

**Propuesta de Modelo de Control de Inventario para una Cadena de Abastecimiento
Citrícola de tres Eslabones Bajo el Enfoque VMI, en el Centro del Valle del Cauca**

**Manuel Alejandro Cifuentes Páez
Victor Hugo Victoria Arce**

**Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería
Programa Académico Ingeniería Industrial
Zarzal
2018**

**Modelo de Control de Inventario Colaborativo VMI para una Cadena de Abastecimiento
Citrícola de tres Eslabones, en el Centro del Valle del Cauca**

Manuel Alejandro Cifuentes Páez

Victor Hugo Victoria Arce

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Industrial**

**Universidad
del Valle**

ING Diego León Peña Orozco

Director

**Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería
Programa Académico Ingeniería Industrial
Zarzal
2018**

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____ Jurado 1

_____ Jurado 2

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresarle un sincero agradecimiento a:

A Dios por permitirme alcanzar otro logro en mi vida.

A mi familia por ser el pilar y por los que lucho cada día.

A mi Director de grado el M.S.C Diego León Peña Orozco, por toda la dedicación y el aporte valioso de sus conocimientos en el desarrollo de este proyecto.

A mi compañero y amigo Manuel Cifuentes, por aguantarme en todo el tiempo de estudio y aceptarme a pesar de las diferencias.

Victor Hugo Victoria Arce.

Mis más sinceros agradecimientos a:

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mis Padres

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como persona

A Mis abuelas

Por su apoyo incondicional y sus consejos durante todo este tiempo de formación

A mi Director

El M.S.C Diego León Peña Orozco, por toda la dedicación, paciencia y aporte valioso de sus conocimientos en el desarrollo de este proyecto.

A mi compañero

Victor Hugo Victoria por sacar conmigo este importante proyecto a pesar de las dificultades.

Manuel Alejandro Cifuentes Páez.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo general.....	
	¡Error! Marcador no definido.
2.2 Objetivos específicos.....	
	¡Error! Marcador no definido.
3. Justificación	17
4. ANTECEDENTES	23
5. MARCO REFERENCIAL.....	30
5.1 Marco teórico.....	30
5.1.1 Cadena de suministros.	30
5.1.1.1 Cadena de suministro colaborativa.	34
5.1.2 Vendor Managed Inventory -VMI-.....	38
5.1.3 Sector frutícola.....	43
5.1.3.1 Cadena de suministro en el sector agrícola.....	44
5.1.4 Sector citricultor.....	45
5.1.4.1 Renglón cítrico colombiano.	48
5.1.4.2 Problemáticas del sector.	52
5.1.4.3 Los cítricos en el Valle del Cauca.....	54
5.2 COEFICIENTE DE PEARSON.....	55
6. CARACTERIZACION DE LA CADENA CITRICOLA	58
6.1 DISEÑO METODOLOGICO.....	58
6.1.1 Tipo de investigación.....	58
6.1.2 Muestra.....	58
6.1.3 Criterios de inclusión	59
6.1.4 Criterios de exclusión	59
6.2 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.....	59
6.2.1 Cuestionario.	59

6.2.2 Análisis de la información.	59
6.3 Resultado de la caracterización del sistema actual de gestión y control del inventario en la cadena de suministro frutícola del centro del Valle del Cauca.	60
6.3.1 Datos del instrumento.	60
7. MODELO REFERENTE	75
8. DIAGNOSTICO.....	86
9. DESARROLLO DEL MODELO.....	88
9.1 LINEAMIENTOS DEL MODELO VMI.....	88
9.2 FORMULACION DEL MODELO MATEMATICO.....	91
10. CASO DE ESTUDIO.....	97
10.1 Las características bajo las cuales está sujeto el modelo VMI se muestra a continuación... ..	97
10.1.2 Componentes del modelo matemático	98
10.2 GESTION DE COSTOS PROPUESTA PARA EL VMI.....	99
10.2.1 COSTOS EN LOS PRODUCTORES	99
10.2.2 COSTOS DE ALMACENAJE EN LA CADENA.	100
10.2.3 COSTO DE TRANSPORTE PARA LA CADENA	101
10.2.4 COSTO DE PEDIDO PARA LA CADENA	102
10.2.5 COSTO DE ALISTAMIENTO PARA LA CADENA	102
10.2.6 DEMANDA	104
11. ANALISIS DE RESULTADOS	105
12. ANALISIS DE SENSIBILIDAD.....	110
12.1 AUMENTO DE CADA UNO DE LOS PRODUCTOS.....	111
12.2 VARIACIÓN EN EL COSTO DE MANTENIMIENTO DE LOS CENTROS DE ACOPIO (CINV).....	112
12.3 VARIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION EN LOS PRODUCTORES... ..	114
12.4 VARIACIÓN EN EL COSTO DE TRANSPORTE DE LOS PRODUCTORES HACIA LOS CENTROS DE ACOPIO (CFI).....	115
12.5 VARIACIÓN EN EL COSTO DE TRANSPORTE DE LOS CENTROS DE ACOPIO HACIA LOS CLIENTES (CFE).....	116
CONCLUSIONES	118

REFERENCIAS	120
-------------------	-----

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Modelo colaborativo VMI	42
Figura 2. Producción regional de cítricos en Colombia	51
Figura 3. Canales tradicionales de comercialización de cítricos.....	52
Figura 4. Problemáticas de la cadena citrícola en Colombia	54
Figura 5. Modelo VMI PARA CADENA CITRICOLA.....	89
Figura 6. Estructura cadena citrícola objeto de estudio	97
Figura 7.FLUJO DE PRODUCTO PRODUCTORES – CENTROS DE ACOPIO	106
Figura 8. FLUJO DE PRODUCTO CENTROS DE ACOPIO – CLIENTES	107

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1.Tabla de resultados posibles en el coeficiente de Pearson	57
Tabla 2. Productos cultivados en la zona	60
Tabla 3. Factores que inciden en la localización del cultivo	61
Tabla 4. Destino de las frutas producidos	61
Tabla 5. Relevancia de los factores del proceso productivo.....	64
Tabla 6. Medios de transporte utilizados.....	66
Tabla 7. Medios utilizados para conocer diferentes datos del sector	67
Tabla 8. Definición de precios de venta	67
Tabla 9. Criterios que inciden en la determinación de la demanda	68
Tabla 10. Influencia de los intermediarios en las utilidades.....	69
Tabla 11. Integración de la cadena	70
Tabla 12. Comportamiento de la demanda.....	70
Tabla 13. Comparación modelo referencia y modelo propuesto.....	87
Tabla 14. Capacidad de producción en los productores	99
Tabla 15. Precio de transferencia del producto en los productores	99
Tabla 16. Costos en los centros de acopio.....	100
Tabla 17. Costos en los Clientes	101
Tabla 18. Costo de transporte de producto para los centros de acopio	102
Tabla 19. costo de transporte de producto para los clientes	102
Tabla 20. COSTO DE PEDIDO PARA EL CLIENTE.....	103
Tabla 21. Costo de alistamiento por producto en los centros de acopio	103
Tabla 22. Demanda de cada producto en cada cliente.....	104
Tabla 23. Resultado del modelo	105
Tabla 24. Cantidad de producto(kg) enviada desde los productores al centro de acopio Campo alegre ..	106
Tabla 25. Cantidad de producto(kg) enviada desde los productores al centro de acopio Zabaleta	106
Tabla 26. Cantidad de producto(kg) enviada desde el centro de acopio Campo alegre a los clientes	107

Tabla 27. Cantidad de producto(kg) enviada desde el centro de acopio Zabaleta a los clientes 108

Tabla 28. INCREMENTO DE LA DEMANDA..... 110

Tabla 29. INCREMENTO DEL CINV CAMPOALEGRE 111

Tabla 30. INCREMENTO DEL CINV ZABALETA 112

Tabla 31. INCREMENTO DE LA CAP. PRODUCCION 114

Tabla 32. INCREMENTO DE TRANSPORTE CFI..... 115

Tabla 33. INCREMENTO DE TRANSPORTE CFE..... 116

Lista de Gráficas

	Pág.
Gráfica 1. Productos cultivados en la zona	60
Gráfica 2. Destino de las frutas producidas.....	62
Gráfica 3. Costos de operación.....	62
Gráfica 4. Control de insumos.....	63
Gráfica 5. Sistema de riego	64
Gráfica 6. Relevancia de los factores del proceso productivo.....	65
Gráfica 7. Almacenamiento.....	65
Gráfica 8. Medios de transporte utilizados.....	66
Gráfica 9. Criterios que inciden en la determinación de la demanda	68
Gráfica 10. Influencia de los intermediarios en las utilidades.....	69
Gráfica 11. Integración de la cadena	70
Gráfica 12. Aspectos ambientales de la producción.....	71
Gráfica 13. Cantidad de producto almacenado en los centros de acopio	109
Gráfica 14. Comportamiento de los costos con el incremento de la demanda de los productos.....	110
Gráfica 15. Comportamiento de los costos con el incremento del CINV en Campoalegre	112
Gráfica 16. Comportamiento de los costos con el incremento del CINV en Zabaleta.....	113
Gráfica 17. Comportamiento de los costos con el incremento de la capacidad de producción en los productores	114
Gráfica 18. Comportamiento de los costos con el incremento en el costo de transporte (CFI)	116
Gráfica 19. Comportamiento de los costos con el incremento en el costo de transporte (CFE)	117

INTRODUCCIÓN

Las condiciones actuales del mercado global, los avances tecnológicos, las nuevas demandas de los consumidores, entre otros, imponen al comercio y todos sus actores reglas que determinan unos mejores niveles de desempeño en todos los procesos de la producción y la administración, que para el caso de los inventarios y como lo señalan Kim, Jun, Baek, Smith y Kim (2005) en las cadenas de abastecimiento particularmente, son determinantes para mejorar dicho desempeño en los costos totales.

El mercado competitivo genera que los clientes tengan diversas opciones de aprovisionamiento, lo que genera en los proveedores una disposición a realizar esfuerzos importantes para alcanzar mejores niveles de servicio. Lo anterior puede significar impactos en el desempeño de los inventarios a lo largo de la cadena de abastecimiento (Lee et al., 1997 citado por Kim et al., 2005) que se relaciona en la literatura con el efecto bullwhip o efecto látigo en el pronóstico de la demanda.

La política de inventario tradicional de ordenar y suplir, ofrece condiciones desfavorables para los proveedores, debido a que no conocen la demanda de los clientes y ocasionan sobre inventario o rupturas indeseables, tal y como lo mencionan Kwak, Choi, Kim, y Kwon (2009). La coordinación entre los miembros de la cadena, es una de las estrategias utilizadas para mitigar este riesgo y que permite la reducción de los costos asociados al inventario y el cumplimiento de los niveles de servicios deseados. La coordinación permite satisfacer los objetivos de minimización de costos y oportunidad en el suministro a los clientes, dado que

mejora los tiempos de entrega y crea confiabilidad, como producto de una cooperación en los eslabones aguas arriba y aguas abajo en la cadena (Lin, Jonas & Wang, 2010).

Por otra parte, la coordinación en la cadena se relaciona con el proceso de toma de decisiones que depende de la estructura de la misma; al respecto autores como Cannella, Ciancimino, Framinan y Sthepen (2010) hacen referencia a los cuatro arquetipos de la cadena de abastecimiento, clasificándoles como: cadena de suministro tradicional, donde cada miembro toma sus decisiones de manera independiente; cadena de suministro a información compartida, donde todos los miembros tiene acceso a la demanda del mercado, pero toman decisiones de manera independiente; cadena de suministro con pedido gestionado con el proveedor, donde las decisiones sobre la cantidad de pedido las toma el proveedor, y finalmente la cadena integrada, donde las decisiones se toman de manera compartida.

El Inventario Administrado por el Proveedor (VMI por sus siglas en inglés -Vendor Managed Inventory-) es un sistema de control de inventario en un escenario de colaboración, en donde el inventario es controlado, planificado y administrado por el vendedor a nombre de la organización que lo consume, basándose en la demanda esperada y en los niveles de inventario mínimos y máximos que son previamente calculados (Blatherwick, 1998).

La cadena de abastecimiento frutícola objeto de esta investigación ofrece una complejidad importante en torno a su configuración. Está conformada por pequeños productores muchos de ellos dispersos que no logran consolidar su oferta a los intermediarios y comercializadores del producto, lo que hace ineficiente la cadena. En este contexto, la cadena de abastecimiento que se estudia es analizada en este documento desde el enfoque de cooperación, considerando

la administración de los inventarios desde un centro de acopio propiedad de los pequeños productores, como estrategia de consolidación de la oferta y la inclusión en una cadena para la comercialización, bien estructurada.

Para el desarrollo de la propuesta se considera una cadena de abastecimiento de dos eslabones, conformada por un centro de acopio propiedad de los pequeños productores y un cliente detallista. Se realiza el proceso metodológico desde un enfoque mixto descriptivo, en cuyo desarrollo se presentan inicialmente la identificación de la problemática, la justificación, objetivos y antecedentes del tema; se hace la presentación de una propuesta para manejar el inventario desde el enfoque VMI, se desarrolla el modelo matemático, se obtienen resultados, se realiza el análisis para finalmente presentar las conclusiones y recomendaciones respectivas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es un territorio reconocido por su gran capacidad para el desarrollo agrícola, pues cuenta con casi 14 millones de hectáreas aptas para la agricultura, unas inmejorables condiciones edafoclimáticas para la producción de alimentos, y un valioso capital humano para trabajar la tierra. En relación a la producción frutícola del país, ésta sigue en alza, pues se pasó de producir 8.2 millones de toneladas de frutas y hortalizas en 2011 a 1.1 millones en 2016, lo que representa un aumento del 25% (El País.com.co, 2017).

Por departamentos, el Valle del Cauca, Antioquia, Nariño, Tolima, Cesar y Cauca, constituyen el 42% del área con cultivos de frutas, lo cual se convierte en una ventaja competitiva para la región, tal y como lo señala la Asociación Hortofrutícola de Colombia, Asohofrucol (2014). La cuota productora a nivel nacional que aporta el departamento del Valle del Cauca, lo ubica como el segundo en el país, con unas 600.000 toneladas de frutas al año, tal y como se desprende del balance presentado por Asohofrucol (El País.com.co, 2017).

Con base en lo anterior, se evidencia que en este sector se requiere la mediación de los agentes participantes en su cadena, en procesos como: recolección, transporte, almacenamiento y distribución de los productos perecederos, que en gran parte obedece a productores en pequeña escala, quienes en muchas ocasiones no cuentan con los medios económicos o una estructura robusta que les permita financiar el desarrollo de un sistema de control de inventario.

Es claro que los pequeños productores requieren de asistencia técnica y acceso a financiamiento en su proceso productivo, lo que genera que en la mayoría de los casos, no alcancen a pagar los costos de ello, además, el aspecto logístico incide fundamentalmente en la estructura de costos de la cadena agroalimentaria, lo cual puede variar según la estructura de dicha cadena y del sistema logístico, siendo un caso crítico para los productos perecederos, como las hortalizas o las frutas frescas (Orjuela, Morales y Mejía, 2017).

Por otra parte, Vianchá (2014) señala que la cadena de suministro frutícola difiere de las otras cadenas, debido a la importancia que tienen factores como la variabilidad del clima, la calidad de los productos, la seguridad alimentaria, el manejo de productos perecederos y los ciclos de vida, la variabilidad de la demanda y los precios, la disponibilidad de trabajadores, el rendimiento del cultivo, los costos laborales y los asociados al acopio de los productos, el volumen, la ubicación y la estacionalidad, el uso de medios de transporte eficientes que proporcionen un equilibrio entre el tiempo para llegar al mercado y el costo, el manejo pos cosecha de los cultivos, el grado de madurez del producto, el tiempo máximo para la entrega, la disponibilidad de los productos y los costos de entrega.

Lo anterior supone una serie de factores a tener en cuenta en este sector, encontrando que para el caso de la cadena de abastecimiento frutícola en el Valle del Cauca, ésta aún se halla desarticulada no obstante haber avanzado en diferentes aspectos dentro del Plan Frutícola Nacional (Gobernación del Valle del Cauca, 2006) y la priorización que con base en éste se hiciera en el departamento; pues esta desarticulación representa mayores costos en materias primas, transporte, fabricación, distribución y almacenaje, y en cuanto a gestión de inventarios, genera una mala gestión de los mismos, lo cual genera condiciones de saturamiento o desabastecimiento.

Esta situación, que se configura como una gran problemática para el sector, y los objetivos del Plan Frutícola a nivel departamental, supone una falta de colaboración entre los actores de la cadena de suministro, ya que cada miembro de manera individual, busca su beneficio y no el bien colectivo, pues muchas veces están por encima los intereses de las compañías, y no se comparten estrategias al respecto, sea por asuntos de competencia, por deficiencias tecnológicas, problemas culturales y estructurales, falta de visión de los administradores, entre otros, que no generan beneficios de forma global sino particular.

En las cadenas de abastecimiento el inventario de productos resulta ser una actividad primordial en el desarrollo de las operaciones, por esto se considera necesario obtener un sistema que permita controlar el manejo de inventarios, teniendo como resultado un adecuado almacenamiento, control de existencias físicas, información de entradas y salidas, conciliación con registros, conteos físicos periódicos, soportes de resultados, los costos de mantener el inventario los costos de pedido y alistamientos que se utilizan para tener pleno control de los inventarios.

El problema surge para la cadena de suministro frutícola que radica en la falta de integración entre las partes que intervienen sobre un inventario colaborativo, por tal razón Danese (2006) menciona que “los beneficios producidos por la colaboración en inventarios son la reducción de los niveles de productos, disminución del número y frecuencia de agotados, y el incremento en la disponibilidad de los inventarios a los clientes, lo cual incrementa el nivel de servicio.”

Todo lo antes descrito, crea en el investigador el siguiente interrogante ¿Cuál es el impacto de un Modelo de Control de Inventario Colaborativo (VMI) para una cadena de abastecimiento citrícola de tres eslabones, que agrupa a pequeños productores que poseen un centro de acopio?

2. Justificación

Las cadenas de abastecimiento desempeñan un rol importante en cualquier compañía, pues las condiciones del mercado y los consumidores, imponen mayores exigencias, especialmente en cuanto al nivel del servicio, y la calidad del producto, lo cual determina desde las administraciones la búsqueda de estrategias que satisfagan cada vez más y en el menor tiempo, todas las necesidades del cliente, sin que ello represente más costos y menor rentabilidad (Cannella et al., 2010).

En una cadena de suministro, generalmente se aplica un sistema de control de inventarios tradicional, en el que de acuerdo con Montenegro, Pulido y Palacio (s.f.) el comprador y vendedor toman decisiones de forma independiente y no comparten información entre ellos, lo que permite que haya pérdida de producto por desconocimiento de la demanda real, pues trabajan con demanda estimada, siendo el comprador quien determina el precio de venta y la cantidad de pedido con el conocimiento de la demanda del mercado y los costos; para el proveedor, el precio de transferencia y la tasa de producción, se determinan con base en la información entregada por el comprador acerca de la cantidad de pedido y los costos.

Por el contrario, uno de los beneficios más importantes del VMI para el proveedor, es que al obtener la información del mercado por parte del comprador en tiempo real, se vuelve capaz de alinear sus procesos productivos a la demanda del cliente, y es más eficiente en las actividades que conforman su cadena productiva, tales como los procesos administrativos de compra, pronósticos, y nivel de faltantes, y de esta forma, el VMI puede eliminar los impactos negativos de trabajar en lotes, y mitiga el llamado efecto látigo (Claassen, Van Weele y Van Raaij, 2008).

Adicional a ello, el VMI genera para el proveedor la coordinación de existencias mediante la administración de inventarios; para proveedor y comprador, posibilita la reducción de agotados, de órdenes modificadas, de costos financieros, la simplificación en la planeación de la producción y en los procesos de compra, elimina tiempos y costos asociados con tareas administrativas, incrementa ventas, y disminuye nivel de inventarios y pedidos pendientes, todo lo cual hace que el costo total del mantenimiento de los inventarios, disminuya de una manera apreciable. Otro aspecto que genera ventajas, es que aumenta la cuota de mercado por el mejoramiento del proceso de entrega, en la medida en que la cadena de abastecimiento incrementa su sofisticación e integración.

Son diversas las ventajas y beneficios que conlleva la implementación de este modelo, razón por la cual la pertinencia del presente estudio, radica en que con el diseño de un modelo VMI, especialmente para el renglón de los cítricos del sector frutícola importante para la economía regional y nacional, se pueden generar soluciones aplicables en este ámbito, al igual que en otros entornos, donde igualmente este sector tiene gran relevancia económica, pues claramente al permitir que los proveedores manejen el inventario, se reduce el número de intermediarios en la cadena de abastecimiento, aumentado así la visibilidad común de la cadena, y reduciendo los niveles totales del inventario a lo largo de la ésta, como bien lo refiere Blatherwick (1998).

Es claro que los cambios globales desde diferentes perspectivas (económicas, políticas, tecnológicas, ambientales), inducen a los diferentes sectores de la producción (agricultura, manufactura, industria, servicios, turismo, entre otros) a alcanzar mayores niveles de competitividad frente a un mercado y consumidores, cuyas exigencias en temas de tiempo,

calidad y costos, son los que deben marcar la diferencia entre las empresas y todo lo que ofrecen a un cliente final.

La relevancia socioeconómica del estudio que se adelanta, radica en que, dentro del análisis de las posibles políticas de administración de inventarios en la cadena de abastecimiento de los cítricos, es claro que adoptar una política conjunta para los productores, supone un ahorro en el costo total del sistema como resultado de un proceso de negociación. Se observa a partir de información recabada entre algunos pequeños productores, que cuando se trata de bienes estratégicos, el comprador está muy dispuesto a darle al proveedor la información necesaria, caso contrario cuando se trata de productos básicos. De igual forma se encontró, que el costo por mantenimiento de inventario lo asume el socio menos poderoso, lo que determina que los beneficios del VMI se pueden traducir en términos de tiempo, costos de la cadena, y de subcontratación de producción; cuando se evita, los beneficios quedan representados en el ahorro por el sobre costo por unidad, gracias a la brecha de los costos entre una cadena VMI y una tradicional.

Desde la importancia práctica de la formulación del modelo, a partir del conocimiento adquirido, es imprescindible que el VMI sea un proceso de colaboración desarrollado en un ambiente de confianza y una adecuada inversión en estructura tecnológica y organizativa, que soporte el sistema de administración de los inventarios de la cadena, donde lo primordial sea un objetivo común: la maximización de los beneficios y la minimización de los costos de ambos actores, es decir, de productores y compradores por medio de la cooperación.

El desarrollo de tecnologías de plataformas con el sistema VMI, proporciona acceso a productores y compradores en la cadena, que permite desarrollar procesos sobre la gestión de inventario, como criterios, notificaciones y alertas, pedidos electrónicos e información; ésta, basada en la web, tiene como finalidad reunir y procesar en una central virtual, los datos estadísticos, calcular pronósticos de ventas y generar previsiones a lo largo de la cadena de suministro (Chang, et al., 2009 citados por Montenegro et al., s.f.).

Es por todo lo antes mencionado, que el presente trabajo se justifica desde varias perspectivas, dado que puede favorecer el aumento en la competitividad de la cadena citrícola de la región y del país, pues al utilizar estrategias que mejoran la administración de los inventarios, se disminuye el costo en el manejo de los mismos, previniendo una fluctuación en el precio de los productos, una mejora en la logísticas, reducción de los costos en su mantenimiento, y una articulación integrada en los eslabones de la cadena, que de manera integral redundan en beneficios para los productores y consumidores.

3. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Proponer un modelo de control de inventarios bajo el enfoque VMI en una cadena de abastecimiento citrícola del centro del Valle del Cauca de tres eslabones, conformada por pequeños productores - centros de acopio – clientes, con el fin de reducir los costos asociados a la cadena.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema actual de gestión y control del inventario en la cadena de suministro citrícola del centro del Valle del Cauca.
- Establecer los lineamientos de aplicación de la estrategia del VMI, con base en las características de la cadena de suministro objeto de estudio.
- Definir un modelo matemático bajo el enfoque VMI para el caso de estudio de una cadena de abastecimiento citrícola.
- Realizar un análisis de sensibilidad con los variables más críticas del modelo.

4. ANTECEDENTES

El manejo y control de los inventarios ha sido y sigue siendo motivo de diversas investigaciones, razón por la cual se relacionan a continuación, tanto en el ámbito nacional como internacional, algunos estudios que conforme a su afinidad y relación con el tema que se adelanta, permiten una comparación con los resultados finales.

Crosato, Allyosha y Soriano Valdivia (2016) con el trabajo de maestría Propuesta de mejora del proceso de aprovisionamiento de materiales consumibles y suministros en una empresa de servicios petroleros, tuvieron como objetivo general obtener una reducción de costos y gastos en el área de aprovisionamiento y gestión de inventarios para los materiales consumibles y repuestos en una empresa del sector en Perú, mediante la implementación de un sistema colaborativo. La metodología utilizada se basó en el análisis de indicadores mediante el tablero de gestión estratégica y el análisis de procesos, identificando cuatro problemas principales asociados con la gestión de cadena de suministro: el porcentaje de requisiciones sobre productos petroleros de catálogo, los días de inventario, el costo de ordenamiento por orden de compra, y el tiempo de aprovisionamiento.

El análisis operativo y financiero realizado al modelo en un periodo de cinco años, que mostrara los ahorros generados por la disminución de inventarios, variación de precios de compras y costos de ordenamiento en diferentes escenarios, partió de un comparativo entre la situación actual mejorada frente a la puesta en marcha del proyecto de implementación del VMI, con la finalidad de cuantificar el impacto económico de dicha propuesta. Con la implementación de VMI, se evidenció una disminución gradual del inventario inmovilizado

y un saldo de inventario no consumido nulo para los próximos periodos, esto debido a que el stock sería asumido por el proveedor desde el lanzamiento del sistema. Sin embargo, al trasladar el riesgo al proveedor bajo un sistema de consignación, conforme al VMI éste realizará un incremento de precios de catálogo para mantener los niveles de cobertura según la política de la empresa. Para este caso y según cada escenario, los precios de los artículos MRO no críticos (Mantenimiento, Reparación y Suministros de Operación) tendrían un incremento de 15% en el escenario pesimista y de 10% en un escenario optimista frente al escenario actual. A diferencia la situación actual mejorada que tendría una disminución del 5% frente al escenario actual.

Por otra parte, con la implementación de VMI también se considera una reducción de por lo menos 50% de los costos de ordenamiento bajo la situación actual. Sin embargo, considerando un nuevo modelo de abastecimiento mejorado, se asumen los mismos valores para el cálculo.

González en Reducción del efecto látigo en la cadena de suministro de la empresa Labiofam Villa Clara, con un modelo que sigue una filosofía Vendor Management Inventory (VMI), tuvo como objetivo disminuir el impacto del efecto látigo en el eslabón de la cadena de suministro entre el almacén y los puntos de ventas. En el desarrollo de la investigación, partió de analizar el producto de mayor impacto sobre los costos de almacenamiento y su rotación, lo que fue comparado con la posterior aplicación del modelo VMI, demostrándose la reducción del efecto. Para llegar a los resultados obtenidos fue necesario emplear técnicas de pronóstico de demanda, determinación del tamaño del lote, entrevistas con personal del centro, observación directa y consulta a documentos.

De acuerdo a los resultados, el autor concluye que mediante el modelo propuesto la reducción del impacto del efecto látigo es significativa debido a que se acerca más a 1 aunque el indicador sigue por debajo de 1; lo que significa que la demanda real varía mucho más de lo esperado. El impacto es reducido por el modelo, ya que las cantidades pedidas se acercan más a esta realidad haciendo favorable su implementación por parte de la empresa; además, el efecto látigo se ve afectado positivamente solo con la implantación del modelo; por lo que de aplicar medidas al respecto, este deberá seguir disminuyendo para beneficio de la empresa.

Lin, Jonas, & Wang (2010) explican la utilización de la política de inventario integrada (VMI) al tener en cuenta al productor, al distribuidor y al minorista, costo que en conjunto es mucho menor que el de las políticas individuales. Además, este estudio ha examinado el impacto de diferentes tasas de deterioro de una cadena de suministro de tres niveles con políticas de inventario de reposición. Se ha demostrado empíricamente que la función de costo conjunto es convexa a las tasas de deterioro de los productos.

Por otro lado, explican los autores que el ahorro de la política de inventario integrado es hasta en un 109.69% para la reducción de costos de las políticas individuales. La política de compensación se aplica a la reducción de costos y las pérdidas por beneficios. Además, a partir del análisis de sensibilidad, el porcentaje de cambio de costos de integración es sensible al deterioro de las tasas del productor, distribuidor y minorista en diferentes grados y en diferentes situaciones. Estos parámetros deben ser tratados con cuidado y equidad en la práctica.

Sin embargo, el modelo propuesto puede tener muchas aplicaciones potenciales en una cadena de suministro de múltiples escalones. Mediante el mecanismo de coordinación propuesto, el tiempo y las cantidades de entregas se pueden determinar de forma óptima en cooperación con los miembros ascendentes y descendentes para lograr un costo global mínimo. Además, muchas industrias con cadenas de suministro de múltiples niveles sufren una gestión de inventario.

Por su parte en Colombia, Orjuela, Morales y Mejía (2017) en el desarrollo de su artículo ¿Cuál es la mejor cadena de suministro para frutas perecederas, lean o ágil? evalúan la estructura de la cadena del mango en Cundinamarca-Bogotá; utilizaron un método de simulación continua, bajo el paradigma de dinámica de sistemas, evaluando la estructura que poseían frente a las cadenas lean y ágil. Las estructuras se estudiaron respecto a las medidas de desempeño de calidad, capacidad de respuesta, operaciones logísticas y costos, obteniendo los datos de entrada del análisis de la oferta (DANE y Agronet, Colombia), la demanda obtenida de la encuesta ENSIN (2005 y 2010), el comportamiento logístico a partir de la aplicación de encuestas en 2015 a 20 tenderos, 15 en comerciantes de plazas de mercado, siete mayoristas de Corabastos, ocho transportadores y 20 en agricultores.

Si bien los resultados encontrados no permiten definir una estructura para la cadena de suministro del mango, si muestran que la adopción de cualquiera, lean o ágil, mejoran el desempeño de la cadena actual. No obstante, depende de la estrategia definida por los agentes de la cadena, es el caso de los que quiere mayor eficiencia deberán emplear lean, mientras los interesados en una mayor capacidad de respuesta, la adecuada es la ágil. En lo que respecta a las pérdidas, la cadena de suministro ágil las disminuye frente a las derivadas de

la perecibilidad; mientras las cadenas lean, respecto a las generadas por la operación logística. Las ventajas relativas encontradas en este estudio, plantean la necesidad de evaluar cadenas combinadas ágil-lean.

Castañeda y Cardona (2016) en su trabajo de grado Modelo de gestión de inventarios para la cadena de abastecimiento agroindustrial frutícola de Colombia, con base en el objetivo de diseñar un modelo de gestión de inventarios para la cadena de abastecimiento agroindustrial frutícola de Colombia, que permita mejorar el desempeño de este proceso logístico en la cadena; para ello utilizaron una estructura metodológica que permitió obtener información primaria y secundaria acerca de los temas, variables y planteamiento de modelo matemático.

Con esta construcción y a través del modelamiento del sistema de gestión de inventarios para la mora y el mango, frutos con condiciones de perecibilidad y cosecha diferentes, se obtuvieron resultados óptimos de tiempos de reposición, tamaño de lote de cosecha y orden, que permitieron mejorar el desempeño logístico de las cadenas de abastecimiento agroindustriales estudiadas. Presentan dos modelos, uno con política pull cuando se considera una alta oferta y otro con política push cuando se presenta una cosecha baja, integrando los costos de inventario de un eslabón agricultor, mayorista, agroindustria, hipermercado, minorista y vivandero de las cadenas de abastecimiento de mora y mango de Cundinamarca, obteniendo como resultado una reducción en los costos logísticos de mantenimiento de inventarios, pérdidas por deterioro, costo de ordenar y de cosecha para el agricultor de fruta fresca.

También fue estudiado el impacto de las tasas de deterioro de un fruto climatérico frente a otro no climatérico, en las diferentes etapas de la cadena de abastecimiento, y a través del método de convergencia, se midió el efecto sobre las decisiones de orden, evidenciando que con menores tasas de deterioro, se presenta un mejor comportamiento en los costos, tiempos de ciclo y cantidades de reaprovisionamiento, lo que sugiere que con buenas prácticas agrícolas, cadenas de frío y atmósferas modificadas que permitan disminuir la tasa de respiración de las frutas, se obtendrán cadenas más eficientes, consiguiendo ventajas para todo el sistema y disminuyendo los costos de los actores participantes en cada etapa.

Arango, Adarme y Zapata (2013) en su artículo Inventarios colaborativos en la optimización de la cadena de suministros, tuvieron como objetivo realizar una revisión de la colaboración en el manejo de inventarios, a partir de modelos de inventario colaborativos encontrados en la literatura científica, analizando con ello los obstáculos más frecuentes para su aplicación y proponiendo algunas alternativas para eliminar dichos obstáculos.

A partir de dicha revisión, encuentran los autores que si bien la colaboración en la cadena de suministros es una estrategia que permite mejorar el desempeño de las empresas mediante acciones conjuntas para obtener sinergias que las llevan a reducir costos, mejorar la satisfacción de los clientes y hacer frente a los retos de competitividad requeridos para ser exitosos en el entorno actual, también determinan que son varios los obstáculos que se presentan y que no siempre la estrategia genera los resultados esperados.

Lo anterior radica básicamente en aspectos como la falta de capacidad de comunicarse eficientemente, por deficiencias tecnológicas, problemas culturales y estructurales, falta de

visión de administradores que no ven los beneficios de forma global sino particular; razón por la cual, establece el grupo investigador, que a la par de la implementación del modelo, las empresas deben ejecutar estrategias de colaboración que faciliten el desarrollo de mecanismos para resolver los obstáculos anteriormente mencionados y otros que puedan surgir en cada contexto, todo ello sobre la base de una buena formación de profesionales, establecer una filosofía institucional e incorporar mecanismos que velen por el mejoramiento de los procesos de comunicación.

Con estos resultados, es preciso tener en cuenta los posibles obstáculos que han de surgir en el diseño y posterior implementación del modelo que aquí se elabora, de tal manera que se prevengan posibles afectaciones a la cadena frutícola y con ello al desempeño que se espera cumpla dentro de la economía regional y nacional. Adicional a esto, se puede comprender que el elegir una cadena de suministros depende del producto y diversos factores, además de que, en todos los casos, no se logran cubrir todos los frentes de una problemática, buscando siempre seleccionar la mejor estrategia de acuerdo a cada estructura.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 Marco teórico

Para una mejor comprensión de la problemática y su contexto, se tienen en cuenta las siguientes dimensiones que ahondan en temas relevantes para el estudio, todo ello desde la perspectiva y análisis de diferentes autores.

5.1.1 Cadena de suministros. Conocida en inglés como supply chain, constituye una red de instalaciones y medios de distribución que tiene por función la obtención de materiales, su transformación en productos intermedios y productos terminados, y la distribución de éstos a los consumidores, cuyos objetivos se enfocan en a) promover un adecuado servicio al consumidor final; b) entregar los productos en tiempo, forma y calidad; c) generar capacidad de entrega de la variedad de los productos y d) alcanzar un balance adecuado (Tarín, García, Hernández y Zamarripa, 2008).

Para cumplir con dichos objetivos, Tarín et al., (2008) señalan que una cadena de suministros consta de tres partes: el suministro, que refiere cómo, dónde y cuándo conseguir y suministrar las materias primas; la fabricación, que implica la conversión de las materias primas en productos terminados, y la distribución que conlleva llevar los productos finales al consumidor a través de una red de distribuidores, almacenes y comercios minoristas.

En el contexto de las transformaciones socioeconómicas, culturales y tecnológicas que se han generado desde la globalización y nuevas tendencias del mercado, las cadenas de suministro están atravesando un proceso en el que, se les impone una mayor presión respecto a indicadores como niveles de servicio, puntualidad, fiabilidad y flexibilidad, tiempo, y especialmente, sobre los costos que se producen dentro del desarrollo logístico, todo esto marcado por la extraordinaria competitividad; todo lo cual y ante la necesidad de lograr esa imperante competitividad en todos los sectores de la producción, tanto de bienes como de servicios, requiere mejoras en el proceso de abastecimiento que supone, entre otros, utilizar las tecnologías adecuadas, adoptar estrategias de transporte y comunicaciones cuya gestión

del sistema logístico cree una elevada eficiencia, así como otorgarle un papel significativo a los costos finales de los productos (García, 2016).

Con base en lo anterior, y como bien lo señalan Tarín et al., (2008) una cadena de suministros debe operar de manera coordinada para que sea eficiente y efectiva, respondiendo a procesos en los que se involucran la planificación, el aprovisionamiento, los pedidos de emergencia, el cumplimiento, el traslado y despacho, y el proceso de análisis de existencias, seguimiento de fallas en componentes, recepción y administración de inventarios, facturación y emisión de recibos, administración de garantías y procesamiento de pagos, durante todo lo cual se crean unas funciones en la cadena, descritos por Tarín et al, como:

- Administración del portafolio de productos y servicios: constituye la oferta que la empresa hace al mercado, a partir de lo cual se diseña y ejecuta la cadena.
- Servicio a clientes: es responsable de conectar la necesidad del cliente con la operación interna de la empresa, de tal manera que al visibilizar los compromisos adquiridos mediante ordenes de pedido procesadas, la organización proceda a responder para satisfacer la demanda del cliente
- Control de producción: se deriva de las políticas particulares de servicio que tenga la empresa, y conforme a la demanda, se encarga de programar la producción interna para generar la actividad de abastecimiento de insumos.
- Abastecimiento: es responsable de proveer los insumos necesarios para satisfacer las necesidades de producción (materia prima y/o materiales) cuidando los tiempos de entrega de los proveedores y los niveles de inventario de insumos.

- Abastecimiento: se encarga de custodiar insumos y producto terminado (en algunas organizaciones solo producto terminado), hacerlo llegar a los clientes y/o a su red de distribución.

Con base en anteriormente descrito, se infiere entonces que una cadena de suministros representa lo que Camacho, Gómez y Monroy (2012) definen como una secuencia de eslabones cuyo objetivo principal es satisfacer competitivamente al cliente final, de tal manera que cada eslabón produce y elabora una parte del producto y, a su vez, cada producto que es elaborado, agrega valor al proceso. Encontrando que en ello se generan oportunidades para la empresa, dentro de la cadena, en relación a una mayor habilidad para satisfacer los requerimientos de los consumidores, identificar las necesidades para mejorar el desempeño del negocio, generar equipos interfuncionales, reducir o eliminar las actividades que no generan valor agregado, y especializarse en las diferentes posiciones de la compañía (Tarín et al., 2012).

Adicional a lo anterior, se hace oportuno mencionar que frente a las ventajas y beneficios que crea para las empresas una cadena de suministros, donde cada eslabón o proceso es de suma importancia para el siguiente paso, ésta, independientemente del sector de la producción a la cual pertenezca, contiene unas características y principios, que Tarín et al, relacionan a saber:

Características de las cadenas de suministro

- Es dinámica ya que implica un flujo constante de información, productos y fondos entre las diferentes etapas.

- El cliente es su parte primordial y propósito fundamental en quien se busca satisfacer sus necesidades.
- Involucra flujos de información, fondos y productos.
- Abarcar varias etapas que incluyen a los clientes, detallistas, mayoristas/distribuidores, fabricantes, proveedores de componentes y materias primas.
- Cada una de sus etapas se conecta a través del flujo de productos, información y fondos.
- El diseño apropiado de la cadena de suministro depende de las necesidades del cliente como de las funciones que desempeñan las etapas que abarca.

Principios de las cadenas de suministro

- Segmentar los clientes conforme a las necesidades de servicio de los diferentes grupos y adaptar la cadena para servir a estos mercados rentablemente.
- Adecuar la red de logística a los requerimientos de servicio y a la rentabilidad de los segmentos de clientes.
- Estar atento a las señales del mercado y alinear la planeación de la demanda en consecuencia con toda la cadena de suministro, asegurando pronósticos consistentes y la asignación óptima de los recursos.
- Buscar diferenciar el producto lo más cerca posible del cliente.
- Manejar estratégicamente las fuentes de suministro.
- Desarrollar una estrategia tecnológica para toda la cadena de suministros.
- Adoptar mediciones del desempeño para todos los canales.

5.1.1.1 Cadena de suministro colaborativa. García (2016) tiende a considerar que quizás uno de los motivos por los cuales las cadenas de suministro no son eficaces, es debida

a una deficiente utilización de los activos de la organización, como, enviar camiones a media carga, almacenes dedicados con bajo movimiento, entregas urbanas realizadas por múltiples proveedores al mismo cliente, entre otros, que definen una necesidad de colaboración entre los distintos agentes de la cadena, a fin de ahorrar costos, mejorar el servicio y alcanzar la competitividad que la globalización impone, pues ya sea la colaboración vertical (dentro de la misma cadena de suministro o interna), como horizontal (otras cadenas de suministro o empresas competidoras), ésta permite compartir información (planificación colaborativa), así como compartir recursos (García, 2016); pues se trata de responder ante la presión del mercado y los clientes, y esto es posible mediante alternativas de solución conjunta con otras empresas (Ribas, 2016).

Entre esta variada forma de planear las decisiones estratégicas de la empresa, en la cadena de suministro la colaboración conjunta frente a la demanda, planeación y programación de la producción, los esquemas de contratación y mecanismos de distribución, permite alinear a todos los miembros en cuanto a reabastecimiento, inventarios, colocación y entrega de las ordenes, entre otros, pues en la medida que la cadena evoluciona hacia redes de demanda, con una diversidad socios internos y externos, más dinámicos, comprometidos y dispersos globalmente, la empresa mejora sus procesos, lo cual contribuye a un mayor y eficaz desempeño organizacional (Thalbauer, 2014; Herrera, 2014).

Acerca del intercambio de información como herramienta, resulta de gran importancia para enfrentar los problemas más frecuentes de la cadena de suministro, bien sean los niveles de inventario excesivos o los niveles de servicio bajos, logrando, entre otros, erradicar posibles incertidumbres frente al comportamiento inesperado de la cadena, mejorar la

relación entre los agentes, optimizar su rendimiento y servir mejor a los consumidores finales, pues así se conocen mejor las tendencias de información financiera, las necesidades del mercado, el desarrollo de nuevos productos y el desarrollo de relaciones significativas a largo plazo (Ryu et al., 2009; Christopher, 1998; Berry & Naim, 1994; Stadtler, 2000 citados por Herrera, 2014)).

Frente a esta utilidad y apoyo que representa para las empresas la colaboración en las cadenas de suministro en aspectos relevantes como el manejo de inventarios, la calidad del servicio, entre otros, y consecuentemente con su productividad, Ribas (2016) plantea cinco razones básicas que determinan la necesidad de encaminarse hacia esta estrategia:

- Sostenibilidad medioambiental: La presión que cada vez se ejerce más para reducir la huella de carbono, el uso responsable de los recursos convencionales, y adoptar energías renovables, determina que las empresas deban seguir avanzando hacia mejores resultados en sus cadenas de suministro, incluso habiendo explotado la totalidad de oportunidades internas existentes.
 - Eclosión del Big Data^{**}: Las tecnologías actuales van a permitir predecir con mayor precisión los eventos a los que las cadenas de suministro tendrán que dar respuesta. Las oportunidades se generan de compartir datos entre diferentes empresas y del análisis conjunto de sus resultados.
 - Avances tecnológicos: El desarrollo digital va a seguir reduciendo los costos de las comunicaciones y la coordinación de actividades, por lo que será más fácil encontrar
-

soluciones externas que desarrollarlas internamente, lo cual conlleva el desarrollo de modelos de cadena de suministro con un nivel de colaboración e, incluso, de creación mucho más sofisticados de los que existen hoy en día.

- Incremento de referencias. Con el auge de Internet el precio de los artículos cada vez es más transparente, lo que permite desmarcarse de la competencia mediante una diferenciación de producto que en ocasiones es preferible hacer en etapas posteriores a la producción, en el transcurso de las operaciones logísticas.
- Auge de la economía colaborativa. En el contexto de las nuevas realidades empresariales globales se encuentra una infinidad de recursos infrautilizados, lo cual incentiva la creación y adopción de otros modelos de negocio para compartir productos o servicios, lo que supone una gran evolución e implicaciones para las cadenas de suministro.

De acuerdo con Ribas y Companys (2007) y frente a la diversidad de negocios que en la actualidad rigen el mercado global, en los que la disponibilidad de materiales y servicios deben sincronizarse permanentemente, se debe buscar que dicha sincronización se genere entre los diferentes socios de la cadena de suministro a fin de lograr unas formas de colaboración, que los autores definen como:

- Estimación colaborativa de la demanda, permite hacer una previsión consensuada entre los diferentes departamentos de una empresa o entre las diferentes empresas involucradas en la cadena de suministro conectando entre sí el proceso de previsión de los diferentes dominios de planificación.
- Compra colaborativa, permite conectar el proceso de planificación con el dominio de planificación del proveedor, informando por ejemplo en el medio plazo, sobre las

limitaciones de suministro de material, y en el corto, los desajustes en el plan de compra consensuado que pueden afectar a los programas de producción.

- Inventarios colaborativos, permite mediante el Vendor Managed Inventory -VMI- que el proveedor se encargue de vigilar el nivel de inventario del cliente; así éste planifica sus necesidades de materiales a través de la previsión de ventas del cliente y el nivel de inventario deseado. De esta forma, el cliente se olvida del proceso de compra a cambio de facilitarle la información necesaria, y el proveedor puede diseñar su plan de materiales en sincronía con las necesidades de su cliente.
- Capacidad Colaborativa, permite consensuar el plan de capacidad contratado o disponible con sus clientes. Si un productor puede subcontratar parte de su producción a otro productor, deseará saber con qué capacidad puede contar y el proveedor deseará saber qué plan de producción tiene previsto contratarle para asegurar un nivel de carga determinado; normalmente ambas partes negocian un nivel mínimo y máximo de capacidad.

Ahora bien y con base en la información antes descrita, se encuentra que existen diferentes modelos o procesos colaborativos en la cadena de suministro, encontrando entre otros, Respuesta Rápida (*QR: Quick Response*), Estrategia de Reaprovisionamiento Eficiente (*ER: Efficient Replenishment*), Reaprovisionamiento Continuo (*CR: Continuous Replenishment*), y el Modelo de Inventario Manejado por el Vendedor, en inglés Vendor Managed Inventory –VMI-, en el cual se centra el interés del presente estudio.

5.1.2 Vendor Managed Inventory -VMI-. Si bien es cierto que pueden encontrarse gran variedad de conceptos y definiciones para el término, Arango, Zapata y Adarme (2011) lo

describen como un “sistema que se puede informatizar para la gestión de inventarios y de la cadena de suministro, donde el proveedor es el responsable de tomar las decisiones acerca de la cantidad de inventario de reposición” (p. 23). Lo cual determina que el vendedor/proveedor asume las tareas de generar pedidos de compra para el reabastecimiento del cliente, contando con la autorización de la dirección de la empresa con la cual tiene relaciones comerciales.

En términos generales, este modelo conlleva que el proveedor al gerenciar los stocks en la cadena, puede programar mejor sus operaciones, dados los altos costos de oportunidad de mantener los stocks, o porque sus operaciones de producción y de distribución son intensivas en costos fijos; además, el asumir esta responsabilidad le permite mantener los niveles de inventario y las cantidades ordenadas para sus clientes, facilitando automáticamente la coordinación de la cadena de suministro. Lo cual ha demostrado un mejor funcionamiento del modelo frente a los sistemas tradicionales de la cadena de suministros y la respuesta Justo a Tiempo de gran importancia en las condiciones actuales del mercado. No obstante, su efectividad y beneficios se logran mediante una completa integración de los agentes que conforman la cadena (Marroquín et al., 2008; Arango et al., 2011; Villa et al., 2011).

Por su parte, Jiménez (2005) señala que el VMI constituye un arreglo entre el propietario de los bienes (consignador) el cual deposita sus productos en el sitio de su socio comercial (consignatario) para su uso o venta, lo cual implica el uso de sistemas de información entre todos los actores de esta cadena, teniendo el proveedor la libertad de tomar las decisiones de reabastecimiento “río abajo” sobre las cantidades y tiempo de suministro en lugar del cliente.

En este proceso, Zanoni y Zavanella (2003 citados por Jiménez, 2005) refieren que, en la estructura de costos de una política de consignación, el costo de inventario por unidad (h) está constituido por dos componentes principales: uno financiero h_{fin} , y otro de almacenaje h_{alm} . Bajo un acuerdo típico de suministro, el proveedor (V) no posee costos por inventario después de entregar los bienes al cliente (B); es decir, se encuentra en una situación donde $h_{fin}^V + h_{alm}^V \leq h_{fin}^B + h_{alm}^B$, principalmente por el componente financiero, el cual aumenta “río abajo” de la cadena de suministro. Por el contrario, en el contexto de la estrategia VMI, el consignador (proveedor) soporta los costos financieros correspondientes, mientras que el cliente los de almacenamiento.

En todos los artículos se encuentra que esta herramienta ofrece múltiples beneficios tanto para el proveedor o productor, como para el comprador; en consecuencia, Aparajit (2005 citado por Arango et al., 2011) presenta varios beneficios para cada uno de los actores de una cadena de suministro:

Beneficios para el proveedor

- A partir de la visibilidad producida por la colaboración, las promociones pueden ser fácilmente incorporadas en los planes de inventario.
- Los productores pueden establecer prioridades de acuerdo con la producción y el reabastecimiento.
- Al realizar pronósticos conjuntos, se logran pronósticos más precisos, lo que produce una reducción en los faltantes (stockouts).
- Los productores pueden planificar para el reabastecimiento basado en prioridades.
- Reducción de los errores en los pedidos de distribución.

- Reducción en los tiempos de abastecimiento (lead times) asociados al productor.
- Incremento del retorno de las inversiones.

Beneficios para el comprador:

- Reducción de los costos de planificación de generación de pedidos, dado que las responsabilidades son asignadas a los vendedores.
- Reduce los faltantes de producto y los niveles de inventario.
- El productor está más focalizado en proveer buen servicio a los distribuidores, con lo cual en parte ayuda a los distribuidores y al negocio en conjunto.
- Se crean beneficios de proveer el material adecuado y en el tiempo adecuado, por lo cual se mejora el servicio al cliente en general.

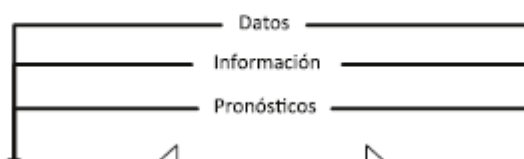
Beneficios múltiples:

- La información correcta sobre los inventarios ayuda a ambas partes a tener un mejor servicio al cliente.
- Se reduce el tiempo y el costo de generación de pedidos.
- Se disminuye el número de errores asociados a la gestión de inventarios y a la distribución de la mercancía.

No obstante, los diferentes beneficios del sistema, se deben tener en cuenta los problemas que pueden surgir en su implementación, acerca de los cuales, Marroquín et al., (2008) mencionan entre otros, los siguientes:

- La transmisión de datos, lo que requiere de numerosas pruebas para verificar y asegurar la confiabilidad de la transmisión.
- El VMI como un compromiso de dos partes, implica frente a su implementación decisiones en conjunto para asegurar su aceptación, entendimiento y comprensión por parte de todos.
- No formalizar documentos que ayuden a validar y prever (administración de la demanda, planeación de ventas y operaciones) sobre una misma base de datos y un solo juego de números.
- No comunicar de manera oportuna la intención de restringir o ampliar el mercado.
- Acordar, previo a la implementación del sistema, la forma de proceder en caso de faltantes, excedentes, movimientos lentos u obsoletos.
- No afrontar los errores cometidos de manera objetiva ni reconocer que existen áreas en las que se necesitan mejoras.
- Empresas poco flexibles, situación que no permite la colaboración en la planificación de eventos.
- No saber cómo afrontar de manera adecuada una demanda de producto que no ha sido prevista.
- No partir con pensamiento estratégico, excelencia operacional (clase mundial), y procesos de negocio de lazo cerrado; sin lo anterior el cliente no será capaz de hacer que su proveedor contribuya al crecimiento de su negocio. Si se inicia con un mal enfoque este (mal enfoque), se mantendrá a lo largo del tiempo.

Figura 1. Modelo colaborativo VMI



Fuente: Arango et al., (2011 p. 25)

A partir de la información recabada respecto a la cadena de suministro y en ella, la importancia de la colaboración en el tema de los inventarios, centrando el interés en el VMI conforme a sus beneficios para los actores que intervienen en los procesos productivos, se comprende que esta estrategia resultaría de gran apoyo al sector agrícola, especialmente en el área frutícola, entendiendo las condiciones y características de muchos de los productos, que este sector de la producción, en Colombia y en el Valle del Cauca, tiene tan grande representación para el desarrollo económico. De tal manera, que resulta relevante presentar un acercamiento a la situación del mismo.

5.1.3 Sector frutícola. A partir de Plan Nacional Frutícola que iniciara en Colombia desde hace ya más de una década, el Ministerio de Agricultura y Fomento Rural (2006) entendió su conveniencia para fomentar y posicionar en el país la fruticultura, como uno de los renglones de la producción con mayor perspectiva y oportunidades, tanto en el mercado interno como en el internacional, dada las condiciones edafoclimáticas y situación geopolítica, que han ido convirtiendo el territorio colombiano como uno de los más competitivos, al poder producir frutas tropicales durante todo el año, desde el nivel del mar hasta los 2.800 metros de altitud, generando una gran potencialidad de ubicar estos productos en diferentes mercados.

Y ha sido precisamente este impulso desde las políticas nacionales lo que ha permitido que dicho plan desde el ámbito nacional, pasara a convertirse en uno de gran fortaleza en el departamento del Valle del Cauca, en donde se configura una gran variedad de posibilidades climáticas para ofertar todo tipo de frutas, más aun cuando en la región se cuenta con más 348.000 hectáreas de las 29,5 millones que existen a nivel nacional, para cultivar productos de mayor potencialidad como la piña, papaya y uva, entre otros.

Dentro del citado Plan Nacional Frutícola, se gestó para el departamento un nuevo y más estructurado esquema para el sector, denominado Programa Integral de Fruticultura impulsado por la Gobernación del Valle (2017) con el fin de fortalecer esta producción en 29 municipios que busca beneficiar a 3.281 pequeños y medianos productores organizados en 53 asociaciones del Valle del Cauca, al implementarse inicialmente a través de un proceso estratégico de transferencia de tecnología en nueve frutas de gran potencial productivo y comercial como el plátano, mora, aguacate, chontaduro, guayaba, cítricos, piña, uva y lulo, las cuales se espera lleven a esta región a competir en el mercado nacional y global.

Este programa que beneficia a poblaciones de Andalucía, Ansermanuevo, Argelia, Bolívar, Buenaventura, Bugalagrande, Caicedonia, Dagua, Ginebra, Guacarí, Jamundí, La Cumbre, La Unión, La Victoria, Palmira, Restrepo, Riofrío, Roldanillo, San Pedro, Sevilla, Toro, Trujillo, Tuluá, Versailles, Vijes, Calima El Darién, El Águila, Florida y Pradera, demuestra la capacidad productiva en diferentes zonas del departamento, razón por la cual, la integralidad del mismo contempla el uso de las tecnologías en cuanto a técnicas para el manejo y conservación de suelos de ladera; diagnóstico y manejo nutricional; uso de

biofertilizantes para producción eficiente; técnicas para el manejo hídrico del cultivo; selección, propagación y manejo de la semilla; herramientas para monitoreo y manejo integrado de plagas y enfermedades; manejo de cosecha y poscosecha-mercado en fresco, así como el establecimiento de alianzas comerciales y exportadoras para iniciar la etapa de distribución, tal y como lo señalara la Secretaria de Ambiente y Agricultura del departamento, María Milena Banguero (Gobernación del Valle, 2017).

5.1.3.1 Cadena de suministro en el sector agrícola. De acuerdo con Mongil (2017) en este sector las cadenas de suministros son escasas o inexistentes, especialmente en el sector primario español, encontrándose únicamente en las cooperativas y grandes corporaciones agrarias, en las que se emplean nuevos elementos y tecnologías en la explotación agrícola, lo que no obstante, conlleva un desembolso económico que sólo sirve para hacer más rápido aquello que se hizo siempre.

Por otra parte y de acuerdo a lo perecedero de los productos frutícolas, Castañeda y Cardona (2016) con base en una revisión literaria del tema, han podido establecer que respecto a los modelos de gestión de inventarios en estos productos, muchos de éstos determinan problemas de gestión por ser difíciles de tratar, dado su corto ciclo de vida, la variabilidad de la demanda, y los altos estándares exigidos por el cliente. Siendo este último factor de gran peso en el mercado internacional, asociado además a las condiciones del transporte.

Respecto a los modelos de gestión de inventarios en cadenas de suministro de productos perecederos, como muchas de las frutas en este caso, éstos dan cuenta de que en los últimos

años las investigaciones tienden a tomar una perspectiva de gestión de la oferta centrándose en estudios multieslabón y en la importancia de compartir información entre socios, pues anteriormente se hacían a partir de un único eslabón, es decir, desde el punto de vista de un productor, mayorista o minorista. También se encuentra que, muchos de los modelos de inventario para estos productos, parten del punto de vista del comprador, sin embargo, la política óptima para el comprador no es la mejor decisión para el vendedor; por lo tanto, el número óptimo de entregas del comprador no es el óptimo para el vendedor, lo cual hace necesario definir una política óptima a lo largo de toda la cadena que permita la mayor eficiencia posible para todos los eslabones, pues siempre habrá una diferencia sustancial entre los costos generados cuando se toma una política de decisión conjunta, frente a decisiones independientes entre eslabones, teniendo en cuenta la tasa deterioro tanto para materias primas como para producto terminado (Castañeda y Cardona, 2016)

5.1.4 Sector citricultor. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO por sus siglas en inglés de Food and Agriculture Organization] (s.f.), señala que la producción y consumo de cítricos en todo el mundo, han presentado un fuerte crecimiento desde mediados de los años 1980, con productos como naranjas, tangerinas, limones y limas, debido, entre otros, a las mejoras introducidas en el transporte y en el empaquetado que han reducido los costos y mejorado la calidad.

Respecto a la producción de cítricos en el mundo, con cerca de ocho millones de hectáreas, se destaca que son cultivos permanentes los cuales por lo general se adaptan a diversas condiciones climáticas, de allí que se desarrolle en un gran número de países, no obstante y de acuerdo con Escobar (s.f.) se tiene que las regiones productoras por excelencia se localizan en el continente americano y en el occidente del continente europeo, con un rendimiento

promedio que está entre 2.1 y 2.7 tonelada/hectárea, pero que en los países con una producción más intensiva, se dan promedios nacionales de cítricos de cuatro a seis toneladas/hectárea (Baixauli y Nájera, 2017); São Paulo (Brasil) y Florida (Estados Unidos) son las dos regiones productoras de naranjas elaboradas más grandes del mundo, siendo esta última zona del país americano, donde se genera el 60% del cultivo nacional de naranjas y el 40% restante se cultiva en California, caracterizado como el mercado de productos frescos (FAO, s.f.).

España es gran exportador de cítricos destinados a fruta fresca, especialmente de tangerinas, lo que lo consolida como el sexto país productor, en el que se produjeron más de siete millones de toneladas durante 2014 de un total de más 137,84 millones de toneladas en todo el mundo durante el mismo año, lo que evidencia un incremento del 50% en la producción, comparado con los últimos años de los 80's y principio de los 90's, encontrando en ello que alrededor del 60% de toda la producción de cítricos consiste de naranjas, y un 23% en mandarinas, tangerinas, clementinas y satsumas, y aproximadamente 13,7 millones de toneladas de limones y 4,4 millones de toneladas de toronja y pomelos (Baixauli y Nájera, 2017).

En Latinoamérica los mayores productores son Brasil, con una cuarta parte de la producción mundial de cítricos, de cual 75% se destina a producción industrial para jugo; Argentina, país que lidera el mercado mundial de exportaciones de limones frescos; México, Cuba, Belice y Costa Rica; también se ha generado un aumento de la producción y del consumo de cítricos en Asia, pero el consumo se ha visto sostenido principalmente por la producción interna. En África, la producción se da en los países que bordean el Mar

Mediterráneo, cuya producción es de aproximadamente 22 millones de toneladas de cítricos, principalmente para el consumo fresco, e igualmente con cultivos en Sudáfrica (FAO, s.f.).

Respecto a los limones, frutos ácidos que se diferencian de otras variedades de cítricos por el hecho de que se consumen normalmente con otros alimentos, principalmente para el mercado de productos frescos, y para dar sabor a las bebidas, se producen generalmente en climas templados, como en el oeste de los Estados Unidos, España, Italia y Argentina, pero también se adaptan a climas más secos, como los de Egipto y el Irán (FAO, s.f.), siendo el principal productor mundial México, con 151.765 hectáreas sembradas y 2.138.737 toneladas en 2013, con una industria muy desarrollada para extracción de aceites esenciales a partir del limón; en relación a los precios internacionales de los cítricos, el limón por ejemplo, se han incrementado en los dos últimos años debido a la afectación de los cultivos de México por la enfermedad “Dragón Amarillo ó HLB”, lo cual redujo su oferta exportable, y el precio de la mandarina está sujeto a la oferta de China en el mercado, y que tanto se afecta por las altas temperaturas (Ministerio de Agricultura, 2017).

5.1.4.1 Renglón citrícola colombiano. En este orden de ideas, y acerca de la situación citrícola en Colombia, Aguilar, Escobar y Pássaro (2015) señalan que la participación del país en la industria de los cítricos, tanto en fresco como en productos procesados, en el contexto mundial es prácticamente inexistente, pues se ubica muy atrás de países similares del entorno cercano, como Brasil, Perú y Ecuador, compañeros de negociación comercial con Estados Unidos, sin dejar de mencionar que este renglón, si bien ha ganado en forma dinámica, una participación en el sector agrícola total y en el subsector citrícola colombiano,

sus importaciones y exportaciones totales han permanecido en forma constante con tendencias a la baja, lo que lleva a pensar que el consumo interno se ha incrementado en los últimos 10 años, como lo sugiere Escobar (2014.).

También es oportuno mencionar en este aspecto y como bien lo señalan Aguilar, Escobar, y Pássaro (2015) que la agroindustria nacional de cítricos presenta un significativo desarrollo en los últimos años, pues la industria de zumos ha tenido un gran dinamismo en dicho periodo, no obstante “enfrentar problemas con el suministro de materia prima que no se ajusta a sus requerimientos, ni en calidad, ni en precios, y que además enfrenta problemas de localización, supliéndose en gran parte con materia prima importada” (p.9).

El Ministerio de Agricultura (2017) indica que en el país los cítricos tienen una participación en el sector frutícola del total de hectáreas sembradas, del 30%, y constituyen el 22.4% de la producción total de frutas; en 2017 el área sembrada de cítricos en Colombia fue de 85.006 hectáreas, con una producción de 1.359.506 toneladas, cuyo rendimiento fue de 17 toneladas /hectárea. Por su parte, Escobar (2014) encuentra que la agrocadena tiene una participación citrícola sobre el total de la producción de permanentes que ha variado de 3.3% a un 6.0% en la última década.

En relación a los precios de cítricos como el limón, la mandarina y la naranja en el país, se debe tener en cuenta que éstos obedecen a los reportes de la Central Mayorista de Abastos y constituyen precios de referencia. De dicho valor, los productores reciben aproximadamente el 40%, teniendo por ejemplo que para el caso del limón y la mandarina, sus precios son estacionales, ya que en época de cosecha están muy por debajo de estos

precios y en época de escases los superan. La desinformación de las producciones y precios entre los núcleos productivos del país genera un vacío y una oportunidad que los intermediarios aprovecha de manera negativa a la hora de negociar con los productores (Ministerio de Agricultura, 2017).

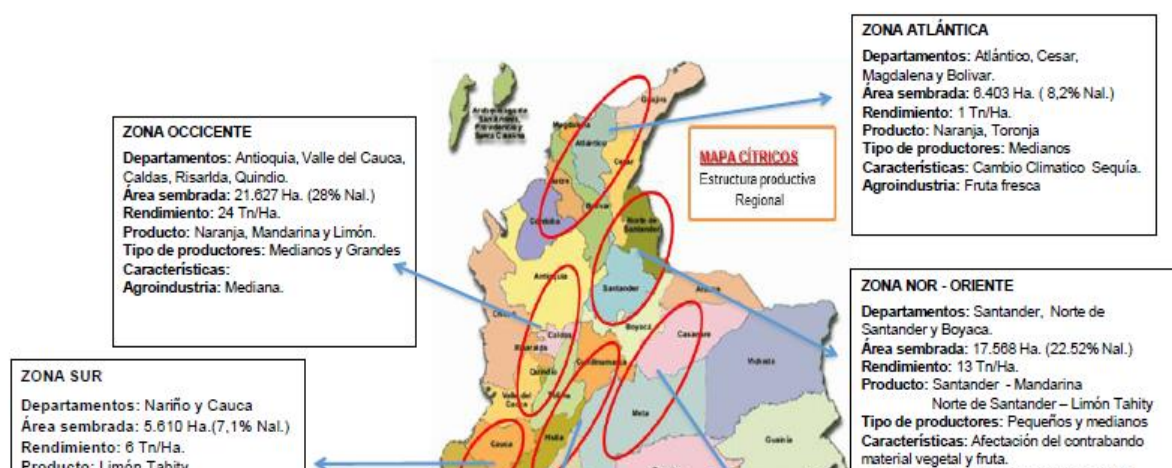
Por otra parte, el Min agricultura (2017) indica que el consumo de los cítricos está enfocado hacia la fruta fresca, y relacionado con los hábitos alimenticios de la población; la naranja, por ejemplo, a pesar de tener varios usos en agroindustria tales como aceites esenciales, harina cítrica, pulpa, jugos, entre otros, se consume principalmente en jugo o fruta fresca; la mandarina el hábito de consumo que predomina es fruta fresca y jugos, y el limón está destinado a la gastronomía, zumo de limón e industria. Tal y como lo señalan Aguilar et al. (2015) es bueno mencionar que, aunque el mercado nacional de limas y limones se abastece en un 90% con la producción interna, tanto la producción nacional como las importaciones vienen en aumento para satisfacer los requerimientos crecientes de la demanda.

En este mismo sentido, y conforme a cifras del Ministerio de Agricultura (2017) se puede establecer que los costos de producción para los cultivos de cítricos, en el caso de los fertilizantes pueden variar de acuerdo a la edad del árbol, y se asumen tres fertilización al año, así como dos foliares; los precios de los insumos de fertilización varían entre \$68.000 y \$110.000 pesos; siendo este uno de los renglones de mayor sensibilidad; y los costos de recolección también son variables que cambian entre cada producto; de tal manera que los costos por kilo de naranja pueden estar en los \$40 y \$80, para la mandarina de \$60 a \$120, y para el limón, de \$60 - \$120/Kg.

Frente a la comercialización de los cítricos, en el país esto se realiza de forma tradicional, es decir, a través de canales como las centrales mayoristas, donde el que acopia compra el producto a campesinos y pequeños productores para trasladarlo a la plaza regional, allí es comprado por el intermediario mayorista para venderlo a los detallistas. También en algunas regiones hay comercializadores organizados que distribuyen el producto en canastillas plásticas o en empaques rígidos de cartón, sin embargo, la práctica más utilizada es no someter la fruta a procesos de selección, y comercialarla en costales de diversos tamaños y pesos (Aguilar et al., 2015).

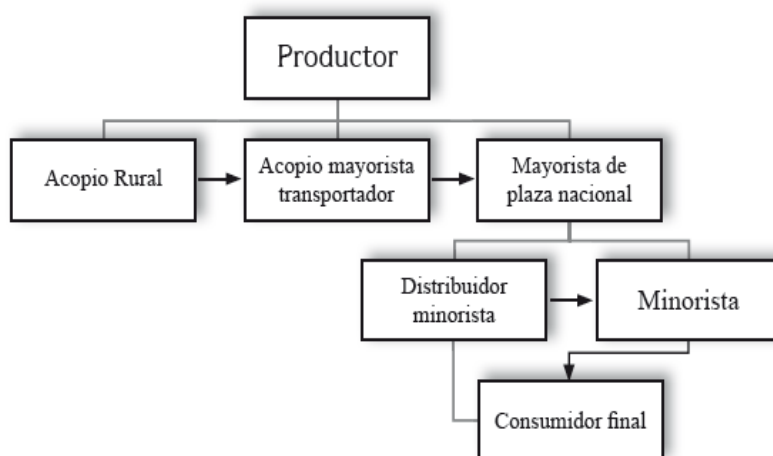
Se comprende y de acuerdo con Aguilar et al. (2015) que estas formas de comercialización tradicionales determinan una alta participación de intermediarios, pues no hay exigencias en cuanto a empaque o calidad externa del fruto (falta de normas técnicas), y los volúmenes y los precios se fijan según la oferta y la demanda del momento; en este sistema normalmente los comercializadores mayoristas adquieren el producto directamente de otros comercializadores menores y agricultores o productores directos, diferente de los mercados especializados, en donde las exigencias de calidad, tamaño, empaque, volumen permanente, el precio, son fijadas previamente mediante contratos establecidos.

Figura 2. Producción regional de cítricos en Colombia



Fuente: Min Agricultura (2017 diapositiva 5)

Figura 3. Canales tradicionales de comercialización de cítricos



Fuente: Aguilar et al., (2005, p.23)

5.1.4.2 Problemáticas del sector. Aguilar et al.,(2015) exponen que conforme a la agremiación nacional que agrupa a los productores de cítricos, que son Asohofrucol y Asocítricos, los diferentes actores de la cadena han desarrollado un diagnóstico del sector, mediante el cual se han podido identificar problemas limitantes de su desarrollo y

competitividad, los cuales han sido agrupados en tres grandes áreas prioritarias: Producción; Poscosecha e industria, y Fortalecimiento gremial y empresarial; de tal manera que para una mejor comprensión de lo que aqueja a este renglón, nacional y regionalmente, se describen a continuación:

En producción:

- Poca disponibilidad de variedades y materiales mejorados, y certificados (viveros).
- Bajo nivel tecnológico en la producción.
- Altos costos de producción y bajos rendimientos.
- Falta de estudios de zonificación que identifiquen nichos productivos de calidad diferenciada para Colombia.
- Atomización y marginalidad de la producción.
- Débil investigación de los procesos productivos y falta de transferencia de los resultados existentes. • Uso indiscriminado de agroquímicos.
- Poca implementación de la producción limpia (Buenas Prácticas de Agricultura -BPA-).
- Manejo inadecuado de plagas y enfermedades.

En pos cosecha e industria

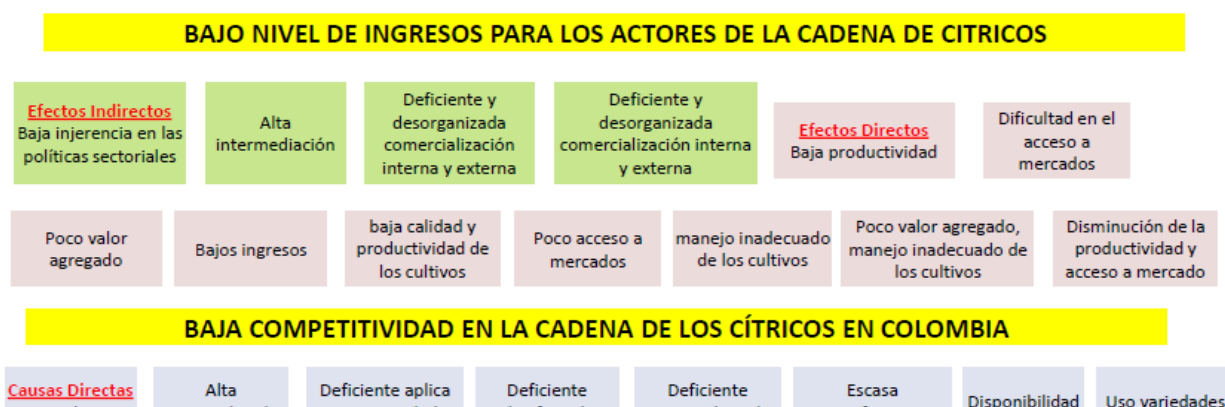
- Poca infraestructura para un adecuado manejo en la etapa pos cosecha.
- Centros de producción muy distantes de los puertos.
- Mala logística en los puertos.
- Ausencia de homogeneidad y estandarización del producto y/o materia prima.
- Oferta discontinua y de bajos volúmenes.
- Altas pérdidas pos cosecha.

- Ausencia de cadena de frío.
- Deficiente implementación de empaques y presentación.
- Falta de investigación e implementación de prácticas que alarguen la vida útil de los productos cosechados.
- Poca implementación de BPA, Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), y demás normas.
- Falta de investigación en valor agregado al producto.
- Deficiente inteligencia de mercados.
- Pocos estudios de análisis de riesgos para incursionar con más productos de exportación.

Fortalecimiento gremial y empresarial

- Baja organización de productores, y si una base social empoderada de su problemática.
- Poca articulación de las organizaciones con los demás eslabones de la cadena productiva.
- Baja transferencia y adopción de tecnología en temas organizacionales y de asociatividad.
- Bajos incentivos o baja utilización de los existentes.
- Poco conocimiento de fuentes de financiación.
- Poca gestión de proyectos para desarrollo tecnológico y de innovación.
- Formas de tenencia de la tierra tradicionales y sin legalidad.

Figura 4. Problemáticas de la cadena citrícola en Colombia



Fuente: (Escobar, 2014)

5.1.4.3 Los cítricos en el Valle del Cauca. Durante 2017 el área sembrada de cítricos en el departamento fue de 6.430 hectáreas con una producción de 144.024 toneladas que representó un rendimiento del 22 toneladas/hectárea (Ministerio de Agricultura, 2017). No obstante dichas cifras que ubican al departamento entre unos de los de mayor producción a nivel nacional, se determina que son diversos los aspectos que influyen en el no alcance de una adecuada productividad y competitividad de este renglón, pues existen algunos factores que afectan el sector como la escasez de escalas comerciales significativas, la ausencia de gestión empresarial, la alta dispersión geográfica de la producción, y la falta de desarrollo tecnológico, entre otros, además de que el eslabón de la pos cosecha, presenta dificultades en el desarrollo citrícola, dada la deficiente selección, clasificación y almacenamiento que conlleva, en algunos casos, una mala calidad externa de la fruta, así como una gran cantidad de desechos y pérdidas (Aguilar et al., 2015).

En este sentido, Aguilar et al.(2015) indican que de los mayores inconvenientes que tiene este sector en el mercado regional, sumado a las problemáticas del sector en el ámbito nacional, es que los cítricos se cosechan por estaciones y ello implica una oferta en períodos cortos de tiempo, y cosechas escasas en otros, lo cual se podría contrarrestar con una mejor

tecnología, definiendo zonas agroecológicas diferentes, usar de variedades y patrones precoces, intermedios y tardíos, la manipulación de niveles hídricos y nutricionales, las podas aéreas o de raíces, anillados, sistemas de propagación diferenciales (inter injertos) o el uso de Fito reguladores, o de productos preparados con base en hormonas vegetales.

5.2 COEFICIENTE DE PEARSON

La covarianza es una medida de la variabilidad común de dos variables (crecimiento de ambas al tiempo o crecimiento de una y decrecimiento de la otra), pero está afectada por las unidades en las que cada variable se mide. Así pues, es necesario definir una medida de la relación entre dos variables, y que no esté afectada por los cambios de unidad de medida. Una forma de conseguir este objetivo es dividir la covarianza por el producto de las desviaciones típicas de cada variable, ya que así se obtiene un coeficiente adimensional, r , que se denomina coeficiente de correlación lineal de Pearson (BIOESTADISTICA: METODOS Y APLICACIONES, 1999, p 81).

Es un índice que mide el grado de co variación entre distintas variables relacionadas linealmente. Adviértase que decimos "variables relacionadas linealmente". Esto significa que puede haber variables fuertemente relacionadas, pero no de forma lineal, en cuyo caso no proceder a aplicarse la correlación de Pearson. Por ejemplo, la relación entre la ansiedad y el rendimiento tiene forma de U invertida; igualmente, si relacionamos población y tiempo la relación será de forma exponencial. En estos casos no es conveniente utilizar la correlación de Pearson. Insistimos en este punto, que parece olvidarse con cierta frecuencia. El coeficiente de correlación de Pearson es un índice de fácil ejecución e, igualmente, de fácil interpretación. Digamos, en primera instancia, que sus valores absolutos oscilan entre 0 y 1.

Esto es, si tenemos dos variables X e Y, y definimos el coeficiente de correlación de Pearson entre estas dos variables como r entonces: Hemos especificado los términos "valores absolutos" ya que en realidad si se contempla el signo el coeficiente de correlación de Pearson oscila entre -1 y $+1$. No obstante ha de indicarse que la magnitud de la relación vienen especificada por el valor numérico del coeficiente, reflejando el signo la dirección de tal valor. En este sentido, tan fuerte es una relación de $+1$ como de -1 . En el primer caso la relación es perfecta positiva y en el segundo perfecta negativa.

A continuación, se muestran todos los valores que son asignables al coeficiente de Pearson

Tabla 1. Tabla de resultados posibles en el coeficiente de Pearson

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja

0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: Propia

6. CARACTERIZACION DE LA CADENA CITRÍCOLA

6.1 DISEÑO METODOLÓGICO

6.1.1 Tipo de investigación

Se tiene en cuenta un enfoque mixto-descriptivo, mediante el cual se desarrollan procesos que vinculan la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, para integrar y analizar de manera conjunta toda la información recabada, y así llegar a una mejor comprensión de la situación de estudio (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Con base en lo anterior, desde la perspectiva cuantitativa se recolectan, miden y evalúan estadísticamente datos respecto a la inspección logística de la cadena frutícola del norte del Valle; y cualitativamente, el alcance descriptivo, permite especificar algunas características importantes de los participantes y del tema de estudio, describiendo además, tendencias de manera independiente o conjunta sobre los conceptos relacionados, lo cual da paso a un diseño transeccional o transversal, pues solo se recolecta y analiza la información en un solo momento o periodo específico (Hernández et al. 2014).

6.1.2 Muestra

Constituye un “subgrupo del universo o población, del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta” (Hernández et al., 2014 p.173). Conforme a los objetivos del estudio, y desde la metodología cualitativa, se constituyen en una muestra por conveniencia, ya que son los casos disponibles a los cuales se tiene acceso (Battaglia, 2008 citado por Hernández et al., 2010).

6.1.3 Criterios de inclusión

- Pequeños productores, hombres y mujeres, que poseen cultivos de cítricos en el centro del Valle del Cauca
- Productores interesados en participar del estudio

6.1.4 Criterios de exclusión

- Pequeños productores, hombres y mujeres, que posean otros cultivos frutícolas en el centro del Valle

6.2 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

6.2.1 Cuestionario.

Como instrumento para recolectar información o datos, éste conforma un conjunto de preguntas respecto de una o más categorías, que se construyen en relación a la formulación del problema y a las bases teóricas (Hernández et al. 2014). De tal manera, que su constructo en el caso de interés, obedece a ítems o enunciados que permiten caracterizar la cadena de abastecimiento, frente a temas relacionados con el proceso productivo, costos, precios,

ventas, inventarios, entre otros, dirigidas a productores, detallistas e intermediarios, como agentes de la cadena de cítricos.

6.2.2 Análisis de la información.

Para el tratamiento y análisis de los datos obtenidos en los cuestionarios, se recurrió al programa informático de Microsoft Excel, el cual permite sistematizar, ordenar y graficar toda la información, para llegar a su interpretación y resultados.

6.3 Resultado de la caracterización del sistema actual de gestión y control del inventario en la cadena de suministro frutícola del centro del Valle del Cauca

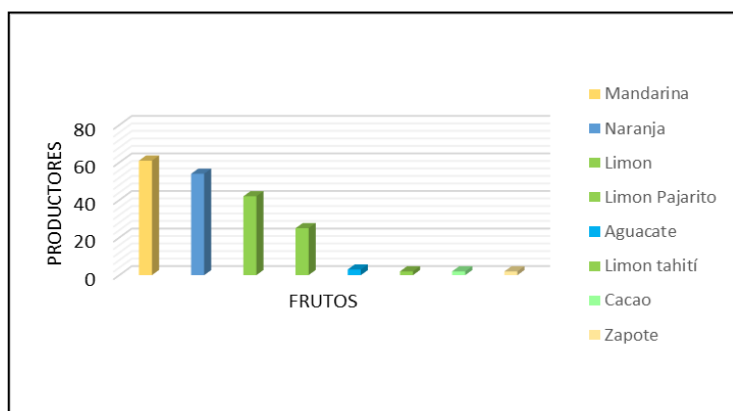
6.3.1 Datos del instrumento. Con base en la selección de los pequeños productores, se tienen en cuenta como participantes del estudio, 99 pequeños productores de frutales cítricos, por ser este grupo de agricultores el de mayor representación en municipios del centro del departamento del Valle, de quienes se obtiene la siguiente información.

Tabla 2. Productos cultivados en la zona

Frutas	Porcentaje %
Mandarina	31.94
Naranja	28.27
Limón	21.99
Limón pajarito	13.09
Limón Tahití	1.05
Aguacate	1.57
Cacao	1.05
Zapote	1.05
Total	100

Fuente Elaboración propia

Gráfica 1. Productos cultivados en la zona



Fuente: Elaboración propia

Los productos cultivados en la zona centro del Valle son los cítricos como la mandarina con el 31.94%; la naranja con 28.27%, seguidos del limón y limón pajarito con 21.99% y 13.09% respectivamente. El tiempo de cosecha de los frutos mencionados varía entre el mes y los seis meses, esto una vez se cuente con el cultivo en una etapa de maduración; en tanto el tiempo transcurrido desde que se cultiva una hectárea por primera vez hasta que se obtiene la primera cosecha oscila entre los seis y 36 meses, de acuerdo a la semilla sembrada.

Tabla 3. Factores que inciden en la localización del cultivo

Factor	Porcentaje %
Clima	37.20
Demanda	30.03
Facilidad para el uso	32.77
Total	100

Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que la localización obedece mayormente al factor clima con 37.20%, seguido de la facilidad del uso de la tierra con 32.77%, y finalmente la demanda con 30.03%. Se pudo establecer que la zona cuenta con 661.053 m² para nuevos cultivos en la región. Otros

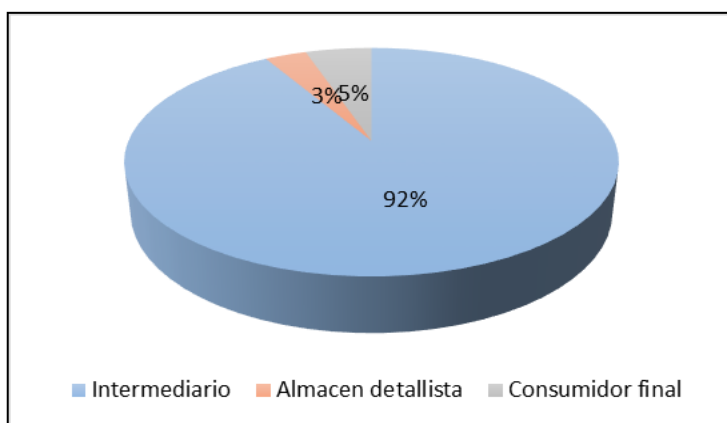
factores considerados por el productor son la disposición de agua, la rentabilidad a generar, los costos de producción y manutención general del cultivo de cítricos.

Tabla 4. Destino de las frutas producidos

Destino	Porcentaje%
Intermediario	92
Detallista	3.0
Consumidor final	5.0
Total	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2. Destino de las frutas producidas

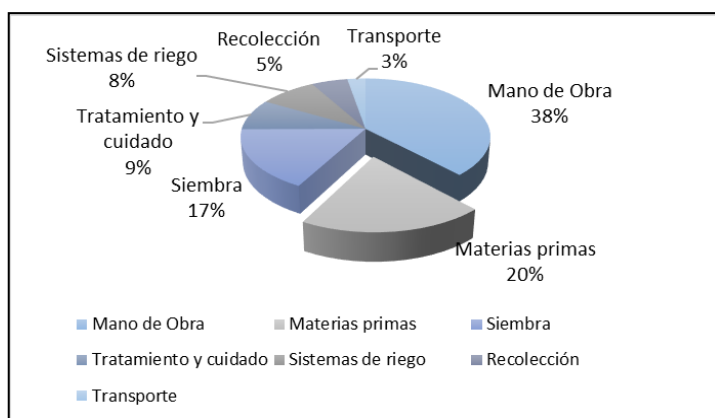


Fuente: Elaboración propia

El 92% de los agricultores indica que vende sus productos a intermediarios de municipios como Tuluá, Cali, Zarzal, Andalucía, Buenaventura y El Cerrito; el 3.0% lo vende en almacenes detallistas, y el 5,0% al consumidor final. Indican los participantes que los meses donde se genera una mejor ganancia son junio, julio y diciembre. Se pudo establecer que la venta semanal oscila entre los 377 kg; de acuerdo a la clase de fruto y la temporada, éste se

encuentra entre los \$167 y los \$2.880 con un valor promedio de \$1.523. La vida útil de los productos se encuentra en un promedio a los 26 días. Cabe resaltar que la cosecha mensual en la zona se encuentra entre los 15 kg y los 5.400 kg, lo cual indica que se dedica destina una cantidad para el consumo del agricultor o en su defecto el producto no cumple con los estándares de calidad.

Gráfica 3. Costos de operación



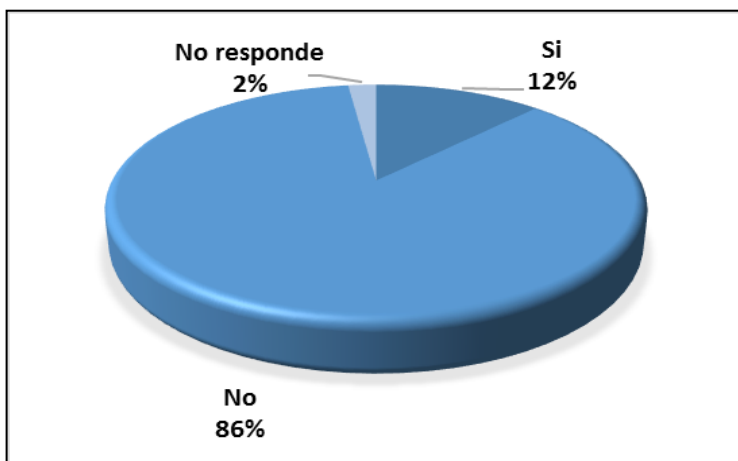
Fuente: Elaboración propia

Los mayores costos de operación en esta cadena frutícola son generados por la mano de obra con un porcentaje de participación igual al 38%, seguido de las materias primas y la siembra con un 20% y 17% respectivamente; en tanto el inductor que genera los costos más bajos es el transporte con un porcentaje de 3%; lo cual se encuentra justificado dado que los cultivadores de la zona no se dedican en gran medida al transporte de los bienes producidos.

Se pudo determinar que las horas promedio que los agricultores dedican a sus cultivos son 24 por semana, siendo el menor tiempo de tres horas semanales, y el mayor de 48 horas/semana. Los costos de producción en la zona oscilan entre \$120.000 y \$250.000 por plaza cultivada. Cabe resaltar que el 70,71% de los agricultores no conoce los costos de

producción generados en la tierra que cultivan. En tanto el valor de salvamento se encuentra en un valor promedio de 228 \$/kg. Los participantes expresaron que los factores que mayormente causan pérdidas económicas son la lluvia, errores en el proceso de tratamiento, el mal estado de la tierra y las materias primas defectuosas.

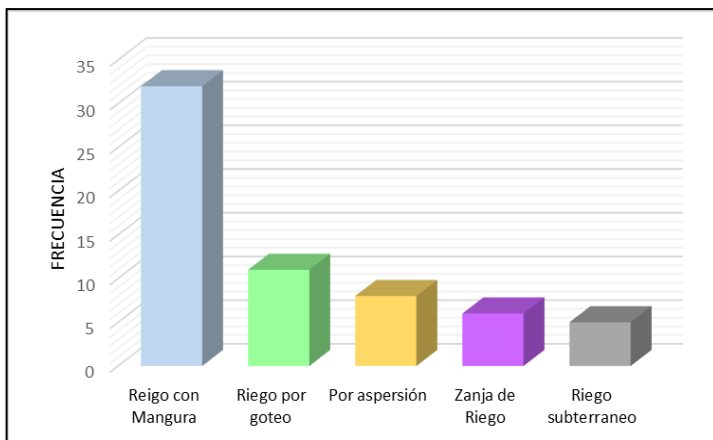
Gráfica 4. Control de insumos



Fuente: Elaboración propia

Un 86% de agricultores no lleva un control de los insumos en sus cultivos; el 12% de ellos si lo realiza para las actividades de siembra y cosecha. Cabe resaltar la importancia de la relación directa entre la inversión en insumos y las utilidades obtenidas.

Gráfica 5. Sistema de riego



Fuente: Elaboración propia

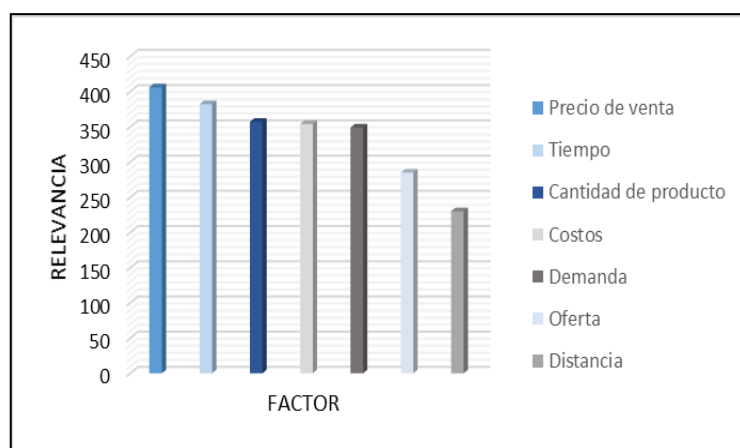
En cuanto al sistema de riego, los datos definen por número de participantes, que con mayor frecuencia la implementación por parte de los agricultores, es el de riego con manguera, seguido de riego por goteo, riego por aspersión, zanja de riego y riego subterráneo. Otros sistemas implementados son riego por gravedad y riego con surtidor.

Tabla 5. Relevancia de los factores del proceso productivo

Factor	Porcentaje%
Precio de venta	17.18
Tiempo	16.17
Cantidad	15.11
Costos	14.98
Demanda	14.77
Oferta	12.06
Distancia	9.73
Total	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 6. Relevancia de los factores del proceso productivo

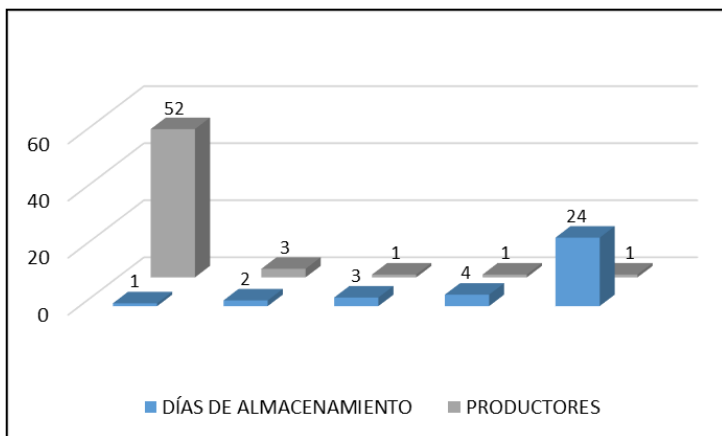


Fuente: Elaboración propia

Para los agricultores el factor de mayor relevancia en el ciclo productivo es el precio de venta con un 17.18%, seguido del tiempo con 16.17%, la cantidad de producto con 15.11%,.

los costos, la demanda y oferta también son importantes, siendo la distancia la de menor relevancia en un 9.73%.

Gráfica 7. Almacenamiento



Fuente: Elaboración propia.

En lo que concierne al almacenamiento de los productos, se establece que 52 de los productores almacenan por un lapso de un día, tres productores lo hacen por dos días. Los tiempos equivalentes a tres, cuatro y 24 días de almacenamiento, son utilizados por un productor respectivamente. En cuanto a la forma de almacenar, el 30,30% de los productores expresa que no se dedica a dicha tarea, el 69,70% lo hace en canastillas, y un 7% almacena en costales.

Una vez empacados y organizados los bienes se almacenan en un lugar fresco. El 1,49% de los agricultores considera que durante el almacenamiento es posible perder entre el 30% y el 60% de la fruta cultivada, en tanto el 98,51% de los agricultores restantes considera que dichas pérdidas son inferiores al 30%. Para el almacenamiento del inventario, el 4,04% de los agricultores paga una cuota de manera semanal o mensual conforme a las cantidades, el

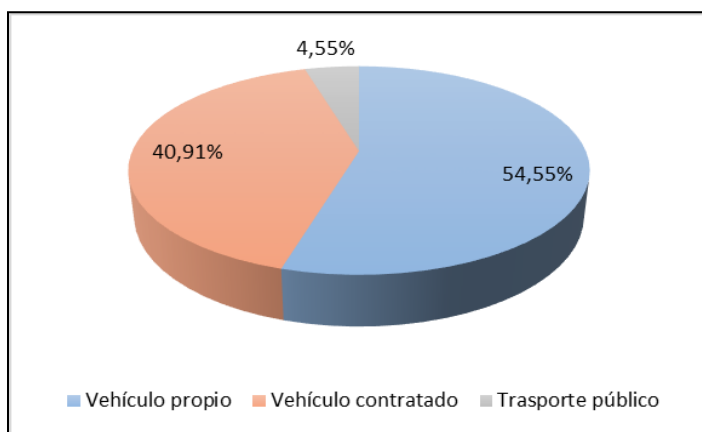
95,96% restante no paga por almacenamiento o no realizan esta operación. La cantidad de producto almacenado antes de ser distribuido a su lugar de destino se encuentra en los 100 kg y los 3.000 kg de fruta.

Tabla 6. Medios de transporte utilizados

Medio	Porcentaje%
Vehículo propio	54.55%
Vehículo contratado	40.91%
Público	4.55%
Total	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 8. Medios de transporte utilizados



Fuente: Elaboración propia

Los productores que utilizan vehículo propio para el transporte de los productos es del 54,55%, el 40,91% utiliza un medio de transporte contratado y el 4,55% utiliza un medio de transporte público. Por otra parte, también se pudo determinar que un 13,13% ha sufrido pérdidas en el producto al ser transportados. En tanto el 64,65% indica no haber sufrido esta clase de incidentes. El 69,23% de los agricultores considera que el estado de los vehículos es bueno, y el 54,43% menciona que las vías se encuentran en buen estado.

Tabla 7. Medios utilizados para conocer diferentes datos del sector

Medio Utilizado	Porcentaje%
Otros productores	65.35
Datos históricos propios	15.84
Reportes del sector	11.88
Prensa	6.93
Total	100

Fuente: Elaboración propia

Es claro que los datos acerca del sector y diferentes aspectos inherentes a la producción, son tomados de otros productores en el 65.35% de los casos; seguido de los datos propios en 15.84%, y el 11.88% tiene en cuenta los reportes emitidos desde el sector.

Tabla 8. Definición de precios de venta

Define	Porcentaje %
Comprador	80
Competencia/comprador	10.48
Agricultor	4.76
Competencia/agricultor	4.76
Total	100

Fuente: Elaboración propia

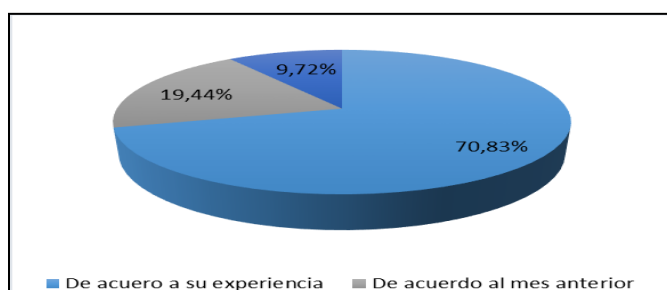
En el 80% de los casos, el precio de venta lo define el comprador, 10,48% lo define el comprador con una relación directa a la competencia, en el 4,76% de los casos es definido por el agricultor, y en el 4,76%, lo define el agricultor en relación con la competencia.

Tabla 9. Criterios que inciden en la determinación de la demanda

Criterio	Porcentaje%
Experiencia	70.83
Ventas mes anterior	19.44
Sistema de pronósticos	9.72
Total	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 9. Criterios que inciden en la determinación de la demanda



Fuente: Elaboración propia

En el 70,83% de los casos, el productor determina la cantidad de demanda conforme a la experiencia obtenida, 19,44% es determinada de acuerdo a lo demandado el mes anterior, y el 9,72% utiliza un sistema de pronósticos. También se establece que hay ocasiones en las que el productor no lleva a cabo la planeación de la demanda, o trabaja según la orden de pedido del cliente. Conforme a datos obtenidos, se encuentra que los niveles de inventario son manejados por el 4,3% de los agricultores, frente al 95,70% restante no lo maneja. El método utilizado con mayor frecuencia para determinación de dicho inventario es empírico, es decir, el agricultor establece un nivel de inventario basado en su experiencia.

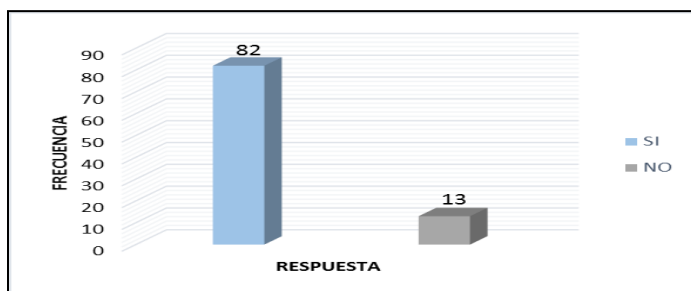
El producto de mayor rotación es el limón en sus dos variedades: Tahití y Pajarito, siendo el producto que genera las mayores utilidades; seguido se encuentra la rotación de la naranja y la mandarina. De igual forma, se presenta que el limón es uno de los frutos que por las altas cantidades producidas, genera los más altos valores de pérdida, seguido de la naranja y la mandarina.

Tabla 10. Influencia de los intermediarios en las utilidades

Influencia	Porcentaje%
Si	86.32
No	16.68
Total	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 10. Influencia de los intermediarios en las utilidades



Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a los

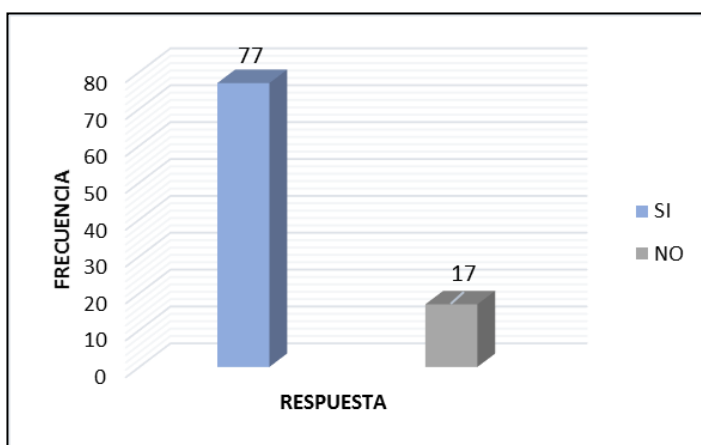
intermediarios, el 86,32% de los agricultores considera que sus utilidades si serían más altas si éstos no hicieran presencia; el 13,68% restante considera que ello no influye en sus utilidades.

Tabla 11. Integración de la cadena

Integrar la cadena	Porcentaje%
Si	81.91
No	18.09
Total	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 11. Integración de la cadena



Fuente: Elaboración propia

El 81,91% de los productores considera que al haber una integración de la cadena de suministro para los cítricos se obtendría un incremento en el margen de contribución, en tanto

el 18,09% de los agricultores restantes considera que sus utilidades no aumentarían con dicha integración.

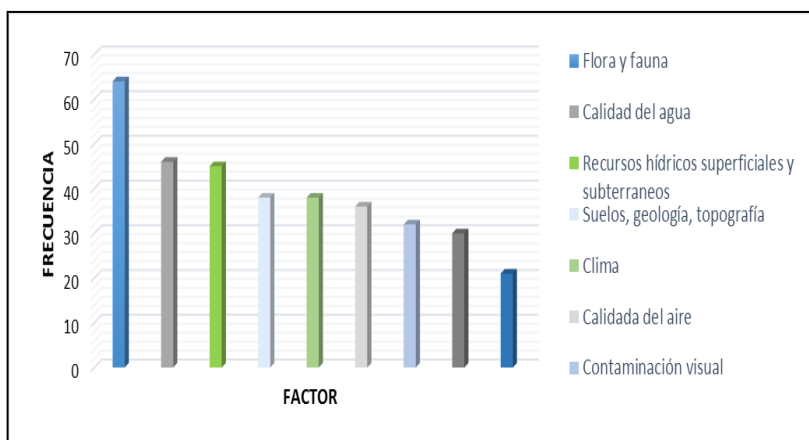
Tabla 12. Comportamiento de la demanda

Comportamiento	Porcentaje %
Impredecible	52.83
Cíclica	47.17
Total	100

Fuente: Elaboración propia

Un 52.83% de los participantes considera que el comportamiento de la demanda es impredecible, y el 47,17% considera que es cíclico.

Gráfica 12. Aspectos ambientales de la producción



Fuente: Elaboración propia

Los aspectos ambientales involucrados en la operación de acuerdo a la frecuencia presentada, son: flora y fauna, calidad del agua, recursos hídricos superficiales y subterráneos, suelos, clima, calidad del aire, y contaminación visual.

Es oportuno mencionar otros aspectos que emergieron durante el proceso de obtención de los datos, como por ejemplo que el 98,99% de los agricultores desconoce las guías de trazabilidad, y por ende no implementa un sistema consolidado. Sin embargo, se evidencia que el 13,13% de los productores logra identificar sus procesos de cultivo, cosecha y comercialización de la fruta. Los objetivos de trazabilidad cumplidos por el productor de la zona que lleva a cabo la guía correspondiente, son entre otros, control de calidad, inocuidad, diferenciación para el mercado, mejora de los procesos de producción, control cronológico del bien final y establecimiento de estrategias de eliminación de riegos.

En lo concerniente a la normatividad, se establece que ninguno de los agricultores participes del estudio indica conocer las normas ISO 9000:2015, ISO 22000:2005, FSSC: 2010. El 6,06% de dichos agricultores indica conocer a cerca de las buenas prácticas agrícolas (BPA). Se identifica que el método utilizado en caso de hallar productos defectuosos, consiste en la identificación del elemento, en caso de que se halle en el cultivo se procede a retirarlo y realizar el respectivo reemplazo; en caso de que el elemento defectuoso se halle en la cosecha, se procede a retirarlo para evitar pérdidas superiores.

En lo que respecta a la relación al factor humano, se presenta que los factores influyentes para la contratación de personal por parte del cultivador son la calidad del trabajo, la experiencia, la rentabilidad, el precio de contratación, el nivel de demanda y el nivel de cosecha. En promedio por agricultor son contratados dos trabajadores, con un tiempo laboral de 27 horas promedio por semana.

El 8,08% de los agricultores indica la aplicación de un método de agrupación para los productos cosechados. De acuerdo a la frecuencia de aplicación los métodos implementados son tipo de producto o línea de producción, fecha de la cosecha, tamaño del lote, y parcela cosechada.

Discusión

Los datos recolectados, dan cuenta de que la producción de cítricos en la zona centro del departamento del Valle corresponde en primer lugar a la mandarina con el 31.94%; seguido de naranjas con 28.27%, y finalmente el limón y limón pajarito con 21.99% y 13.09% respectivamente. Frente a la producción y distribución del producto, se puede establecer que el precio de venta, para el 17.18% de los encuestados, es una de las mayores problemáticas del proceso productivo, lo cual se asocia al mayor factor de pérdidas económicas, que el proceso de tratamiento del producto, como lo exponen los agricultores.

En relación al almacenamiento de los productos, se determina que mayormente los productores almacenan por un lapso de un día, pues 52 de ellos, así lo exponen, encontrando que no existe una forma de almacenar establecida y acorde a normas particulares, pues 30.30% de los productores expresa que no se dedica a dicha tarea, el 69,70% lo hace en canastillas, y un 7% en costales. Esta situación, muy seguramente obedece al desconocimiento de casi todo acerca de normas como la ISO 9000:2015, ISO 22000:2005, FSSC: 2010. El 6,06% indica conocer a cerca de las buenas prácticas agrícolas (BPA).

Respecto a la comercialización de los productos, un 92% de los agricultores indica que vende sus productos a intermediarios de municipios como Tuluá, Cali, Zarzal, Andalucía, Buenaventura y El Cerrito; el 3.0% lo vende en almacenes detallistas, y el 5,0% se entrega al consumidor final; frente a esta situación, el 86,32% de los agricultores considera que sus utilidades serían más altas si dichos intermediarios no hicieran presencia, y el 13,68% restante considera que ello no influye en sus utilidades. Razón por la cual, el 81,91% de los productores considera que al haber una integración de la cadena de suministro frutícola se obtendría un incremento en el margen de contribución, en tanto el 18,09% de los agricultores restantes considera que sus utilidades no aumentarían con dicha integración.

Lo anterior determina que, para el caso del transporte de los frutos, ello se haga en vehículo propio del agricultor en un 54,55% de los casos, el 40,91% utiliza un medio de transporte contratado y el 4,55% lo hace en el transporte público; encontrando que un 13,13% ha sufrido pérdidas en el producto al ser transportados. Este aspecto del transporte, es el inductor que genera los costos más bajos, con un 3%, lo cual se encuentra justificado dado que los cultivadores de la zona no se dedican en gran medida al transporte de los bienes producidos, pues el intermediario siempre hace presencia en las zonas de cultivo.

Otro aspecto que merece la pena destacar, es el hecho de para obtener datos acerca del sector y las condiciones del mismo, los productores tienen en cuenta informes o datos suministrados por otros productores en el 65.35% de los casos; seguido de los datos propios en 15.84%, y el 11.88% tiene en cuenta los reportes emitidos desde el sector.

Todo lo antes descrito, permite entender que es oportuno el diseño e implementación de un modelo adecuado para el control de los inventarios en este sector de los cítricos, que genere a todos los productores un mejor conocimiento del mercado para así definir acertadamente su producción y ventas, lo cual necesariamente conlleva mejores utilidades, organización del sector y productividad para responder a las exigencias del mercado nacional e internacional.

7. MODELO REFERENTE

Se toma como referencia el artículo de Carolina Echeverry & Daniel Montánchez (2016) donde se diseña una Propuesta integral para el mejoramiento del sistema de abasto de una asociación dedicada a la producción-distribución de café orgánico mediante métodos cuantitativos en el marco de la gestión colaborativa de la cadena de suministro que va dirigida hacia una cadena de producción de café orgánico.

Los autores definieron la siguiente metodología para desarrollar el modelo:

- Caracterizar el sistema de gestión de abasto mediante un estudio exploratorio para hacer un diagnóstico de la situación actual.
- Modelar un sistema logístico que permita coordinar e integrar actividades en la red de abastecimiento de café orgánico mediante programación matemática.
- Evaluar computacionalmente el modelo propuesto a fin de estructurar un plan de abasto que disminuya los costos logísticos.

En el desarrollo del primer punto de la metodología los autores encuentran los siguientes aspectos fundamentales a tener en cuenta para la realización del modelo:

La cadena cuenta con un centro de acopio y una planta transformadora de café, estos se encuentran ubicados en el corregimiento de La Marina del municipio de Tuluá, donde 26 de las fincas asociadas están situadas en dicha localidad. La cadena también tiene presencia en las veredas: Pardo Alto, San Lorenzo, Tibolí, La Iberia, La Moralia, Remolinos y Naranjal, se limitantes grandes limitantes como las distancias entre las fincas y el centro de acopio.

Por otro lado, los autores encontraron que la asociación presenta falencias en aspectos como la planeación estratégica, estructura organizacional, innovación, calidad y desempeño en procesos logísticos que le impiden tener un mayor crecimiento industrial y le restan competitividad. Otros aspectos encontrados fueron los altos niveles de inventario, alta variación en procesos de envío y transformación, costos logísticos elevados, tamaños de lote no estandarizados y métodos de almacenamiento poco adecuados.

Para el desarrollo del modelo los autores definen los siguientes conjuntos:

I = fincas asociadas a ASOPECAM proveedoras de café orgánico.

H = Tipo de café a enviar desde fincas hacia ASOPECAM.

K = Agro insumos necesarios para la cosecha y conservación de los cultivos en las fincas.

M = Tipo de transporte utilizado para transportar café a la planta de ASOPECAM y para llevar agro insumos a las fincas.

T = Periodo en semanas

L = Proveedores externos a la asociación que abastecen a las fincas.

Luego presentan los siguientes parámetros:

$CAPT_m$ = Capacidad para llevar kilogramos de café en el tipo de transporte m

$CAPT_{mk}$ = Capacidad para llevar unidades de agro insumo k en el tipo de transporte m

CAP_i = Capacidad de almacenamiento en kilogramos de café en la finca i

CAP_{ik} = Capacidad de almacenamiento de agro insumo k en la finca i

CAP_PLANTA_h = Capacidad de almacenamiento de kilogramos de café tipo h en la planta de ASOPECAM

CAP_PLANTA_K = Capacidad de almacenamiento de agro insumo k en la planta de ASOPECAM

V_{im} = Número de vehículos tipo m disponibles en la finca i

NV_m = Número máximo de viajes que puede realizar el tipo de transporte m CMI_PLANTA

Costo de mantener en inventario un kilogramo de café en la planta de ASOPECAM

CMI_i = Costo de mantener en inventario un kilogramo de café en finca i

$CMI_AGRO_PLANTA_k$ = Costo de mantener en inventario una unidad de agro insumo k en la planta de ASOPECAM

CMI_AGRO_{ik} = Costo de mantener en inventario una unidad de agro insumo k en la finca i

CT_{im} = Costo de transportar un kilogramo de café desde la finca i hasta la planta de ASOPECAM en el tipo de transporte m.

CT_{ikm} = Costo de transportar agro insumo k desde la planta de ASOPECAM hasta la finca i en el tipo de transporte m

$COMP_CAFE_{iht}$ = Costo de comprar un kilogramo de café a la finca i de tipo h en el periodo t en ASOPECAM

$Comp_agro_{kl}$ = Costo promedio de comprar una unidad de agro insumo k al proveedor l en ASOPECAM

$PLAN_PRODUCCION_{ht}$ = Demanda de kilogramos de café tipo h de la planta de ASOPECAM en el periodo t

PC_{iht} = Pronóstico de cosecha en kilogramos de café tipo h en cada finca i en el periodo t

DEM_{ikt} = Demanda de agro insumo k en la finca i en el periodo t

A continuación, se presentan las variables del modelo determinadas por los autores para el modelo

X_{ihmt} = Cantidad en kilogramos de café tipo h a enviar desde finca i hasta la planta de ASOPECAM en el tipo de transporte m en un periodo t

Y_{ikmt} = Cantidad de agro insumo k a enviar desde la planta de ASOPECAM hasta finca i en el tipo de transporte m en un periodo t

N_{klt} = Cantidad a comprar de agro insumo k en la planta de ASOPECAM a proveedor l en un periodo t

I_{iht} = Inventario final en kilogramos de café tipo h en la finca i en el periodo t

I_{ikt} = Inventario final en unidades de agro insumo k en la finca i en el periodo t

I_PLANTA_{ht} = Inventario en kilogramos de café tipo h en la planta de ASOPECAM en el periodo t

I_PLANTA_{kt} = Inventario en unidades de agro insumo k en la planta de ASOPECAM en el periodo t

El trabajo tiene como objetivo mejorar las operaciones logísticas de la cadena de producción de café orgánico a la planta de producción por medio de la minimización de costos en sus procesos de transporte, almacenamiento, compras y mantenimiento de inventario.

Los autores los siguientes elementos de costos:

El costo total de transportar café desde las fincas hasta el centro de acopio es asumido por los proveedores de café y se determina mediante la siguiente expresión:

$$\sum_{ihmt} CT_{im} * X_{ihmt}$$

El costo total de transporte del agro insumo enviado desde el centro de acopio hasta las fincas, el cual es asumido por el asociado, se expresa de la siguiente manera:

$$\sum_{ikmt} CT_{ikm} * Y_{ikmt}$$

El costo de mantener inventario de café en la planta, se calcula a través de la siguiente expresión:

$$\sum_{th} CMI_{PLANTA} * I_{PLANTA}_{ht}$$

De manera similar, se calcula el costo de mantener el inventario de café en las fincas a través de la expresión:

$$\sum_{iht} CMI_i * I_{iht}$$

El costo total de mantener el inventario de agro insumos en la planta se calcula a través de la expresión:

$$\sum_{kt} CMI_AGRO_PLANTA_k * IPLANTA_{kt}$$

Igualmente, el costo total de mantener el inventario parte del centro de acopio, los cuales se expresan así:

$$\sum_{ikt} CMI_agro_{ik} * I_{ikt}$$

Además, se presentan los costos totales por compras de café a asociados de las fincas por parte del centro de acopio, los cuales se expresan así:

$$\sum_{ihmt} COMP_CAFE_{iht} * X_{ihmt}$$

Finalmente, se presentan los costos totales por compras a externos por parte del centro de acopio de ASOPECAM, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$\sum_{ihmt} COMP_AGRO_{KL} * N_{kit}$$

Definida la estructura de costos, presentan la función objetivo como la minimización de la sumatoria de los costos, con el objetivo de conseguir ventajas logísticas a partir del aprovechamiento de los recursos utilizados por la empresa y de esta manera distribuirlos para que sean aprovechados eficazmente.

$$\begin{aligned}
Zmin = & \sum_{ihmt} CT_{im} * X_{ihmt} + \sum_{ikmt} CT_{ikm} * Y_{ikmt} + \sum_{th} CMI_{PLANTA} * I_{PLANTA}_{ht} \\
& + \sum_{iht} CMI_i * I_{iht} \\
& + \sum_{kt} CMI_{AGRO_PLANTA}_k * I_{PLANTA}_{kt} + \sum_{ikt} CMI_{agro}_{ik} * I_{ikt} \\
& + \sum_{ihmt} COMP_CAFE_{iht} * X_{ihmt} + \sum_{ihmt} COMP_AGRO_{KL} * N_{kit}
\end{aligned}$$

El modelo presenta las siguientes restricciones:

La primera restricción define la demanda de kilogramos de café en la planta de ASOPECAM, donde al ser un mercado de oferta, se considera la posibilidad de tener una demanda insatisfecha y el sistema se encuentra limitado a la cosecha o plan de producción y se rige bajo la siguiente expresión:

$$I_{PLANTA}_{h(t-1)} + \sum_{im} X_{ihmt} \leq PLAN_PRODUCCION_{ht} \quad \forall h, t$$

También se contempla la restricción de demanda de agro insumos en cada finca donde el total de agro insumos a tener en esta, debe ser mayor o igual para cumplir con el plan de fertilización de todas sus plantaciones. Se define bajo la siguiente expresión:

$$I_{ik(t-1)} + \sum_m Y_{ikmt} \geq DEM_{ikt} \quad \forall i, k, t$$

Los autores definen la restricción de capacidad para almacenar kilogramos de café en la planta, donde el inventario actual debe ser menor o igual a la capacidad máxima de almacenamiento en el centro de acopio, dado que este inventario en planta es el resultado de sumar el inventario que quedó del periodo anterior más lo que llega de las fincas y menos los insumos que se van a producción. Esta restricción se define con la siguiente expresión:

$$I_{PLANTA_{ht}} \leq CAP_{PLANTA_h} \quad \forall h, t$$

Se precisa la restricción de capacidad para almacenar kilogramos de café en las fincas, donde el inventario actual debe ser menor o igual a la capacidad total de almacenamiento por cada finca. Como en el caso del almacenamiento de café en la planta, este inventario es la suma del pronóstico de cosecha más el inventario inicial del periodo y menos los insumos a enviar a la planta de producción. Se define de la siguiente manera:

$$\sum_h I_{iht} \geq CAP_i \quad \forall i, t$$

Se define la restricción de capacidad para almacenar agro insumos en la planta donde el total de agro insumos existentes en el inventario no pueden ser mayores a la capacidad de la planta para almacenarlos. El inventario de este periodo se compone del agro insumo comprado a los proveedores externos más las existencias en inventario de periodos anteriores menos lo que se envía a las fincas. Se expresa de la siguiente manera:

$$I_{PLANTA_{kt}} \leq CAP_{PLANTA_k} \quad \forall k, t$$

Se detalla la restricción de capacidad para almacenar agro insumos en las fincas, la cual certifica que la cantidad total que existe en el inventario de este periodo no debe ser mayor a la capacidad de cada finca. Este inventario contempla lo que llega por compras más los agros

insumos almacenados de periodos anteriores y menos lo que se utiliza para la fertilización.

Se expresa de la siguiente manera:

$$I_{ikt} \leq CAP_{ik} \quad \forall i, k, t$$

Se precisa la capacidad productiva de cada finca, bajo la cual las fincas solamente serán capaces de enviar a la planta lo que sean capaces de producir con respecto a su pronóstico de cosecha más el inventario almacenado de los periodos anteriores. Se define de la siguiente manera:

$$\sum_m X_{ihmt} - I_{ih(t-1)} \leq PC_{iht} \quad \forall i, h, t$$

Se hace necesario definir la capacidad en transporte para llevar kilogramos de café, donde la cantidad total de café a enviar desde cada finca hasta el centro de acopio se ve restringida por la capacidad de carga de cada vehículo, la disponibilidad de los mismos y el número máximo de viajes que realizan los vehículos por semana. Esta restricción se expresa de la siguiente manera:

$$\sum_h X_{ihmt} \leq CAPT_m * V_{im} * NV_m \quad \forall i, m, t$$

Se define la capacidad en transporte para llevar agro insumos desde la planta hasta cada finca, restringida por la capacidad de carga de los vehículos y la cantidad disponible. Esta restricción se expresa de la siguiente manera:

$$Y_{ikmt} \leq CAPT_{mk} * V_{im} * NV_m \quad \forall i, k, m, t$$

En cuanto a inventarios se refiere se determina el balance de masa en la planta para almacenar kilogramos de café donde la cantidad de a enviar a producción no puede sobrepasar la cantidad disponible en inventario.

$$I_{PLANTA_{h(t-1)}} + \sum_{im} X_{ihmt} = PLAN_PRODUCCION_{ht} + I_{PLANTA_{ht}} \quad \forall h, t$$

$$I_{PLANTA_{h(t-1)}} + \sum_{im} X_{ihmt} - PLAN_PRODUCCION_{ht} - I_{PLANTA_{ht}} = 0 \quad \forall h, t$$

Se determina el balance de masa en las fincas para almacenar café donde por normas de la asociación, toda la producción debe enviarse a la planta de ASOPECAM. Se define mediante la siguiente expresión:

$$I_{ih(t-1)} + PC_{Iht} = \sum_m X_{ihmt} + I_{iht}$$

$$I_{ih(t-1)} + PC_{Iht} - \sum_m X_{ihmt} - I_{iht} = 0 \quad \forall i, h, t$$

Ahora bien, se realiza un balance de masa en la planta para los agro insumos donde todo lo que hay en inventario y las compras son destinadas a la distribución en las fincas. Finalmente, se realiza un balance de masa en las fincas para los agro insumos donde los agro insumos a utilizar están restringidos por su disponibilidad. Se define de la siguiente manera:

$$I_{PLANTA_{k(t-1)}} + \sum_m N_{klt} = \sum_{im} Y_{ikmt} + I_{PLANTA_{kt}}$$

$$I_{PLANTA_{K(t-1)}} + \sum_m N_{klt} - \sum_{im} Y_{ikmt} - I_{PLANTA_{kt}} = 0 \quad \forall k, t$$

Finalmente, se realiza un balance de masa en las fincas para los agro insumos donde los agro insumos a utilizar están restringidos por su disponibilidad. Se define de la siguiente manera:

$$I_{ik(t-1)} + \sum_m Y_{ikmt} = DEM_{ikt} + I_{ikt}$$

$$I_{ik(t-1)} + \sum_m Y_{ikmt} - DEM_{ikt} - I_{ikt} = 0 \quad \forall i, k, t$$

Por último, los autores concluyen que la implementación de un plan de gestión colaborativa en la red de suministro de café orgánico, modelada a partir de programación matemática que minimice los gastos de operación en la administración de la cadena genera una mejoría en la eficiencia operacional en la red, teniendo en cuenta que el indicador definido que calcula el total de café almacenado sobre el total de gastos de operación, este indicador reporta una mejoría del 36%.

Por otro lado, también concluyen que las cantidades óptimas a enviar desde cada finca a la planta se vieron estandarizadas por la implementación del VMI, por lo que cada finca aporta las cantidades necesarias para cumplir con el plan de producción sin saturar los inventarios en la planta, ni tampoco la capacidad productiva de las fincas.

De igual manera, determinan que el inventario de kilogramos de café en el centro de acopio de ASOPECAM fue cero en todos los periodos del sistema debido a que la restricción de demanda de insumos en la planta tendía a que la sumatoria de las cantidades a enviar de las fincas fuera igual al plan de producción de la misma.

8. DIAGNOSTICO

A continuación, se hace una revisión de los aspectos considerados en el referente frente a las características propias de la cadena objeto de estudio, con el propósito de identificar las brechas y similitudes que posteriormente permitan presentar una propuesta de modelación ajustadas a las condiciones propias de la cadena de interés.

En el artículo los autores tienen como objetivo general proponer un plan de gestión de la red de suministro de café orgánico para mejorar la eficiencia operacional de la asociación mediante métodos cuantitativos, esta necesidad fue identificada a partir de un acercamiento con los pequeños caficultores, La cadena de producción de café orgánico cuenta con dos eslabones que son los productores y una planta transformadora de café donde se observó que la mayoría de procesos logísticos no se encuentran estandarizados y se ejecutan de manera empírica, por lo tanto, no presentan un costo estándar, esta situación descrita por los autores será tomada en cuenta en la cadena citrícola objeto de estudio. Para el desarrollo del modelo referencia se utiliza pasos metodológicos que serán de gran ayuda para el modelo propuesto para la cadena objeto de estudio. La consideración del referente con respecto a las grandes

distancias identificadas en su modelo, no se ajusta estrictamente al caso de estudio, debido a que se manejan distancias razonablemente cortas.

Por otro lado, los autores no tienen en cuenta la estructura de costeo por alistamiento y pedido de producto, que deben ser tenidas en cuenta en el modelo para la cadena objeto de estudio con una estructura bien definida debido a que los costos asociados a los insumos tenidos en cuenta en el artículo de referencia, no deben ser tenidos en cuenta en el modelo de la cadena citrícola debido a que este costo estará inmerso en un costo global de producción

El objetivo principal del modelo de referencia es minimizar los costos logísticos de la cadena de producción de café orgánico, esta estructura es adecuada para lo que se quiere implementar en la cadena citrícola objeto de estudio, sin embargo, teniendo en cuenta una estructura adicional que contenga los costos producción, pedido y alistamiento que no son tenidos en cuenta en el artículo referencia. Por otro lado, las restricciones asumidas del modelo referente son muy similares a las encontradas en la cadena citrícola, sin embargo, no se deben asumir las restricciones relacionadas con los insumos.

A continuación, se identificarán algunas semejanzas o diferencia entre los dos modelos.

Tabla 13. Comparación modelo referencia y modelo propuesto

MODELO REFERENCIA	MODELO VMI CADENA CITRICOLA
Se desarrolla para un producto perecedero como es el café orgánico	Se desarrollara para un producto perecedero como los cítricos (Naranja, Mandarina; Limón)
Tiene en cuenta en la estructura del modelo los costos logísticos referentes a los insumos	Tendrá en cuenta en su estructura de costos logísticos de Pedido y alistamientos de producto.
La cadena de producción cuenta dos eslabones; Productores, Planta transformadora.	La cadena citrícola estará compuesta por tres eslabones: Nodo de productores, centro de acopio y clientes.

No tiene en cuenta el tiempo de pederecibilidad del producto	Se tendrá en cuenta la vida útil del producto.
No tiene en cuenta la satisfacción de la demanda del cliente	Habrà una restricción que tendrá en cuenta la satisfacción de la demanda del cliente
Tiene en cuenta la capacidad de transporte	Tendrá en cuenta la capacidad de transporte
La función objetivo busca disminuir los costos	La función objetivo buscara minimizar los costos logísticos.

Fuente: Elaboración propia

9. DESARROLLO DEL MODELO

Se realizó una caracterización de la cadena objeto de estudio donde es de mucha importancia la información recolectada, De acuerdo a lo anterior se puede precisar que la cadena citrícola objeto de estudio está ubicado en el centro del valle del cauca, cuenta con eslabón productor donde se asumirá unos nodos conformado por los productores asociados a la cadena, también cuenta con dos centros de acopio y 3 clientes o detallistas que se encargaran de llevar el producto hasta el consumidor final. Con base en lo anterior a continuación se detallará la estructura de la cadena citrícola objeto de estudio.

9.1 LINEAMIENTOS DEL MODELO VMI

Para para el direccionamiento que tiene este proyecto que es un control de inventario bajo el supuesto que está enfocado hacia el VMI (Vendor Managed Inventory). La mayoría de los problemas encontrados dentro de la cadena como lo es poca colaboración entre los eslabones, manejo de inventarios y las cantidades de reabastecimiento requieren que como primera medida se establezca un conocimiento exacto del sistema que se está analizando; los objetivos, conocer los componentes y la estructura del mismo, sus límites e interrelaciones, tanto de sus componentes como del sistema con el medio donde se encuentra, determinar la

información que alimenta al sistema y la información que se espera que este entregue, etc. Todo esto permite conceptualizar el problema que se está tratando de resolver con ayuda del VMI (Pan-Pro, 2004).

A continuación, se mostrará la estructura propuesta para el desarrollo del VMI en la cadena citrícola del norte del valle.

Figura 5. Modelo VMI PARA CADENA CITRICOLA



Fuente Pan-Pro (2004)

El modelo se inicia con el proceso macro de colaboración entre los eslabones de la cadena (productores, centros de acopio y clientes) en el cual se traza el objetivo de minimización de los costos de la cadena. En nivel micro, se usa una herramienta informática que estará compuesta por el formato XML donde los actores de cadena podrán depositar la información diaria que se utilizará para que la ayuda tecnológica “modelo matemático” sea el encargado de brindarle la información suficiente al centro de acopio determine la planificación de la cadena, los eslabones se encargaran de compartir la siguiente información establecida así:

- Los productores estarán en la obligación de compartir las capacidades de producción de los productos y los precios de transferencia de estos.
- Los centros de acopio compartirán los costos de mantener el inventario, los costos de transporte por kilogramo de producto en el trayecto productores – centros de acopio, la capacidad de almacenamiento y el costo de alistamiento del producto.
- Los clientes compartirán los costos de mantener el inventario, los costos de transporte por kilogramo de producto en el trayecto centros de acopio – clientes, la capacidad de almacenamiento, el costo de pedido del producto y la demanda de los productos.

La información anterior ayudara a planificar la ejecución de la estrategia de reabastecimiento, para alcanzar el objetivo propuesto al menor costo.

Los costos de la cadena serán asumidos por los compradores en este caso serían los centros de acopio y los clientes, estos costos son mantener el inventario del producto, costo de transporte del producto, entre otros están el costo de pedido que asumido por los clientes y el costo de alistamiento asumido por centros de acopio. En la ejecución se pondrá en marcha la acción de reabastecimiento tanto de los centros de acopio, como del cliente, a partir de la información de la demanda entregada por el cliente. Esta etapa, que es de orden operativo, que es la planeación de la cantidad a reabastecer en los centros de acopio y los clientes será semanal para asegurar el correcto funcionamiento del VMI. Por otro lado, el centro de acopio llevara a cabo un proceso de evaluación donde se tendrá en cuenta el nivel de colaboración entre los eslabones, también se analizara el desempeño de la herramienta VMI, para observar si es óptimo el nivel de la calidad de las operaciones de reabastecimiento dentro de la cadena,

y si se pudo dar cumplimiento del objetivo propuesto de minimizar los costos, también si las actividades de planificación de la cadena citrícola son las óptimas o se tienen q replantear y por último el nivel retroalimentación del modelo VMI por partes de los actores de la cadena.

9.2 FORMULACION DEL MODELO MATEMATICO

Conjuntos

CLIENTES: Conjunto de clientes indexado por k.

CENTROS: Conjunto de centros de acopio indexado por m.

PRODUCTORES: Conjunto de productores indexado por i.

PRODUCTOS: Conjunto de productos indexado por j.

SEMANAS: Conjunto de semanas indexado por l.

Parámetros

CAP_{ji} = Capacidad de producción de cada producto j en cada productor i.

CPN_j = Costo de transferencia de cada producto j en cada productor i.

DEM_{jkl} = Demanda de cada producto j en cada cliente k en el mes l.

$CINV_m$ = Costo de mantener el inventario en los centros de acopio m.

$CINVC_k$ = Costo de mantener el inventario en los clientes k.

$CAPCEN_m$ = Capacidad máxima de inventario en cada centro de acopio m.

$CAPC_k$ = Capacidad máxima de inventario en cada cliente k.

CP_{jk} = Costo de pedido de cada producto j en el cliente k.

CA_{jm} = Costo de alistar de cada producto j en el centro de acopio m.

CFI_{im} = Costo de transporte desde el productor i hasta el centro de acopio m.

CFE_j = Costo de transporte desde el centro de acopio m hasta el cliente k.

$INVCERO C_{jm}$ = Inventario inicial de cada producto j en cada centro de acopio m.

$INVIC_{jk}$ = Inventario inicial de cada producto j en cada cliente k.

CAPT = 2000 (Capacidad de transporte de producto.)

Variables de decisión

Z_{jml} = Cantidad de producto j enviada desde cada productor i hacia el centro de acopio m en la semana l.

XZ_{jmlk} = Cantidad de producto j enviada desde cada centro de acopio m hacia el cliente k en la semana l.

Y_{jml} = Cantidad de producto j almacenado en cada centro de acopio m en la semana l.

X_{jml} = Cantidad de producto j almacenado en cada cliente k en la semana l.

Las variables de decisión representan las variables controlables, las cuales pueden ser manejadas por la cadena citrícola, y son aquellas resuelven el problema en forma directa o indirecta, en el modelo formulado, el centro de acopio puede decidir cuántas unidades despachar de cada uno de los productos a cada cliente.

8.2.4 Formulación de la función objetivo del modelo

La función objetivo condensa los costos logísticos de la cadena y otros elementos que se van a considerar en la función objetivo con la finalidad de minimizarlos:

Modelo

$$\begin{aligned}
 Zmin = & \sum_{jml} Y_{jml} * CINV_m + \sum_{jkl} X_{jkl} * CINV_k + \sum_{jiml} Z_{jiml} * CFI_{im} \\
 & + \sum_{jmkl} XZ_{jmkl} * CFE_{mk} + \sum_{jiml} Z_{jiml} * CPN_{ji} + \sum_{jmkl} XZ_{jmkl} * CP_{jk} \\
 & + \sum_{jmkl} XZ_{jmkl} * CA_{jm}
 \end{aligned}$$

La función objetivo mostrada está compuesta de la siguiente manera: los costos de inventario en el centro de acopio (primera sumatoria), los costos de inventario en el cliente (segunda sumatoria), los costos de transporte de los productores a los centros de acopio (tercera sumatoria), los costos de transporte de los centros de acopio a los clientes (cuarta sumatoria), los costos de producción del nodo productor (quinta sumatoria), el costo de pedir producto en el centro de acopio (sexta sumatoria), el costo de alistar el producto en el centro de acopio (séptima sumatoria), el costo de pedir producto en el cliente (octava sumatoria),

RESTRICCIONES

Se tendrán en cuenta las siguientes restricciones.

Restricción de Capacidad de producción

La sumatoria de los envíos de los productos j de cada productor i a los centros de acopio m debe ser menor o igual a la capacidad de cada productor i.

$$\sum_m Z_{jiml} \leq CAP_{ji} \quad \forall i, j, l$$

Balance de productos en centros de distribución

Estas restricciones. Indican que el flujo que llega a cada centro de acopio desde todos los productores, debe ser igual al flujo que sale de la misma hacia todos los clientes.

$$INVCEROC_{jm} + \sum_i Z_{jiml} - \sum_k XZ_{jmk l} - Y_{jml} \geq 0 \quad \forall j, k, l: l = 1$$

$$INVCEROC_{jml-1} + \sum_i Z_{jiml-1} - \sum_k XZ_{jmk l-1} - Y_{jml-1} \geq 0 \quad \forall j, k, l: l > 1$$

Satisfacción de la Demanda de cada distrito

Todos los despachos deben ser mayores o iguales a la demanda de cada cliente. Esta restricción representa que las unidades despachadas de cada producto j de cada centro de acopio m, para cada cliente k en el mes l más deben ser mayores o igual a la demanda de cada cliente k en el mes l de cada producto j.

$$\sum_m XZ_{jmk l} \geq DEM_{jkl} \quad \forall j, k, l$$

Inventario Máximo Centro de Acopio

Inventario total de los productos debe ser menor a la capacidad máxima de cada centro de acopio. El inventario total de todas las unidades de producto j almacenado en cada centro de acopio debe ser menor o igual a la capacidad máxima de inventario de cada centro de acopio m.

$$\sum_j Y_{jml} \geq CAPCEN_m \quad \forall m, l$$

Vida Útil del Producto en el Centro de Acopio

Al final de la semana no se pueden tener en los centros de acopio producto de más de una semana de almacenamiento

$$\sum_k XZ_{jmk l} \geq Y_{jml} \quad \forall j, m, l$$

Despacho de producto en los productores

La cantidad optima a enviar de producto desde los productores hacia el centro de acopio debe ser menor igual a la capacidad de transporte.

$$\sum_{ji} Z_{jiml} \geq CAPT \quad \forall j, m$$

Despacho de producto en los centros de acopio

La cantidad optima a enviar de producto desde el centro de acopio hacia los clientes debe ser menor igual a la capacidad de transporte.

$$\sum_{jm} XZ_{jmk l} \geq CAPT \quad \forall k, l$$

Inventario Máximo Clientes

Inventario total de los productos debe ser menor a la capacidad máxima de cada cliente. El inventario total de todas las unidades de producto j almacenado en cada cliente debe ser menor o igual a la capacidad máxima de inventario de cada cliente k.

$$\sum_j X_{jkl} \geq CAPC_k \quad \forall k, l$$

Vida Útil del Producto en el Centro de Acopio

Al final de la semana no se pueden tener en los centros de acopio producto de más de una semana de almacenamiento

$$\sum_{kl} DEM_{jkl} \geq X_{jkl} \quad \forall j, k$$

Balance de productos en centros de distribución

Estas restricciones. Indican que el flujo que llega a cada centro de acopio desde todos los productores, debe ser igual al flujo que sale de la misma hacia todos los clientes.

$$INVIC_{jk} + \sum_m XZ_{jmkl} - X_{jkl} \geq 0 \quad \forall j, k, l: l = 1$$

$$INVIC_{jkl-1} + \sum_m XZ_{jmkl''1''} - X_{jkl''1''} \geq 0 \quad j, k, l: l > 1$$

Inventario Final Centro de Acopio

El inventario de cada producto en los centros de acopio debe ser mayor o igual al inventario final determinado.

$$\sum_m Y_{jml} \geq INVFINAL_j \quad \forall j, l$$

NO NEGATIVIDAD

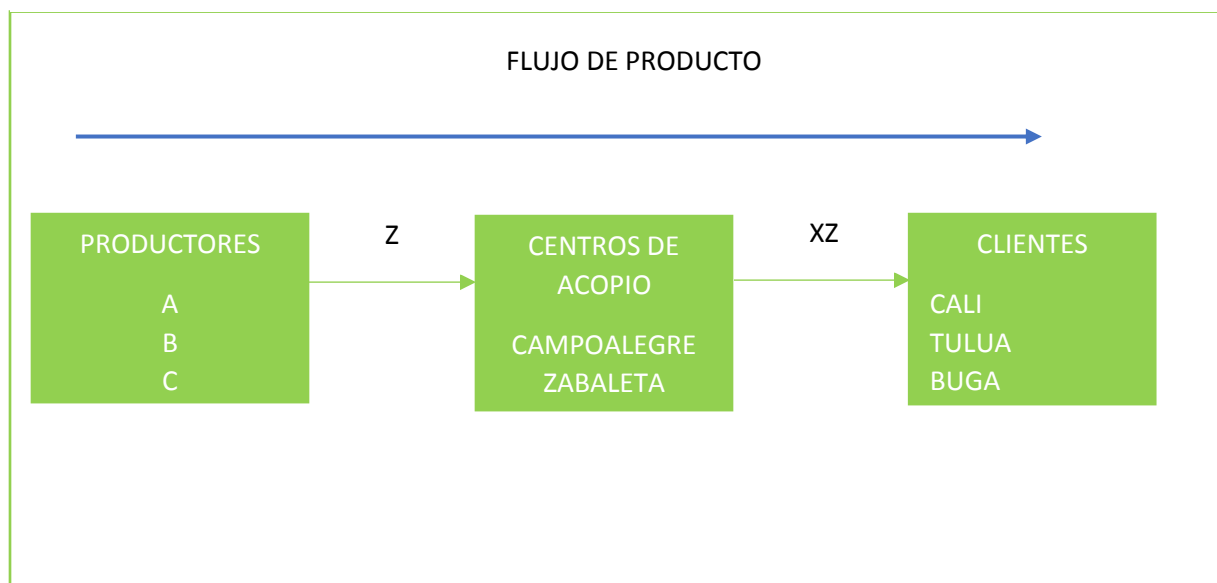
$$INVIC_{jk}, CAP_{ji}, CPN_j, DEM_{jkl}, CINV_m, CINVC_k, CAPCEN_m, CAPC_k, CP_{jk}, CA_{jm}, CFI_{im}, CFE_j, INVCEROC_{jm},$$

$$INVIC_{jk} \geq 0$$

10. CASO DE ESTUDIO

Para el desarrollo del proyecto realizo una caracterización. Con la ayuda de esta se puedo precisar que la cadena citrícola objeto de estudio está ubicado en el centro del valle del cauca, cuenta con un nodo productor compuesto por 6 productores que aparta una capacidad de producción para la cadena, también contara con dos centros de acopio ubicados en las veredas de Campo alegre y Zabaleta del municipio de Andalucía en el Valle del Cauca y por ultimo contara con 3 clientes que son CALI, TULUA y BUGA. Con base en lo anterior a continuación se detallará la estructura de la cadena citrícola objeto de estudio.

Figura 6. Estructura cadena citrícola objeto de estudio





Fuente: Elaboración propia

10.1 Las características bajo las cuales está sujeto el modelo VMI se muestra a continuación

1. El modelo se diseña para un periodo de planeación de 4 semanas.
2. Se consideran varios productos.
3. Se incluyen restricciones de capacidad, inventario, demanda.
4. La función objetivo incluye la suma de todos los costos asociados a la cadena.
5. Los clientes pueden recibir productos de cualquiera de los dos centros de acopio.
6. Por tratarse de productos perecederos se tiene en cuenta la vida útil de los mismos.
7. El transporte del producto entre los eslabones sera contratado por terceros y sera dado por kilogramo transportado.
8. Capacidad de inventario en el centro de acopio y cliente es conocida.
9. La demandas de los cliente seran conocidas.
10. La tasa de produccion en el productor sera conocida.

10.1.2 Componentes del modelo matemático

Productos

Se consideran dentro del modelo un conjunto de productos de la línea de cítricos, estos productos son: Limón pajarito, Mandarina arrayana y Naranja valencia. Las unidades de flujo del producto se hacen en kilogramos, de esta manera se encuentran calculados los costos asociados a la producción y al transporte.

Productores

La cadena citrícola objeto del estudio, cuenta con 3 productores ubicados en la zona rural de Andalucía (valle del cauca).

Centros de Acopio

Los centros de acopio se encuentran en las mismas instalaciones donde se encuentran ubicadas los productores.

Clientes

Se cuentan con 3 clientes asociados, los cuales son: CALI, TULUA Y BUGA.

10.2 GESTION DE COSTOS PROPUESTA PARA EL VMI

10.2.1 COSTOS EN LOS PRODUCTORES

Para la asignación de costos se emplea el sistema de costeo por productos, en el cual el objeto del costo es una unidad o kg, la cual contiene en su interior varias unidades del producto según la referencia. Cada una de las órdenes de producto por parte de los centros de acopio tiene asignados unos precios de transferencia y una capacidad de producción.

A continuación, se presenta los costos de transferencia y las capacidades de producción por cada referencia en cada productor en las respectivas.

Tabla 14. Capacidad de producción en los productores

PRODUCTO	PRODUCTORES		
	A	B	C
NARANJA	400	400	350
MANDARINA	550	600	500
LIMON	400	450	400

Fuente: Cadena objeto de estudio

Tabla 15. Precio de transferencia del producto en los productores

PRODUCTO	PRODUCTORES		
	A	B	C
NARANJA	1050	1000	1050
MANDARINA	1100	1200	1200
LIMON	850	850	850

Fuente: Cadena objeto de estudio

10.2.2 COSTOS DE ALMACENAJE EN LA CADENA.

COSTO DE ALMACENAJE EN LOS CENTROS DE ACOPIO.

Los costos de almacenamiento en los se establecen de acuerdo a los gastos necesarios para operar los centros de acopio. El sistema cuenta con dos centros de acopio, cada uno en diferentes corregimientos de Andalucía que son Campo alegre y Zabaleta desde los cuales se satisface la necesidad de los productores de la cadena por almacenar sus productos. El Centro de acopio campo alegre tiene una capacidad de almacenaje de 10 toneladas y Zabaleta cuenta también con una de 10 toneladas. Para el cálculo del costo unitario por kilogramo de producto almacenado se divide el costo total para operar el centro de acopio sobre su capacidad de almacenaje obtenemos que en Zabaleta almacenar un kilogramo cuesta \$ 72 y en Campo alegre \$ 60. Estos costos están calculados semanalmente:

Tabla 16. Costos en los centros de acopio

CENTROS DE ACOPIO	ARRENDAMIENTO	MOI	SERVICIOS	TOTAL COSTOS
CAMPOALEGRE	75000	390620	137400	603020
ZABALETA	62500	390620	125000	578120

COSTO MANTENER INVENTARIO

CAMPOALEGRE	61	\$/KG
ZABALETA	58	\$/KG

Fuente: Cadena objeto de estudio

COSTO DE ALMACENAJE EN LOS CLIENTES

Los costos de almacenamiento semanal en los clientes se establecen de acuerdo a los gastos necesarios para operar las bodegas de los clientes donde guardan los productos. El sistema cuenta con tres clientes: CALI, TULUA y BUGA estos clientes están ubicados en la cabecera municipal de Andalucía desde los cuales se satisface la demanda de los productos. El cliente llamado CALI tiene una capacidad de almacenaje de 3 toneladas, BUGA cuenta con una de 4 toneladas y TULUA con una 4.5 toneladas. Para el cálculo del costo unitario de mantener un kilogramo de producto almacenado se divide el costo total para operar sobre su capacidad de almacenaje.

Tabla 17. Costos en los Clientes

CLIENTES	ARRENDAMIENTO	MOI	VIGILANCIA	SERVICIOS	TOTAL COSTOS
CALI	37500	195310	195310	30000	458120
BUGA	62500	390620	195310	45000	693430
TULUA	0	390620	195310	37500	623430

COSTO MANTENER INVENTARIO

CALI	152	\$/KG
TULUA	154	\$/KG
BUGA	154	\$/KG

Fuente: Cadena objeto de estudio

10.2.3 COSTO DE TRANSPORTE PARA LA CADENA

El sistema de distribución se realiza desde los productores hacia los centros de acopio y desde ambos centros de acopio a los clientes, se despachará en vehículos sencillos. Esto se da por la disponibilidad de vehículos de la región donde está ubicada la cadena. El tipo de productos de la cadena tienen una relación Peso/Volumen muy baja, los contratos de transporte se manejan por trayecto y no por la carga en peso. El valor del flete por kg y destino se detalla a continuación, las cuales son las tarifas establecidas y previamente negociadas con las transportadoras.

Tabla 18. Costo de transporte de producto para los centros de acopio

ORIGEN	DESTINO	PRECIO x KG
PRODUCTOR A	CENTRO DE ACOPIO CAMPOALEGRE	\$ 5
PRODUCTOR B		\$ 5
PRODUCTOR C		\$ 10
PRODUCTOR A	CENTRO DE ACOPIO ZABALETA	\$ 10
PRODUCTOR B		\$ 10
PRODUCTOR C		\$ 5

Fuente: Cadena objeto de estudio

Tabla 19. costo de transporte de producto para los clientes

ORIGEN	DESTINO	PRECIO X KG
CENTRO DE ACOPIO CAMPOALEGRE	TULUA	\$ 13
	CALI	\$ 45
	BUGA	\$ 18
CENTRO DE ACOPIO ZABALETA	TULUA	\$ 10
	CALI	\$ 50
	BUGA	\$ 20

Fuente: Cadena objeto de estudio

10.2.4 COSTO DE PEDIDO PARA EL CLIENTE

El costo de pedido de la cadena será asumido por los distintos clientes y estará dado por los costos asociados incurridos como el cargue y descargue del producto, además de los costos administrativos para realizar un pedido.

A continuación, se presentan los costó de pedidos para los clientes:

Tabla 20. COSTO DE PEDIDO PARA EL CLIENTE

CLIENTE	PRECIO X KG
CALI	21
TULUA	14
BUGA	16

Fuente: Cadena objeto de estudio.

10.2.5 COSTO DE ALISTAMIENTO PARA LOS CENTROS DE ACOPIO

COSTO ALISTAMIENTO PARA EL CLIENTE

La cadena contará con una estructura para el alistamiento en el centro de acopio del producto que será enviado a los clientes. El producto será a listado de tres maneras en empaque de cartón, en empaque tipo malla y en bolsa transparente para este el centro de acopio asumirá un costo de 35 (\$/KG). Este costo debido a que el rollo de este empaque tiene un valor de \$ 35000 y tiene una capacidad de empaque de 1 tonelada y la bolsa transparente tiene un costo de \$ 300 y tiene una capacidad de empaque de 10kg.

Tabla 21. Costo de alistamiento por producto en los centros de acopio

CENTRO DE ACOPIO	PRODUCTO	EMPAQUE		
		BOLSA PLASTICA	EMPAQUE MALLA	EMPAQUE CARTON
CENTRO DE ACOPIO CAMPOALEGRE	NARANJA	-	-	36
	MANDARINA	30	-	-

	LIMON	-	35	-
CENTRO DE ACOPIO ZABALETA	NARANJA	-	33	-
	MANDARINA	-	-	34
	LIMON	30	-	-

Fuente: Cadena objeto de estudio

10.2.6 DEMANDA

El pronóstico de la demanda para el cliente de la cadena citrícola se realiza de acuerdo a los históricos de venta semanales. A continuación, presentamos la demanda de los distintos productos en los clientes asociados a la cadena.

Tabla 22. Demanda de cada producto en cada cliente

NARANJA				
CLIENTES	SEMANAS			
	1	2	3	4
CALI	102	120	137	120
TULUA	240	240	219	225
BUGA	230	210	250	210

MANDARINA				
CLIENTES	SEMANAS			
	1	2	3	4
CALI	110	110	136	316
TULUA	114	154	122	133
BUGA	346	371	295	268

LIMON				
CLIENTES	SEMANAS			
	1	2	3	4
CALI	352	366	322	300
TULUA	161	152	120	161
BUGA	296	276	298	297

Fuente: Cadena objeto de estudio

11. ANALISIS DE RESULTADOS

El resultado aportado por el modelo para las variables de salida nos permite estandarizar las cantidades de envío de productores - centros de acopio y centros de acopio - clientes y sus niveles de inventario. Existen diferentes índices que permiten cuantificar el grado de ajuste de los resultados del modelo. Si el modelo se ha construido adecuadamente se puede hacer un análisis de sensibilidad que permita determinar que parámetros merece la pena medir con mayor precisión. En este caso mediremos la variabilidad de los datos establecidos por el modelo para la cadena citrícola comparada contra los datos arrojados en el análisis de sensibilidad sobre la cantidad enviada de los diferentes productos a los centros de acopio y los clientes. El siguiente cuadro resume los resultados obtenidos de acuerdo a la distribución de los productos para las semanas 1,2,3,4.

Los resultados arrojados por el modelo después de hacer la corrida es el siguiente:

Tabla 23. Resultado del modelo

RESULTADOS EN EL MODELO MATEMATICO	SEMANAS	COSTO TOTAL
	1-4	\$ 26.519.292

Fuente: Elaboración propia

El modelo también realizó una propuesta para las cantidades de producto a enviar entre los eslabones de la cadena, esta propuesta es la siguiente:

Figura 7.FLUJO DE PRODUCTO PRODUCTORES – CENTROS DE ACOPIO



Fuente: Elaboración propia

A continuación se presentan las cantidades de producto arrojadas por el modelo para ser enviadas desde cada productor hacia los dos centros de acopio, esto con el fin de hacer una planeación de la producción que evite que haya un sobre inventario de producto en los centros de acopio y de esta manera cumplir con el objetivo planteado en la función objetivo que es reducir los costos.

Tabla 24. Cantidad de producto (kg) enviada desde los productores al centro de acopio Campo alegre

SEMANA	LIMON			MANDARINA			NARANJA		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	187	192	0	450	284	0	301	0	0
2	334	0	0	450	0	0	240	0	0
3	280	0	0	450	0	0	219	0	0
4	376	0	0	450	0	0	225	0	0

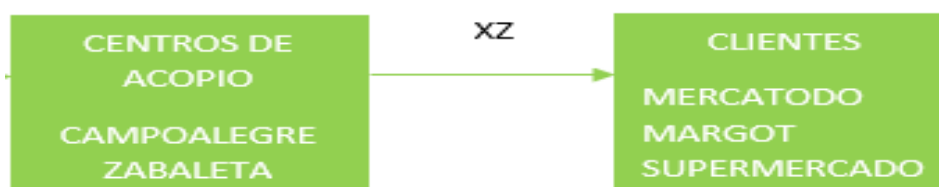
Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Cantidad de producto (kg) enviada desde los productores al centro de acopio Zabaleta

SEMANA	LIMON			MANDARINA			NARANJA		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	213	0	450	0	0	0	0	0	450
2	0	0	450	0	0	193	0	0	330
3	0	0	450	0	0	103	0	0	387
4	0	0	450	0	0	81	0	0	334

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. FLUJO DE PRODUCTO CENTROS DE ACOPIO – CLIENTES



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se muestra la cantidad de producto a enviar desde los centros de acopio a cada uno de los clientes esto con el objetivo de cumplir con la restricción determinada a satisfacer la demanda y de esta manera evitar el costo por faltantes o sobrantes que permitan que se incremente los costos en los que incurre cada uno de los clientes, y así reducir los costos.

Tabla 26. Cantidad de producto (kg) enviada desde el centro de acopio Campo alegre a los clientes

SEMANA	LIMON		
	BUGA	CALI	TULUA
1	0	361	0
2	0	352	0
3	0	280	0
4	0	361	0
SEMANA	MANDARINA		
	BUGA	CALI	TULUA
1	110	346	114
2	118	371	58

3	136	295	23
4	130	268	43
NARANJA			
SEMANA	BUGA	CALI	TULUA
1	56	245	0
2	0	240	0
3	0	219	0
4	0	225	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Cantidad de producto (kg) enviada desde el centro de acopio Zabaleta a los clientes

	LIMON		
SEMANA	BUGA	CALI	TULUA
1	300	0	161
2	280	0	152
3	270	40	140
4	310	0	155
MANDARINA			
SEMANA	BUGA	CALI	TULUA
1	0	0	0
2	0	0	97
3	0	0	100
4	0	0	91
NARANJA			
SEMANA	BUGA	CALI	TULUA
1	174	0	111
2	210	0	120
3	250	0	137
4	215	0	119

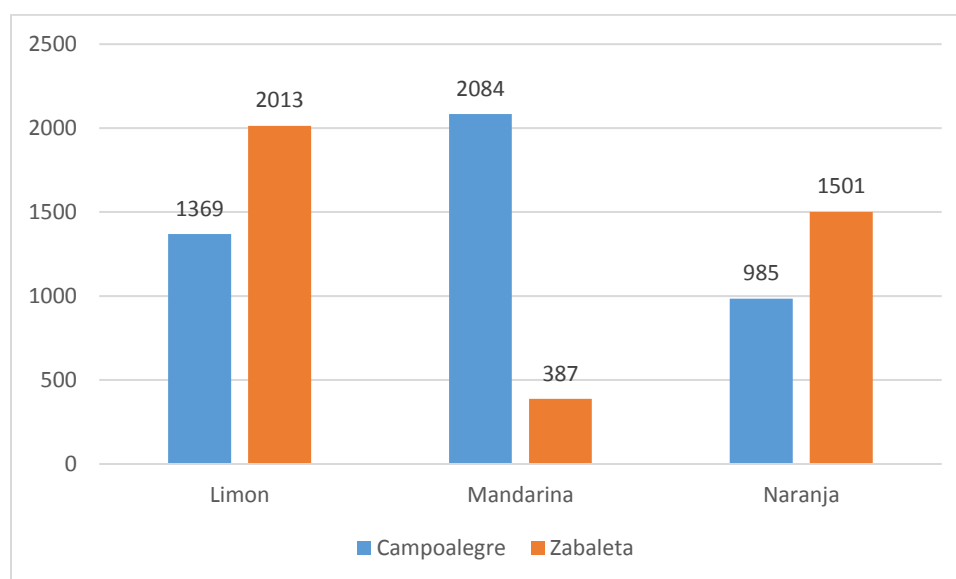
Fuente: Elaboración propia

Revisando estos datos obtenemos que el envío de naranja desde el productor hacia los centros de acopio se hace el 39% desde el productor A y el 61% desde el productor C, para la mandarina el 72% desde el productor A, el 11% corresponde al producto B y el 17% para el productor C. Para el caso del limón el 42% lo hace el productor A, el 5% para el productor

B y el restante 53% corresponde al productor C. El 53% del manejo de los inventarios se hace desde el centro de acopio de Campo alegre y el restante 47% desde Zabaleta.

A continuación, se presenta la cantidad de producto almacenado en los centros de acopio.

Gráfica 13. Cantidad de producto almacenado en los centros de acopio



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica anterior se puede observar que los inventarios del limón y la naranja son más altos en Zabaleta con 2013 y 1501 respectivamente, mientras el inventario de la naranja es el más alto en Campo alegre con 2084 KG.

12. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Con el objetivo de entender mejor el comportamiento del modelo VMI propuesto, se realizó un análisis de sensibilidad que muestra cuál es el impacto en la función objetivo al variar los parámetros de modelo como: capacidad de producción del productor, la demanda de los clientes, costos de transporte, costo de mantener inventario en los centros de acopio.

Según Pannell, los valores de los parámetros y las suposiciones de cualquier modelo están sujetos a cambios, la incertidumbre es una de las principales razones por las cuales el análisis de sensibilidad es útil para tomar decisiones o recomendaciones.

El análisis de sensibilidad mide cuanto pueden llegar a afectar a los resultados de un modelo variaciones relativamente pequeñas en los valores de los parámetros. Tiene un gran número de utilidades. En primer lugar, sirve para comprobar la lógica interna de un modelo, ayuda a entender cómo funciona el modelo o porque no funciona correctamente y aprender más acerca de su funcionamiento. En un modelo pequeño como el propuesto, con pocos parámetros puede resultar obvio a partir del estudio de sus ecuaciones que parámetros van a tener más influencia sobre los resultados del modelo y para observar este comportamiento puede resultar imprescindible un análisis de sensibilidad.

Por otro lado, podemos definir el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que nos puede ayudar para medir el grado de relación de las variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas y continuas como es el caso de los datos del modelo de cadena objeto de estudio,

y de esta manera poder como medir la relación del aumento de un parámetro puede afectar la función objetivo.

12.1 AUMENTO DE CADA UNO DE LOS PRODUCTOS

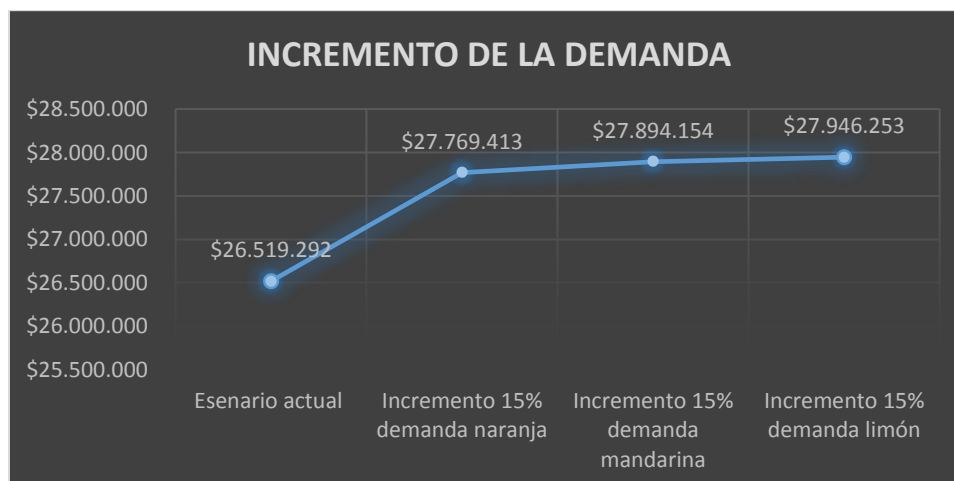
Con el fin de evaluar cuál es el impacto en la función objetivo si la demanda de los productos sube en los clientes y por ende se acopiaría mucho más producto, se realizaron un escenario en el cual se incrementó la demanda de cada de los productos de manera individual en un 15%.

Tabla 28. INCREMENTO DE LA DEMANDA

INCREMENTO DE LA DEMANDA	COSTO TOTAL	DIFERENCIA	% VARIACION
-	\$ 26.519.292	-	-
Aumento 15% demanda naranja	\$ 27.769.413	\$ 1.231.776	4.64%
Aumento 15% demanda mandarina	\$ 27.894.154	\$ 1.356.517	5.11%
Aumento 15% demanda limón	\$ 27.946.253	\$ 1.408.616	5.30%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 14.Comportamiento de los costos con el incremento de la demanda de los productos



Fuente: Elaboración propia

Se puede concluir que ningún escenario planteado genero una disminución en la función objetivo, se puede encontrar que hay una correlación positiva en este caso, el cual es casi perfecta entre el porcentaje que aumenta la demanda de cada producto y el valor de la función. También podemos observar que el aumento que más impacta la función objetivo en los escenarios planteados de aumento de producción por ítem fue el de limón.

12.2 VARIACIÓN EN EL COSTO DE MANTENIMIENTO DE LOS CENTROS DE ACOPIO (CINV)

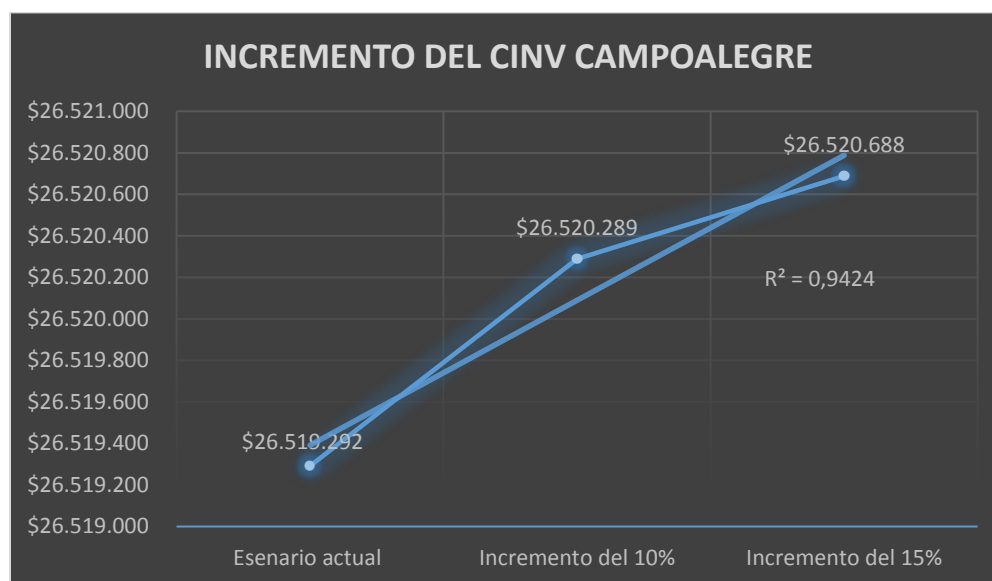
Con el fin de evaluar el impacto que hay en la función objetivo al cambiar el parámetro del costo de mantener el inventario en los centros de acopio (CINV), el cual se incrementó el producto recogido en un 10% y otro en un 15%.

Tabla 29. INCREMENTO DEL CINV CAMPOALEGRE

INCREMENTO DEL CINV CAMPOALEGRE	COSTO TOTAL	DIFERENCIA	% VARIACION
0%	\$ 26.519.292	-	-
10%	\$ 26.520.289	\$ 997	0.0000368%
15%	\$ 26.520.688	\$ 1.396	0.0000526%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 15. Comportamiento de los costos con el incremento del CINV en Campo alegre



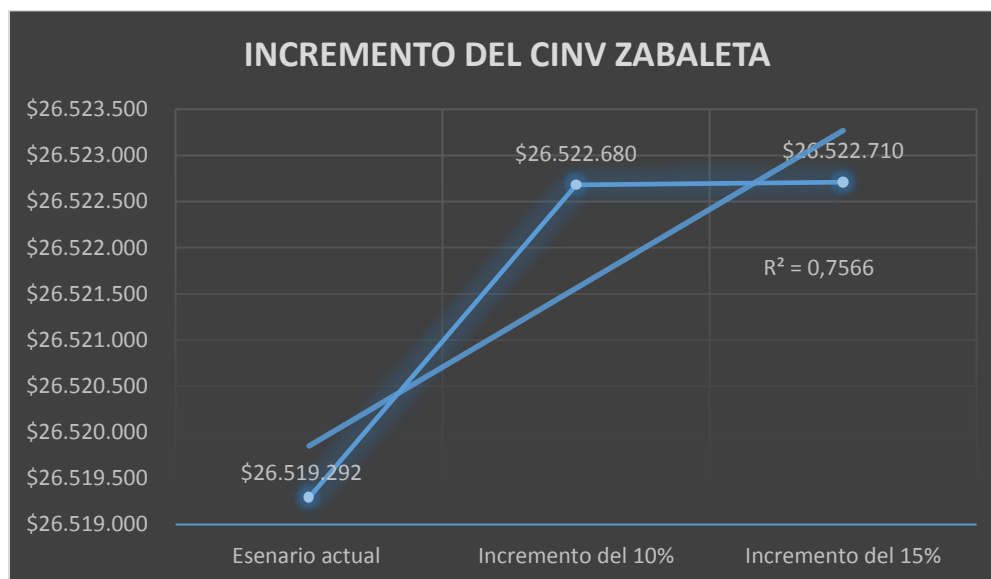
Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. INCREMENTO DEL CINV ZABALETA

INCREMENTO DEL CINV ZABALETA	COSTO TOTAL	DIFERENCIA	% VARIACION
0%	\$ 26.519.292	-	-
10%	\$ 26.522.680	\$ 3.388	0.000127%
15%	\$ 26.522.710	\$ 3.418	0.000128%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 16. Comportamiento de los costos con el incremento del CINV en Zabaleta



Fuente: Elaboración propia

Se puede concluir que ningún escenario planteado en los centros de acopio generó una disminución en la función objetivo, se puede encontrar que hay una correlación positiva en este caso, el cual es casi perfecta entre el porcentaje que aumentan los costos de mantener el inventario en los centros de acopio y el valor de la función objetivo, aunque el centro de acopio Campoalegre presentó una mejor correlación y variación de la función objetivo al incrementar el producto recogido ya que este tiene un mayor costo de mantener el inventario que en el de Zabaleta.

12.3 VARIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN LOS PRODUCTORES

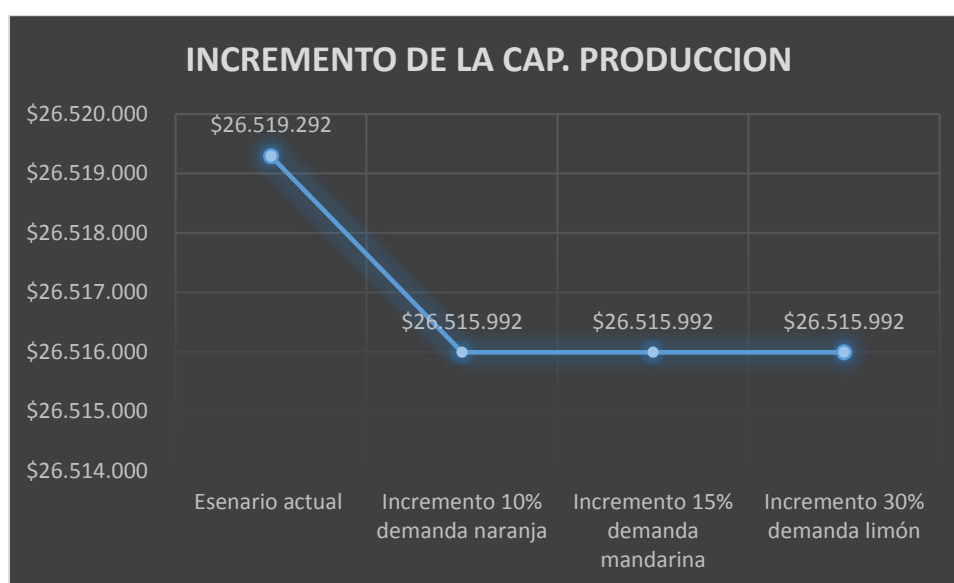
Con el fin de evaluar cuál es el impacto en la función objetivo, si la capacidad de producción de los productos sube en los productores y por ende se despacharía mucho más producto a los centros de acopio, se realizaron varios escenarios en los cuales se incrementó la capacidad de producción de cada uno en un 10%, 15% y 20% respectivamente.

Tabla 31. INCREMENTO DE LA CAP. PRODUCCION

INCREMENTO DE LA CAP. PRODUCCION	COSTO TOTAL	DIFERENCIA	% VARIACION
0%	\$ 26.519.292	-	-
10%	\$ 26.515.992	-\$ 3.300	0.000128%
15%	\$ 26.515.992	-\$ 3.300	0.000128%
30%	\$ 26.515.992	-\$ 3.300	0.000128%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 17. Comportamiento de los costos con el incremento de la capacidad de producción en los productores



Fuente: Elaboración propia

Se puede concluir que el escenario planteado en la capacidad de producción de los productores, genera una pequeña disminución en la función objetivo, se puede encontrar que hay una correlación negativa en este caso, el cual es casi perfecta entre el porcentaje que aumenta la capacidad de producción de cada producto en los productores y el valor de la función objetivo. Se encontró que al incrementar la producción más del 10% se mantiene igual la función objetivo del costo ya que la producción igualaba la demanda y el modelo se

restringe a cosechar más producto de los que se puede vender y por ende no se incurre en más costos.

12.4 VARIACIÓN EN EL COSTO DE TRANSPORTE DE LOS PRODUCTORES HACIA LOS CENTROS DE ACOPIO (CFI)

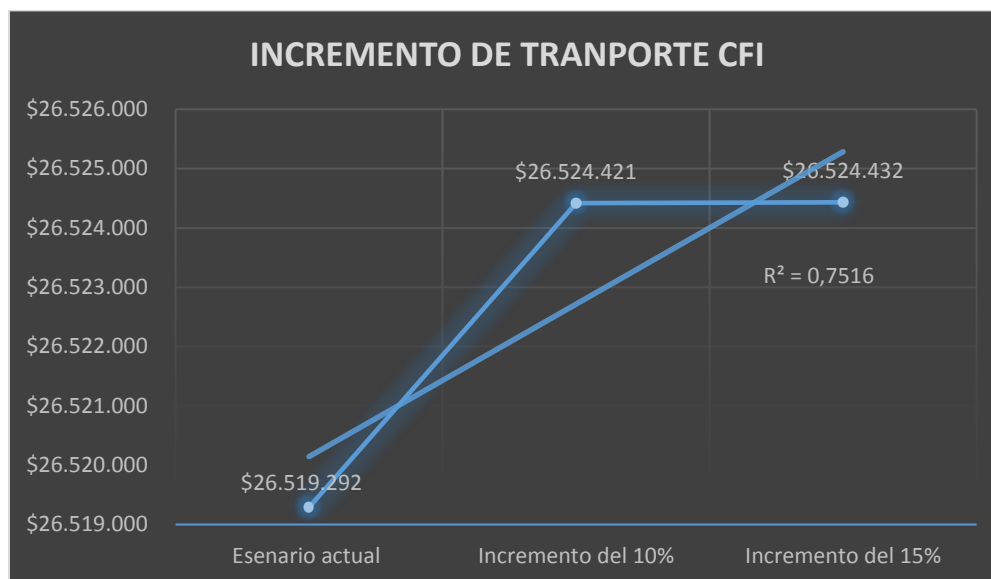
Con el fin de evaluar el impacto que hay en la función objetivo al cambiar el parámetro del costo de transporte de los productores hacia los centros de acopio (CFI), el cual se incrementó el producto recogido en un 10% y otro en un 15%.

Tabla 32. INCREMENTO DE TRANSPORTE CFI

INCREMENTO DE TRANSPORTE CFI	COSTO TOTAL	DIFERENCIA	% VARIACION
0%	\$ 26.519.292	-	-
10%	\$ 26.524.421	\$ 5.129	0.000193%
15%	\$ 26.524.432	\$ 5.140	0.000194%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 18. Comportamiento de los costos con el incremento en el costo de transporte (CFI)



Fuente: Elaboración propia

Se puede evidenciar que este escenario, no dio un mejor valor que la función objetivo e incluso mayor que el escenario actual sin modificar.

12.5 VARIACIÓN EN EL COSTO DE TRANSPORTE DE LOS CENTROS DE ACOPIO HACIA LOS CLIENTES (CFE)

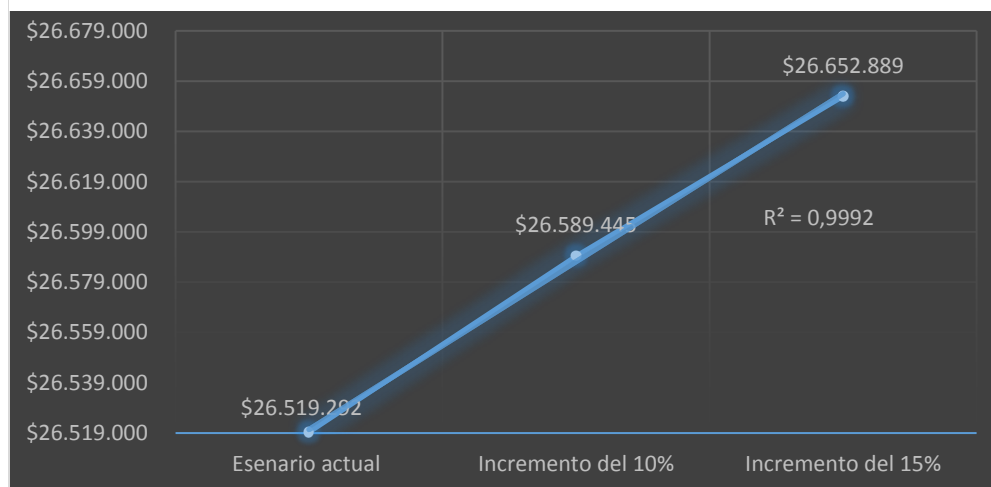
Con el fin de evaluar el impacto que hay en la función objetivo al cambiar el parámetro del costo de transporte de los centros de acopio hacia los clientes (CFE), el cual se incrementó el producto recogido en un 10% y otro en un 15%.

Tabla 33. INCREMENTO DE TRANSPORTE CFE

INCREMENTO DE TRANSPORTE CFE	COSTO TOTAL	DIFERENCIA	% VARIACION
0%	\$ 26.519.292	-	-
10%	\$ 26.589.445	\$ 70.153	0.00264%
15%	\$ 26.652.889	\$ 133.597	0.00503%

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 19. Comportamiento de los costos con el incremento en el costo de transporte (CFE)



Fuente: Elaboración propia

En este escenario se puede evidenciar, no genero una disminución en la función objetivo e incluso genera un valor mayor al escenario inicial.

CONCLUSIONES

En la búsqueda de estrategias que permitan la optimización de las cadenas de abastecimiento, encontramos en este modelo matemático bajo la filosofía VMI aplicado a la cadena objeto de estudio industria una herramienta que sin lugar a duda ayuda a agilizar la toma de decisiones en el centro de acopio y permite la gestión eficaz de la cadena. Se diseñó un modelo matemático de programación lineal, teniendo en cuenta las condiciones de operación de la cadena, En esta cadena se pudo evidenciar que hay un problema en el manejo de los inventarios, en la distribución del producto y manejo de la información entre otros. Se realizó el respectivo análisis de las variables resultantes logrando concluir que el modelo cumple con las restricciones de capacidad, demanda, inventarios, balance de plantas, despachos y vida útil de producto.

Para la recopilación de la información que contiene este trabajo de grado se tuvo que caracterizar casi todo desde cero, ya que el sistema de información que se tiene no es muy bueno o está incompleto.

Se formuló un modelo definiendo unos lineamientos donde los compradores son los que asumen los costos, y compartirán la información por medio de una plataforma XML donde la información será suministrada semanalmente. Por otro lado, teniendo en cuenta todas las condiciones del problema ya mencionadas partiendo de varios trabajos que han investigado e implementados modelos VMI, este trabajo presento una propuesta de VMI el cual se solucionó mediante una programación lineal, el cual se corrió en el programa AMPL, se utilizó la herramienta AMPL ya que tiene herramientas que nos posibilitaron encontrar una solución de buena calidad en un tiempo razonable

Por otro lado, se realizó un análisis de sensibilidad. Este análisis arrojó como resultado que al aumentar la demanda del limón en un 15% se obtienen un aumento de los costos de 5.30% por semana y al incrementar en un 15% la demanda de la naranja se obtiene un aumento de 4.64%, y por ultimo al aumentar la demanda de la mandarina por el mismo valor se obtiene un incremento de 5.11% en los costos totales. Los despachos deben realizarse en los productores hacia los centros de acopio en un 39% desde el productor A, y el 61% desde el productor C, para la

mandarina el 72% desde el productor A y el 11% corresponde al producto B y el 17% para el productor C, para el caso del limón el 42% lo hace el productor A, el 5% para el productor B y el restante 53% corresponde al productor C.

Por otro lado, el 53% del manejo de los inventarios se hace desde el centro de acopio de Campo alegre. Teniendo en cuenta que los costos de fletes representan el 12% del costo de la cadena dicha localización se convierte en un factor decisivo que puede hacer más rentable y competitivo el sector. Se recomienda hacer un análisis profundo del comportamiento histórico para la demanda de los productos que permita tener pronósticos más acertados a la realidad que vive el mercado. La implementación de herramientas de análisis de la demanda, y de técnicas avanzadas ayudarán a los clientes a realizar pronósticos de acuerdo a la venta, de esta manera podrán realizar sus presupuestos y requerimientos de producto. Con los cuales podrá satisfacer la demanda logrando niveles óptimos de eficiencia.

En trabajos futuros se puede estudiar la implementación de unas políticas claras de control de inventarios como sistema de control continuo (S, Q) o el sistema de control periódico (R,

S), para revisar los niveles de inventario. Cualquiera de los sistemas implementados facilitaría la coordinación del control de varios ítems, y tendrán la capacidad de responder a las fluctuaciones de demanda durante el tiempo de reposición de los proveedores o del sistema de producción

REFERENCIAS

- Agronet. (2015). *Principales Cultivos por Área Sembrada en el Año 2014*. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/Documents/Valle%20del%20Cauca.pdf>
- Aguilar, P.; Escobar, M.J. y Pássaro, C.P. (2015). *Situación actual de la cadena de cítricos en Colombia: limitantes y perspectivas*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/267800653_Situacion_actual_de_la_cadena_de_citricos_en_Colombia_limitantes_y_perspectivas
- Arango, M.D.; Adarme, W. y Zapata, J.A. (2013). Inventarios colaborativos en la optimización de la cadena de suministros. *Dyna* (181): pp. 71-80.
- Arango, M.D.; Zapata, J.A. y Adarme, W. (2011). Aplicación del modelo de inventario manejado por el vendedor en una empresa del sector alimentario colombiano. *Revista EIA* (15): pp.21-32
- Asociación Hortifrutícola de Colombia. (2014). *Revista Frutas y Hortalizas* (33): pp. 1-40
- Baixauli, C. y Nájera, I. (2017). Nuevo panorama varietal citrícola. Documentos de Trabajo ADN Agrofood-Cajamar. Recuperado de http://agricultura.gencat.cat/web/.content/de_departament/de02_estadistiques_observatoris/27_butlletins/02_butlletins_nd/documents_nd/fitxers_estatics_nd/2017/0194_2017_SProductius_FruitaHorta_Sector-citricola-mon-2016-Espanya.pdf
- Blatherwick, A. (1998). Vendor Managed Inventory: fashion fad or important supply chain strategy? *Supply Chain Management: An International Journal* (3)1: pp.10-11
- Camacho, H.; Gómez, K.L. y Monroy, C.A. (Julio de 2012). *Importancia de la cadena de suministros en las organizaciones*. Tenth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI) Panamá City, Panamá.
- Cannella, S.; Ciancimino, E. Framinan, J.M. y Disney, S. (2010). Los cuatro arquetipos de cadenas de suministro. *Universia Business Review* (26): pp. 134-149
- Castañeda, L.V. y Cardona, M.A. (2016). *Modelo de gestión de inventarios para la cadena de abastecimiento agroindustrial frutícola de Colombia* (Proyecto de grado Ingeniería Industrial) Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería, Bogotá Colombia

- Claassen, M.J.T.; Van Weele, A.J. y Van Raaij, E.M. (2008). Performance outcomes and success factors of vendor managed inventory (VMI). *International Journal* (13)6: pp. 406-414
- Crosato, E.; Allyosha, A.A. y Soriano Valdivia, A. (2016). *Propuesta de mejora del proceso de aprovisionamiento de materiales consumibles y suministros en una empresa de servicios petroleros* (Tesis Magíster en Supply Chain Management) Universidad del Pacífico, Escuela de Posgrado, Lima, Perú
- Danese, P., "The extended VMI for coordinating the whole supply chain network," *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 17, (7), pp. 888-907, 2006.
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Colombianos botan 9,76 millones de toneladas de comida al año*. Recuperado de <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Colombianos-botan-9,76-millones-de-toneladas-de-comida-al-a%C3%B1o.aspx>
- El País.com.co. (Julio 23 de 2017). *Valle del Cauca, la segunda región donde más se produce fruta en Colombia*. Recuperado de <http://www.elpais.com.co/economia/valle-del-cauca-la-segunda-region-donde-mas-se-produce-fruta-en-colombia.html>
- Escobar, M.J. (2014). *Perfil de los cítricos en Colombia*. Consejo Nacional Citrícola. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Citricos/.../005%20-%20D.T%20-%20Perfil%20de...>
- García, R. (Febrero de 2016). *Cambios y tendencias en las cadenas de suministro globales y locales*. Seminario Internacional de Management Logístico, San Isidro, Argentina
- Gobernación del Valle del Cauca. (2017). Plan Integral de Fruticultura será presentado mañana por la Gobernación del Valle. Recuperado de <http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones.php?id=38803>
- Gobernación del Valle del Cauca. (2006). Plan Frutícola Nacional Valle del Cauca, tierra de frutas. Recuperado de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_117_PFNValledelCauca.pdf
- González, E. (2016). Reducción del efecto del látigo en la cadena de suministro de la empresa Labiofam Villa Clara, con un modelo que sigue una filosofía Vendor Management Inventory (VMI) (Trabajo de diplomado) Universidad Central Marta Abreu de Las

- Villas, Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial Ingeniería Industrial, Villa Clara, Cuba
- Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista I., Pilar. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mac Graw Hill
- Pan-Pro (2004). Vendor Managed Inventor
- Herrera, G. (2014). *Análisis de modelos de planificación colaborativa en la cadena de suministros: Una revisión de la literatura*. Tenth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI) Guayaquil, Ecuador
- Jiménez, J.E. (2005). Estado del arte de los modelos matemáticos para la coordinación de inventarios en la cadena de suministro. *Publicación Técnica No 281*. Recuperado de <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt281.pdf>
- Kim, C.O.; Jun, J.; Baek, J.K.; Smith, R.L. y Kim, Y.D. (2005). Adaptive inventory control models for supply chain management. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (26)9-10: pp.1184–1192
- Kwak, Ch.; Choi, J.S.; Kim, Ch. O. y Kwon, I.H. (2009). Situation reactive approach to Vendor Managed Inventory problema. *Expert Systems with Applications* (36)5: pp. 9039-9045
- Lin, Y.S.; Jonas, C.P. Yu & Wang, K.J. (2010). An efficient replenishment model of deteriorating items for a supplier–buyer partnership in hi-tech industry. *Journal Production Planning & Control* (20) 5: pp.431-444
- Marroquín, M.M.; Guevara, M.A. y Calderón-Morales, R.E. (2008). *Mejores prácticas con proveedores en el proceso de la red logística de Inbound*. *Sistemas VMI – CPFR* (Tesis de Licenciatura en Administración de Empresas) Universidad Dr. José Matías Delgado, Facultad de Agricultura e Investigación Agrícola, Antigua Cuscatlán, México
- Ministerio de Agricultura y Fomento Rural. (2017). *Cadena de cítricos indicadores e instrumentos*, abril 2017. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Citricos/.../006%20-%20Inf.%20Coyuntura%20-%2...>

- Ministerio de Agricultura y Fomento Rural. (2006). *Plan frutícola nacional*. Recuperado de http://www.frutasyhortalizas.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_18_DIAGNOSTICO%20FRUTICOLA%20NACIONAL.pdf
- Mongil, G. (2017). La Cadena de Suministro en el mundo agrícola. Recuperado de <https://meetlogistics.com/cadena-suministro/la-cadena-de-suministro-en-el-mundo-agricola/>
- Montenegro, M. V.; Pulido, J.S. y Palacio León, O. (s.f.). *Coordinación de existencias mediante la administración de inventarios por parte del proveedor -VMI-*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. Recuperado de http://www.umng.edu.co/documents/10162/745279/V2N2_9.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (s.f.). *Frutos cítricos*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s0z.htm#TopOfPage>
- Orjuela, J.A.; Morales, F.S. y Mejía, L.F. (2017). ¿Cuál es la mejor cadena de suministro para frutas perecederas, lean o ágil? *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* (11) 2: pp. 294-305
- Redacción. (6 de agosto de 2016). El Valle del Cauca mira hacia el sector frutícola. *El Tiempo*. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/colombia/cali/valle-del-cauca-mira-hacia-el-sector-fruticola-35585>
- Ribas, I. y Companys, R. (2007). Estado del arte de la planificación colaborativa en la cadena de suministro: Contexto determinista e incierto. *Intangible Capital* (3)3: pp. 91-121
- Ribas, J. (2016). La imparable evolución hacia las cadenas de suministro colaborativas. Recuperado de <http://t21.com.mx/opinion/columna-invitada/2016/09/26/imparable-evolucion-hacia-las-cadenas-suministro-colaborativas>
- Echeverry Andrade y Montánchez Sarasty (2016). Propuesta integral para el mejoramiento del sistema de abasto de una asociación dedicada a la producción-distribución de café orgánico mediante métodos cuantitativos en el marco de la gestión colaborativa de la cadena de suministro.
- Rius Díaz, Francisca. Barón López, Francisco Javier. Parras Guijosa Bioestadística: Métodos y Aplicaciones (1999) pp. 81

- Tarín, D.; García, D.; Hernández, J.M. y Zamarripa, N. (2008). *Cadena de suministro* (Trabajo de Maestría en Administración y Liderazgo) Universidad Autónoma del Noreste, Coahuila, México
- Thalbauer, H. (2014). *Una nueva era de gestión de la cadena de suministro colaborativa*. Recuperado de <http://www.manutencionyalmacenaje.com/es/notices/2014/10/una-nueva-era-de-gestion-de-la-cadena-de-suministro-colaborativa-37486.php#.WwxdJDQvx1s>
- Vianchá, Z.H. (2014). Modelos y configuraciones de cadenas de suministro en productos perecederos. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo* (32)1
- Villa-Marulanda, M.; Torres, J.F. y Ballesteros, F.A. (2011). Revisión bibliográfica de los enfoques teoría de juegos y Vendor Managed Inventory (VMI) para el estudio de cadenas de suministros. Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia