche fresca y optimizar los costos de transporte que impactan fuertemente la operación debido a las distancias y el tipo de vehículos utilizados.

Como se observa en la tabla 7-7 en promedio se lograría una reducción de costos del 2.57 % en la operación diaria de almacenamiento en la cadena que en términos monetarios equivale a 0.53MM pesos, como se menciono en la sección de resultados se ha de tener en cuenta que en el escenario optimo de la cadena equivaldría a un ahorro de 1.078 pesos por pequeño productor, este ahorro puede parecer poco considerable pero el estudio hace énfasis en que el cambio del esquema actual de la cadena a uno que incluya la coordinación de inventarios con la estructura actual tanto de procesos como de equipo e insumos puede menguar el impacto positivo de la sola estrategia, mas si se logra una inversión que permita mejorar la infraestructura de comunicaciones y el sistema de distribución y producción ó se contemple la posibilidad de la localización de otros centros de acopio (que podría tomarse en cuenta para futuras investigaciones) se verán beneficiados todos los actores de la cadena.

Como insumo principal para el estudio se utilizo la georeferenciación realizada en campo de los puntos tanto de acopio como de producción, se establecieron las rutas que el centro sigue diariamente y que en general presentan variaciones significativas en tanto los centros de acopio no se muestran dispuestos a asumir costos adicionales de transporte, dichas rutas que se realizan empíricamente muestran recorridos innecesarios más por la falta de planeación de rutas optimas que por problemas presentados en las vías dado que los vehículos y la carga de trabajo se prestan para la recolección a nivel rural. Como recomendación se plantea a los acopios la implementación de un sistema de ruteo, dadas las condiciones de tipo cultural y económico es deber de la academia y el estado realizar este tipo de aproximaciones con propuestas de investigación, se cita el estudio realizado por el Ing. José Camilo Quintero en donde se muestra una mejora en el sistema de transporte y una disminución en los costos de transporte que aunque en principio beneficia principalmente a los acopios si se combina con una estrategia de coordinación puede beneficiar a todos los actores de la cadena en el largo plazo, además que como se menciono anteriormente este ahorro en costos de transporte se puede transferir al pequeño productor con un mayor valor pagado por litro de leche fresca. Para el caso se encontró incluso que los centros de acopio realizan recorridos que en promedio ascienden a 15.4 km con una desviación estándar de 9.6 km, motivo por el cual el costo de transporte es tan elevado con recorridos de hasta medio día, en este sentido y si se tiene en

cuenta que la ubicación geográfica no es la óptima se puede recomendar un estudio de localización de otro acopio con más capacidad posicionado geográficamente en un lugar donde la concentración de los acopios y las condiciones de transporte se presten para mejorar el servicio al cliente que para el caso son los pequeños productores.

Se plantea como recomendaciones el acercamiento de los productores y los centros de acopio a los ejes de desarrollo de la región como las alcaldías, FEDEGAN y la misma gobernación de Boyacá, esto con el fin de ampliar el conocimiento que sobre el sector se tiene, los datos levantados en campo aportan a tal fin pero en la practica es un volumen considerable sobre el cual se pueden realizar análisis interesantes en términos de productividad y competitividad, en la realización del presente trabajo se encontró con información de gran utilidad pero que presentaba diferencias con las estadísticas que se manejan en las bases de datos de los municipios como por ejemplo en las bases de datos de vacunación, motivo por el cual se dificulta realizar aseveraciones extrapoladas a la población total en la provincia particularmente sobre los productores.

Aunque se mostro que en este tipo de cadena la aplicación del VMI como estrategia de coordinación puede optimizar el proceso de almacenamiento y distribución actual se aclara que para efectos de la simulación e inclusión de parámetros en el modelo se asumió una demanda constante pero esta se puede ver afectada fácilmente por medio de la inclusión de más actores en la cadena o por cambios climáticos en la región en donde es común presenciar inundaciones en época de invierno (ver anexo 8), además se trabajo sobre una estimación que, en la medida que se logre cubrir una población mayor de productores permita recomendar cambios más concluyentes en la manera que opera la cadena inclusive analizando el siguiente nodo aguas arriba que corresponde a los grandes empresarios como Alquería, Alpina, Parmalat y los medianos empresarios de la región de donde se asume puedan nacer iniciativas que ayuden en el desarrollo principalmente del nodo de productores especializados en ordeño.

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 cadena lo hará de igual manera el producto y se observaran disminuciones de los costos de operación y asociados a la operación logística, claro esta esto puede constituir un aumento en los costos de poner y pedir una orden, pero 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 vinculo 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.

Bibliografía

Andrade, R., Manrique, F., & Peters, K. (2008). Milk farm management and production in Boyaca. *MVZ Cordoba, 13*, 1333-1342.

Arshinder, S.G., D., & Arun, K. (2008). Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal of Production Economics, 115*, 316-335.

Atehortúa, G. P., & Osorio, L. M. (2008). Análisis de costeo para un sistema de producción de lechería especializada "un acercamiento al análisis económico en ganadería de leche". *Dyna*, 37-46.

Barajas, N. (2006). *Estado del Arte del Problema de Ruteo de Vehículos (VRP).* Obtenido de http://www.geocities.com/nicolasbarajasseminario/Archivos/EstadoDelArteFinal.pdf

Cala Hederich, A. (2005). *Situación y necesidades de la pequeña y mediana empresa.* Obtenido de http://http://www.usergioarboleda.edu.co/civilizar/revista9/Situacion_Necesidad_Pequena_Mediana_Empresa.pdf

Cheng, T., Yue, J., & Guo, T. (2008). Inventory Modelling in Supply Chain Management: A Review. *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, (págs. 1-4). Shanghai.

Cooper, M. C., Douglas, L., & Janus, P. (1997). Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *The International Journal of Logistics Management*, 1-14.

Crook, T. R., & Combs, J. G. (2007). Sources and consequences of bargaining power in supply chains. *Journal of Operations Management*, 546-555.

DANE. (2009). *Encuesta nacional manufacturera.* Obtenido de http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=96&Itemid=59

de Brito, M., & van der Laan, E. (European Journal of Operational Research). Inventory control with product returns: The impact of imperfect information. *Production, Manufacturing and Logistics*, 85-101.

Delaunay, C., Chatenay-Malabry, S., & Dallery, Y. (2007). A Literature Review on Investigations Dealing with Inventory Management with data Inaccuracies. *RFID Eurasia*, (págs. 1-7). Estanbul.

Disney, S., Potter, A., & Gardner, B. (2003). The impact of vendor managed inventory on transport operations. *Transportation Research*, 363–380.

DNP. (2007). *Las propuestas regionales y sectoriales de Agenda Interna Partes I y II.* Obtenido de https://www.mincomercio.gov.co/ptp/descargar.php?id=40545

Dong, Y., & Xu, K. (2002). A supply chain model of vendor managed inventory. *Transportation Research Part E 3*, 75–95.

Dong, Y., Xu, K., & Dresner, M. (2007). Environmental determinants of VMI adoption: An exploratory analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 355–369.

Fabbe-Costes, N., & Jahre, M. (2008). Supply chain integration and performance: a review of the evidence. *International Journal of Logistics Management*, 130 – 154.

Forrester, J. W. (1958). Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. *Harvard Business Review*, 54-55.

Glock, C. (2011). A multiple-vendor single-buyer integrated inventory model with a variable number of vendors. *Computers & industtrial engineering*, 173-182.

Gobernación de Boyacá. (s.f.). Obtenido de http://www.boyaca.gov.co

Goyal, S., & Gupta, Y. P. (1988). Integrated Inventory Models: the Buyer vendor Coordination. *European Journal of Operations Research*, 261-269.

Gunasekaran, A., Lai, K.-h., & Cheng, E. T. (2008). Responsive supply chain: A competitive strategy in a networked economy. *Omega 36*, 549-564.

Hausman, W. H. (2003). *Supplier Managed Availability, Supply Chain Online.* Obtenido de http://www.supplychainonline.com

Huang, W., Kulkarni, V., & Swaminathan, J. (2003). Optimal EOQ for announced price increases in infinite horizon. *Operations Research*, 336–339.

Hung, T.-W., Fang, S., W. Nuttle, H., & King, R. (1997). A Fuzzy-Control-Based Quick Response Reorder Scheme for Retailing of Seasonal Apparel. *Operations Research and Industrial Engineering*.

Jammernegg, W., & Reiner, G. (2007). Performance improvement of supply chain processes by coordinated inventory and capacity management. *Journal of Production Economics*, 183–190.

Jiménez, E. (2006). *Modelos de coordinación de inventarios y su relación con las variables fundamentales de transporte.* Obtenido de www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt283.pdf

Jiménez, E., Iniestra, J. G., & Sabater, P. (2006). *Coordinación de inventarios en una cadena de suministro del sector automotriz a través de épocas comunes de resurtido, y el uso de diversos modos de transporte.* Obtenido de http://www.imt.mx/sitioimt/Publicaciones/frmResumen.aspx?IdPublicacion=651&IdTipo=Publicaci%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20No.293&LbPalabra=0

Jung, H., Chen, F., & Jeong, B. (2008). Decentralized supply chain planning framework for third party logistics partnership. *Computers and Industrial Engineering*, 348-364.

Lee, H., So, K., & Tang, C. (2000). The value of information sharing in a two-level supply chain. *Management Science 46*, 626–643.

Li, X., & Wang, Q. (2007). Coordination mechanism of supply chain systems. *European Journal of Operational Research*, 1-6.

Martin, C., & Towill, D. (2001). An integrated model for the design of agile supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 235-246.

Martínez, M., Suarez, C., Pérez, J., & Furtado, J. (2007). *Metodología de Análisis del Potencial de Integración Productiva y Desarrollo de Servicios Logísticos de Valor Agregado de Proyectos IIRSA.* Obtenido de http://www.iirsa.org/BancoMedios/Documentos%20PDF/iprlg_guia_metodologica.pdf

Mentzer, J., DeWitt, W., Keebler, J., Min, S., Nix, N., Smith, C., & Zacharia, Z. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 1-25.

Nachiappan, S., & Jawahar, N. (2007). A genetic algorithm for optimal operating parameters of VMI system in a two-echelon supply chain. *European Journal of Operational Research*, 1433–1452.

Oliver, K., & Webber, M. (1992). Supply-chain management: logistics catches up with strategy. *Reprinted 1992,in Logistics: The Strategic Issues*, 63-75.

Porter, M. (1985). Competitive Advantage: creating and sustaining superior performance. *Free Press, New York*.

Proexport. (2011). *Sector lácteo en Colombia.* Obtenido de http://www.proexport.com.co

Sánchez, J. E. (2005). *Estado del arte de los modelos matemáticos para la coordinación de inventarios en la cadena de suministro.* Obtenido de http://www.imt.mx/Espanol/Publicaciones/pubtec/pt281.pdf

Sarmah, S., Acharya, D., & Goyal, S. (2006). Buyer vendor coordination models in supply chain management. *European Journal of Operational Research*.

Simatupang, T., & Sridharan, R. (2004). Benchmarking supply chain collaboration: An empirical study. *Benchmarking: An International Journal*, 484 – 503.

Stannack, P. (1995). Purchasing Power and Supply Chain Management Power -A Response to Ramsay's Purchasing Power. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 11-17.

Sucky, E. (2005). Inventory management in supply chains: A bargaining problem. *Journal of Production economics*, 253-262.

Sucky, E. (2006). A bargaining model with asymmetric information for a single supplier-single buyer problem. *European Journal of Operational Research*, 516-535.

Sucky, E. (2006). A model for dynamic strategic vendor selection. *Computers and Operations Research*, 3638–3651.

Urban, T. (2005). Inventory models with inventory-level-dependent demand: A comprehensive review and unifying theory. *European Journal of Operational Research*, 792–804.

Vidal, C. (2003). *Fundamentos de gestión de Inventarios.* Obtenido de http://es.scribd.com/felipe_ram%C3%ADrez_36/d/44768395-Fundamentos-de-Gestion-de-Inventarios-Carlos-Vidal-H-Facultad-de-Ing

Yao, Y., & Dresner , M. (2008). The inventory value of information sharing, continuous replenishment, and vendor-managed inventory. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 361-378.

Yu, Y., Chu, F., & Chen, H. (2007). A Stackelberg game and its improvement in a VMI system with a manufacturing vendor. *European Journal of Operational Research*, 929-948.

Zavala P, J. M. (2009). *Manual de centros de acopio y pasteurización, en pequeña escala.* Obtenido de http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/manual-centros-de-acopioypasteurizacion.pdf

Zhao, X., Huo, B., Selen, W., & Yan Yeung, J. (2011). The impact of internal integration and relationshipcommitment on external integration. *Journal of Operations Management*, 17-32.

Consulta en páginas web:

http://www.boyaca.gov.co
http://ww.fedegan.org.co
http://www.proexport.com.co
http://www.DNP.gov.co
http://www.dane.gov.co