

**DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO EN UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO
FRUTÍCOLA DESCENTRALIZADA USANDO UN MECANISMO DE INTEGRACIÓN**

DIEGO LEÓN PEÑA OROZCO

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DOCTORADO EN INGENIERÍA – ÉNFASIS INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2020**

**DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO EN UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO
FRUTÍCOLA DESCENTRALIZADA USANDO UN MECANISMO DE INTEGRACIÓN**

DIEGO LEÓN PEÑA OROZCO

**TESIS DOCTORAL PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE:
DOCTOR EN INGENIERÍA – ÉNFASIS INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DIRECTOR:
LEONARDO RIVERA CADAVID, PHD.**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
ANÁLISIS ECONÓMICO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y CADENAS DE
ABASTECIMIENTO**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DOCTORADO EN INGENIERÍA – ÉNFASIS INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI**

2020

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha desarrollado con el apoyo de varias personas e instituciones que han creído en el propósito de este trabajo. Quiero agradecer a mis estudiantes de pregrado y posgrado que adoptaron la propuesta inicial de investigación y asumieron el reto de acompañarme en esta exploración. Hoy todos ellos profesionales y con título de posgrado algunos, dejaron su valiosa contribución en esta investigación.

Quiero agradecer también a ASOHOFRUCOL Valle del Cauca y a su director el Ingeniero Juan Carlos Valencia, por su interés y apoyo con este trabajo desde el primer momento que conoció esta propuesta de investigación.

Al señor Wilmer Viedma Murillo presidente del comité citrícola del Valle del Cauca, líder de su región que también me brindó todo el apoyo para gestionar mucha de la información requerida sobre los pequeños productores de la zona rural plana del centro del Valle.

A la secretaría de desarrollo económico de la alcaldía de Andalucía Valle del Cauca por brindarnos información relevante sobre los pequeños productores inscritos en el RUAT- Registro único de usuarios de asistencia técnica- que permitió planificar visitas y entrevistas realizadas en la zona.

A la asociación ASOCAMPOALEGRE liderada por el señor Wilmar Viedma Murillo inicialmente y luego por un joven emprendedor de la región ahora Administrador agropecuario Manuel Andrés Jiménez Hidalgo, y a su junta directiva, por el permanente interés y apoyo frente al desarrollo del proyecto.

A don Aldemar de ASOCAMPOALEGRE quien fue nuestro guía en cada una de las extensas jornadas de nuestro grupo entrevistador para la recolección de información. Lo recuerdo en su bicicleta acompañándonos en nuestras caminatas, indicándonos la ubicación de cada uno de los productores de la zona.

Gracias a todos y cada uno de los 99 pequeños productores de las zonas rurales de El salto, Campo alegre, Tamboral, Zanjón de piedras, El oriente, Monte hermoso, Madre vieja, Zabaletas, que estuvieron dispuestos a recibirnos y brindarnos la información para

el desarrollo de esta investigación. También a los intermediarios de la zona que muy amablemente nos permitieron conocer de cerca las labores realizadas dentro de su proceso de comercialización.

Agradecimientos a los profesores de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle, por su apoyo y valiosas contribuciones.

A mi director, el profesor Leonardo Rivera, quien siempre me dio una luz en el camino cuando me enfrentaba a las frustraciones que asumo son propias de este proceso. Recuerdo mucho cuando logramos la primera publicación en torno a este trabajo de investigación, porque fue una de esas veces que llegue con desesperanza a su oficina, y después de discutir como debíamos orientar el artículo y una vez hechas las correcciones y postularlo, este fue aceptado sin objeciones. Además de la satisfacción que sentí, valoré mucho el aporte. Al profesor Juan José Bravo, agradezco su gran disposición y apoyo con el análisis de los problemas específicos de modelación que debí abordar durante el desarrollo de las diferentes etapas producto de la investigación. Valoro mucho su aporte y conocimiento que permitieron también la publicación de varios productos resultantes de este ejercicio de investigación.

A mi familia por todo el apoyo. A ti Alcira, esposa y compañera, porque siempre estas apoyándome en cada uno de los retos que asumo, gracias por la comprensión sobre todo porque sé que dedique muchas horas de mi tiempo, de nuestro tiempo en el desarrollo de este proyecto. A nuestro hijo Nico, que es nuestra permanente inspiración y compromiso.

A ti madre porque sé que cada uno de los logros que alcanzo te llenan de orgullo. A ti padre, que, aunque ya no estas, siempre estas, sé que esto te llenaría de orgullo y alegría y que además me lo dirías con esa pasión que te caracterizaba. Lo que soy hoy es producto de lo que ustedes me brindaron.

Gracias a todos....

CONTENIDO

RESUMEN	15
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
2.1. EVIDENCIAS	21
2.2. IMPORTANCIA DE LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES EN EL MUNDO	23
2.3. REGULACIONES GUBERNAMENTALES	24
2.4. IMPACTO.....	25
2.5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.	25
3. OBJETIVOS Y PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	27
3.1. GENERAL.....	27
3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 1	30
3.2.1. Análisis de madurez de la cadena frente a la integración y la pertinencia del contrato como mecanismo de integración:	30
3.2.2. Aplicación del modelo de decisión multicriterio AHP.....	31
3.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 2	32
3.4. OBJETIVO ESPECÍFICO 3	33
4. MARCO DE REFERENCIA	35
4.1. ESTADO DEL SECTOR EN COLOMBIA, LATINOAMÉRICA Y PAÍSES EN DESARROLLO	35
4.1.1. Información a nivel mundial	37
4.1.2. Información a nivel nacional (Colombia)	37
4.1.3. La Asociatividad de los pequeños productores	38
4.2. INTEGRACIÓN EN LAS CADENAS DE SUMINISTRO	41
4.3. MARCO CONCEPTUAL.....	43
4.3.1. Cadena de Suministro Agrícola	43
4.3.2. Gestión de la Cadena de Suministro.....	44

4.3.3.	Gestión de la Cadena de Suministro Agrícola.....	44
4.3.4.	Colaboración	44
4.3.5.	Integración	45
4.3.6.	Coordinación	45
4.3.7.	Contrato	45
4.3.8.	Coalición	45
5.	EL MODELO DE INTEGRACIÓN EN LAS CADENAS DE ABASTECIMIENTO FRUTÍCOLAS	
	47	
	ABSTRACT	47
5.1.	INTRODUCCIÓN	48
5.2.	REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	49
5.2.1.	Integración en la cadena de abastecimiento	49
5.2.2.	Modelos organizacionales asociativos agrícolas	59
5.3.	MATERIALES Y MÉTODOS	61
5.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
5.4.1.	Modelos de integración en la cadena de abastecimiento frutícola con el uso de CMMI y lógica difusa	61
5.4.2.	Aplicación del proceso analítico jerárquico (AHP)	80
6.	EL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE INGRESOS EN UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO FRUTÍCOLA SUJETO A UN MODELO DE INTEGRACIÓN.....	89
	ABSTRACT.....	89
6.1.	INTRODUCCIÓN	90
6.2.	REVISIÓN DE LA LITERATURA	91
6.3.	MATERIALES Y MÉTODOS	105
6.4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	106
6.4.1.	Condiciones y supuestos generales del modelo ajustado a las características de la cadena bajo estudio:	106
6.4.2.	Notación del modelo	107

6.4.3.	Modelamiento de la cadena de abastecimiento de tres eslabones en un escenario centralizado.....	107
6.4.4.	Modelamiento de la cadena de abastecimiento descentralizada de tres eslabones no coordinada	110
6.4.5.	Modelamiento del contrato de ingresos compartidos para coordinar la cadena de abastecimiento descentralizada de tres eslabones y lograr el desempeño de la centralizada	113
6.4.6.	Representación de la utilidad en el eslabón del Detallista operando bajo el contrato	115
6.4.7.	Representación de la utilidad del eslabón del intermediario operando bajo el contrato	115
6.4.8.	Representación de la utilidad del eslabón del productor operando bajo el contrato	116
6.4.9.	Representación de la utilidad de la cadena de abastecimiento operando bajo el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido	116
6.4.10.	Solución del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido	116
7.	VALIDACIÓN DEL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE INGRESOS EN UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO FRUTÍCOLA DE TRES ESLABONES DESCENTRALIZADA	121
	ABSTRACT	121
7.1.	INTRODUCCIÓN	121
7.2.	REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	122
7.2.1.	Condiciones para la implementación del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido	123
7.2.2.	Soluciones ganar – ganar	126
7.2.3.	Caso especial 1.....	128
7.2.4.	Caso especial 2.....	129
7.2.5.	Sobre la caracterización de cadenas de abastecimiento	131
7.3.	MATERIALES Y MÉTODOS	131
7.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	132

7.4.1.	Caso de estudio para una cadena de abastecimiento de pequeños productores de cítricos	137
7.4.2.	Aplicación del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido propuesta, en la cadena de abastecimiento citrícola caso de estudio	145
7.4.3.	Análisis de sensibilidad de parámetros del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido	148
8.	RESUMEN DE RESULTADOS E IMPLICACIONES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS	159
8.1.	RESUMEN DE RESULTADOS	159
8.1.1.	La caracterización	159
8.1.2.	Selección de un modelo de integración	162
8.1.3.	Diseño de un modelo de distribución de ingresos	163
8.1.4.	Validación de un Modelo de integración y distribución de ingresos	164
8.2.	IMPLICACIONES ACADÉMICAS Y PRÁCTICAS	164
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	167
10.	LIMITACIONES E INVESTIGACIONES FUTURAS	172
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	175

TABLAS

Tabla 5.1. Teorías administrativas de integración	52
Tabla 5.2. Tipos de coordinación	57
Tabla 5.1. Variables para la valoración del proceso de evolución hacia la integración de la cadena	66
Tabla 5.2. Variables para la valoración del proceso de uso de mecanismos de coordinación	66
Tabla 5.3. Escala para la medición de la madurez	68
Tabla 5.4. Valoración del proceso de evolución de la cadena hacia la integración	72
Tabla 5.5. Valoración del proceso uso de mecanismos de coordinación	74
Tabla 5.6. Definición de expertos	81
Tabla 5.7. Notación de criterios del sistema	82
Tabla 5.8. Notación de alternativas del sistema	82
Tabla 5.9. Escala de valoración de Saaty	82
Tabla 5.10. Comparación por pares de criterios experto 1.	83
Tabla 5.11. Comparación por pares de criterios experto 2.	83
Tabla 5.12. Comparación por pares de criterios experto 3.	83
Tabla 5.13. Comparación por pares de criterios experto 4.	83
Tabla 5.14. Comparación por pares de criterios experto 5.	84
Tabla 5.15. Productoria de matrices de valoración de criterios	84
Tabla 5.16. Matriz consolidada	84
Tabla 5.17. Matriz normalizada	85
Tabla 5.18. Vector de pesos de criterios	85
Tabla 5.19. Vector de pesos de alternativas para el criterio 1.	86
Tabla 5.20. Vector de pesos de alternativas para el criterio 2.	86
Tabla 5.21. Vector de pesos de alternativas para el criterio 3.	86
Tabla 5.22. Vector de pesos de alternativas para el criterio 4.	86
Tabla 5.23. Vector de pesos de alternativas para el criterio 5.	87
Tabla 5.24. Vector de pesos de alternativas para el criterio 6.	87
Tabla 5.25. Vector de pesos de alternativas para el criterio 7.	87
Tabla 5.26. Resultado de pesos globales de las alternativas.	88
Tabla 6.1. Contratos en la cadena de suministros-Definiciones	94
Tabla 6.227. Utilidades esperadas en el contrato de ingresos compartidos	97
Tabla 6.3. Notación matemática del modelo	107
Tabla 7.1. Población de pequeños productores de limón registrados en el RUAT	133

Tabla 7.2. Precios de venta al público por kilo	144
Tabla 7.3. Parámetros comerciales detallista	145
Tabla 7.4. Parámetros comerciales intermediario y productor	145
Tabla 7.5. Datos de inicialización de la programación en R centralizado	146
Tabla 7.6. Resultado centralizado	147
Tabla 7.7. Resultado descentralizado	147
Tabla 7.8. Resultados CIC-AE	147
Tabla 7.9. Comparación de resultados	148
Tabla 7.1028. Utilidades descentralizado	148
Tabla 7.11 Variaciones de Q_c y Q_d frente a variaciones de p	149
Tabla 7.12. Variaciones de Q_c y Q_d frente a variaciones de S	151
Tabla 7.13. Comportamiento de la utilidad frente a cambios en el precio	153
Tabla 7.14. Comportamiento de la utilidad frente a cambios en el valor de salvamento	154
Tabla 7.15. Utilidad en la cadena para diferentes valores de demanda	155
Tabla 7.16. Coeficiente de variación de la distribución de la demanda	156
Tabla 7.17. Medida de conveniencia para participar en el contrato	157
Tabla 7.18. Utilidad en eslabón detallista con variación valor de salvamento	158

FIGURAS

Figura 2.1. Comportamiento del precio entre el eslabón del pequeño productor y el consumidor final.	21
Figura 3.1. Resultados para las etapas metodológicas.	27
Figura 5.1. Estrategia para la selección de un modelo de integración	48
Figura 5.2. Escenarios posibles de acuerdo al nivel de integración	51
Figura 5.3. Coordinación en la cadena de abastecimiento	56
Figura 1.4. Definición de un modelo de integración para la cadena de abastecimiento	61
Figura 5.5. Estructura del modelo de madurez	63
Figura 5.6. Estructura del modelo de madurez	64
Figura 5.7. Clasificación de enfoques de coordinación en la cadena de abastecimiento	65
Figura 5.8. Evaluación de la pertinencia del uso del contrato a las tecnologías de información	77
Figura 5.9. Evaluación de la pertinencia del uso del contrato frente a compartir información	78
Figura 5.10. Evaluación de la pertinencia del uso del contrato frente a compartir información	78
Figura 5.11. Evaluación de la disposición de la cadena de abastecimiento frutícola para la integración	79
Figura 5.12. Árbol de decisión del sistema	81
Figura 6.12. Desarrollo del modelo de distribución de ingresos	90
Figura 6.23. Modelo de cadena de suministro de dos etapas	95
Figura 4.3. Modelo de cadena de suministro de 3 etapas	97
Figura 6.4. Contrato de ingresos compartidos de abarcamiento	103
Figura 6.5. Secuencia de decisiones en la cadena	104
Figura 6.6. Secuencia de toma de decisiones en el modelo propuesto	111
Figura 6.7. Proceso de inducción hacia atrás del modelo propuesto	111
Figura 6.8. Comparativo de utilidades en el ambiente centralizado y el descentralizado no cooperativo	114
Figura 6.9. Nivel de utilidades comparativo con el uso del contrato de ingresos compartidos en un ambiente cooperativo.	114
Figura 6.10. Representación del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido (RS)	115
Figura 7.1. Validación del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido propuesto	122
Figura 7.25. Contrato de distribución de ingresos de alcance extendido	123
Figura 7.3. Mapa de ubicación de los precios de los pequeños productores.	134
Figura 7.4. Representación de los flujos en la cadena de cítricos	137
Figura 7.5. Secuencia de toma de decisiones en la cadena citrícola	139

Figura 7.6. Diagrama de dispersión de la demandad con datos atípicos	139
Figura 7.7. Diagrama de cajas para eliminación de datos atípicos	140
Figura 7.8. Diagrama de dispersión de la demandad sin datos atípicos	140
Figura 7.9. Diagramas de dispersión del precio por kilo en el mercado con datos y sin datos atípicos	141
Figura 7.10. Precio de transferencia por kilo Productor-Intermediario	141
Figura 7.11. Diagramas de dispersión de producción con datos y sin datos atípicos	142
Figura 7.12. Diagramas de dispersión de costos con datos y sin datos atípicos	143
Figura 7.13. Diagramas de dispersión precio de salvamento por kilo	143
Figura 7.14. Comportamiento histórico del precio promedio al público por kilo	144
Figura 7.15. Representación de las variaciones de las Cantidades frente a variaciones del precio	150
Figura 7.16. Representación de las variaciones de las Cantidades frente a variaciones del valor de salvamento	152
Figura 7.17. Relación entre la variación del precio p y la utilidad en la cadena	154
Figura 7.18. Relación entre la variación del valor de salvamento y la utilidad en la cadena	154

ACRÓNIMOS

AHP: Proceso analítico jerárquico

ALADI: Asociación Latinoamericana de Integración

BID: Banco iberoamericano de desarrollo

BPA: Buenas prácticas agrícolas

CAME: Departamento de Economías Regionales

CCS: Coordinación de cadena de suministros

CELAC: Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CMMI: Integración de modelo de madurez de capacidades

CPFR: Planificación colaborativa, previsión y reposición

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FINAGRO: Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario

GCS: Gestión de cadena de suministros

INCODER: Instituto Colombiano de desarrollo rural

MADR: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

ONU: Organización de las Naciones Unidas

OPFH: Organizaciones de productores de frutas y hortalizas

PND: Plan Nacional de Desarrollo

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

RUAT: El Registro Único de Usuarios de la Asistencia Técnica Directa Rural

SAC: Sociedad de Agricultores de Colombia

SAT: Sociedad Agrario de Transformación

SENA: Servicio Nacional de Aprendizaje

TI: Tecnologías de información

UE: Unión Europea

UNCTAD: Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo

RESUMEN

La gestión en la cadena de abastecimiento es un tema ampliamente discutido en la literatura, que se aborda desde diferentes aristas, la minimización de costos, la maximización de las utilidades y las herramientas para medir la gestión de la cadena de abastecimiento. El interés de esta investigación está centrado en la mejor distribución de los ingresos entre los miembros de una cadena de abastecimiento, como un aporte a la mejora social y económica de comunidades de pequeños productores agrícolas de los países en vía de desarrollo. El contexto en el que se estudia es en el ámbito de la producción frutícola tomando como referencia una cadena de abastecimiento típica cuyas características se mantienen para cualquier país en vía de desarrollo. Se consideran dos aspectos principales: La preocupación creciente sobre la seguridad alimentaria declarada por la Organización de las Naciones Unidas y, el contraste de la pobreza manifiesta de los pequeños productores agrícolas quienes además producen la mayor cantidad de alimentos que se consumen en el mundo. Estos antecedentes dan vía a la propuesta de un modelo de distribución de ingresos en una cadena de abastecimiento de pequeños productores buscando aportar en mejorar sus condiciones socioeconómicas. Se toma como caso de estudio una cadena de abastecimiento frutícola de pequeños productores ubicada en el centro del Valle del Cauca en Colombia, cuyas características permiten la generalización del problema toda vez que guardan extremas similitudes con cualquier cadena de abastecimiento de este tipo ubicada en los países en vía de desarrollo. Con esta investigación se contribuye al estado del arte actual, en cuestiones como la integración, la colaboración y la redistribución de ingresos en cadenas de abastecimiento de pequeños productores frutícolas al tratarse de un campo poco explorado en este contexto. Los tres principales aportes presentados en este trabajo se resumen en lo siguiente: un análisis de la cadena de abastecimiento objeto de estudio desde el punto de vista de la madurez de capacidades, validada con lógica difusa y el proceso de jerarquía analítica (AHP); un análisis de las posibilidades de redistribución de los ingresos a partir de una propuesta de un modelo basado en juegos y equilibrios que permite integrar oferta y demanda traducido en una propuesta de contrato de distribución de ingresos, y por último la evaluación del desempeño de la cadena de abastecimiento con el uso de este tipo de contrato a través de un caso de estudio que se puede generalizar y el análisis de sensibilidad. Como resultado final, se concluye que el modelo de contrato de ingresos compartidos de alcance extendido logra coordinar la cadena de abastecimiento y mejorar los ingresos en sus eslabones.

Palabras claves: Integración, mecanismos de coordinación, toma de decisiones, distribución de ingresos, cadenas descentralizadas.

ABSTRACT

Supply chain management is a subject widely discussed in the literature, which is approached from different angles, minimizing costs, maximizing profits and tools to measure chain management. The interest of this research is focused on the better distribution of income among the members of a supply chain, as a contribution to the social and economic improvement of communities of small agricultural producers in developing countries. The context studied is in the field of fruit production, taking as reference a typical small farmer supply chain whose characteristics are maintained for any developing country. Two main aspects are considered: The growing concern about food security declared by the United Nations Organization and the contrast of manifest poverty of small agricultural producers who also produce the largest amount of food consumed in the world. These antecedents give way to the proposal of a revenue sharing model in a small farmer supply chain to contribute in improving their socioeconomic conditions. As a case study, a small-scale fruit supply chain located in the center of Valle del Cauca in Colombia is taken, whose characteristics allow the problem generalization since they bear extreme similarities with any supply chain of this type located in any developing country. This research contributes to the state of the art, in issues such as integration, collaboration and income redistribution in small fruit producer supply chain as it is a field that has been little explored in this context. The three main contributions presented in this work are summarized in the following: an analysis of the supply chain under study from the point of view of capability maturity, validated with fuzzy logic and the analytical hierarchy process (AHP); the analysis of an income redistribution model proposal based on games and equilibrium that allows to integrate offer and demand translated into a proposal for an income distribution contract, and finally the evaluation of the supply chain performance with the use of this type of contract validated through a case study that can be generalized and a sensitivity analysis. As a final result, it is established that the revenue share contract coordinate the supply chain and improve revenue in each echelon.

Keywords: Integration, coordination mechanisms, decision making, income distribution, decentralized chains.

1. INTRODUCCIÓN

Los pequeños productores agrícolas son de gran importancia en el mundo para mantener la seguridad alimentaria, considerando su gran participación en el suministro de alimentos, reportado por la (UNCTAD, 2015) como equivalente al 80% de los alimentos que se consumen en el mundo. Los pequeños productores ubicados en su gran mayoría en países en vía de desarrollo son los más afectados en términos de pobreza, donde aproximadamente 1000 millones de ellos viven en pobreza extrema. Indagando al respecto, varios estudios realizados por la FAO (2015), FAO (2017), hacen un seguimiento permanente al sector de la producción agrícola de los pequeños productores, informando que esta situación se presenta particularmente por aspectos relacionados con la poca capacidad de los pequeños agricultores de acceder a redes de comercialización que les permita mejorar sus ingresos, la desconexión con los mercados y, las necesidades de sustento que generan condiciones desfavorables en la fijación de precios para la comercialización de los productos. En la mayoría de estos países, la oferta es manejada por intermediarios que buscan precios bajos de compra y pago inmediato a los pequeños productores. Otros aspectos relacionados con la pobreza tienen que ver con la desarticulación de las prácticas de siembra y cosecha y la escasa capacidad asociativa de los pequeños productores que generan un desbalance en la distribución del ingreso en la cadena de abastecimiento agrícola (FAO, 2015). En este sentido, autores como (Christen & Anderson, 2013) clasifican en tres categorías los pequeños productores agrícolas desde el punto de vista de la capacidad de generación de valor: Los de subsistencia, los vinculados a pequeñas cadenas de valor no desarrolladas, y una tercera categoría que corresponde a una pequeña proporción, vinculados a cadenas de valor bien definidas. Lo anterior pudo ser validado en el desarrollo de la caracterización realizada para avanzar en este trabajo.

Las limitadas condiciones bajo las cuales opera la actividad, se consideran como determinantes en esta investigación para el desarrollo de una propuesta que permita aportar en la solución del problema de la distribución de ingresos en un contexto como el planteado arriba, donde mayormente no existen vinculaciones efectivas para la comercialización de los productos. Al aportar en la solución de este problema se logra

beneficiar en términos socioeconómicos a los pequeños productores agrícolas del mundo en vía de desarrollo, se aporta la dinámica económica de los países en desarrollo fortaleciendo la actividad productiva y por último se contribuye a la seguridad alimentaria, dado que se disminuyen las pérdidas de producto por la poca capacidad de comercialización.

Es importante hacer énfasis que, durante la caracterización de una cadena de este tipo conformada por el eslabón productor, intermediario y detallista, se logra establecer que las diferencias entre los ingresos de los pequeños productores con respecto al detallista como último eslabón de la cadena, pueden alcanzar el 600%.

En esta investigación se plantea una propuesta enmarcada en los conceptos de la integración en cadenas de abastecimiento desde el enfoque de toma de decisiones y, en la distribución del ingreso traducido en un modelo de contrato de suministros en el contexto de una cadena frutícola, definida por sus características como descentralizada. La integración en las cadenas de abastecimiento es un tema que se ha discutido en la literatura por autores como Spekman et al (1998), Flynn, Huo y Zhao (2010), Soosa y Hyland (2015) por mencionar algunos, que concluyen sobre sus efectos positivos en términos de gestión operativa y financiera en la cadena de abastecimiento. Para el interés de este trabajo, la cadena de abastecimiento de los pequeños productores frutícolas se beneficiará en aspectos concretos como: la capacidad de negociación, mayor equidad en los ingresos por tratarse de un escenario ganar-ganar y por último, la estabilidad en el ingreso que favorecerá la formulación de un plan de infraestructura. En esta dirección se plantea la discusión sobre la centralización en las decisiones y las decisiones descentralizadas en cadenas no integradas. Se hace énfasis en el contrato de distribución de ingresos de alcance extendido, que asume un escenario ganar-ganar y define una estructura de negociación donde la fijación del precio, las cantidades de comercialización y la definición de un factor de distribución entre los eslabones, determinan el mejor desempeño en cuanto a ingresos de la cadena de abastecimiento descentralizada. Para esta discusión se recurre a autores como Cachon (2003); Cachon y Lariviere (2005); Giannoccaro y Pontrandolfo (2004); Hou, Wei, Li y Huang (2016); Hu, Meng, Xu y Son (2016); Van Der Rhee et al (2010); Zhang y Liu (2013), Arshinder, Kanda y Deshmukh

(2008), entre otros. Como resultado final, la propuesta contiene un modelo de asociatividad para los pequeños productores, el diseño de un modelo de contrato de distribución de ingresos de alcance extendido y la validación de la propuesta en un caso de estudio.

La aplicación de la propuesta será un aporte para la sostenibilidad de este sector de los pequeños productores, que incentive el desarrollo de normativas que fortalezcan el acceso a tecnología de la información, el acceso al crédito para los pequeños productores, incrementen el acceso al mercado y faciliten la igualdad en las relaciones contractuales en la red comercial y que finalmente fortalezcan las organizaciones de pequeños productores.

Este documento se estructura con tres (3) secciones principales la 5, 6 y 7 donde el desarrollo se presenta a manera de artículo a pesar de no ser el caso (introducción, revisión de la literatura, metodología, resultados, conclusión) pero que permite hacer una síntesis de las diferentes acciones que han dado lugar a varias publicaciones. En las primeras secciones se presenta el problema, los objetivos y el planteamiento de la metodología. En la sección cuatro (4) se desarrolla el marco referencial que incluye información sobre el estado del sector de los pequeños productores a nivel nacional, latinoamericano y de los países en desarrollo, adicionalmente se elaboran conceptos sobre la integración y algunas definiciones pertinentes. En la sección cinco (5) se aborda el primer objetivo, donde se definen los métodos utilizados y se discuten los resultados obtenidos en torno a la decisión de un modelo de integración. En la sección seis (6) se formula el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido que corresponde al objetivo dos (2); se presenta la metodología de desarrollo que considera el abordaje del diseño del contrato para la cadena de pequeños productores considerándola como centralizada, entendido este comportamiento como el óptimo, luego como descentralizada no coordinada y, por último, se diseña el contrato para la cadena asegurando que sus resultados sean los de la cadena centralizada. En la sección siete (7), con base en el contrato diseñado en el capítulo anterior, se hace la validación como respuesta al objetivo tres (3); se presenta el caso de estudio de una cadena de pequeños productores citrícolas, se aplica el contrato, se realiza la discusión de los resultados y se hace el análisis de sensibilidad de algunos parámetros. En el capítulo ocho (8) se presentan los resultados

obtenidos y su discusión desde la caracterización, pasando por la selección del modelo de integración, el diseño del modelo de contrato de distribución de ingresos y la validación del modelo. En los capítulos nueve (9) y diez (10), se presentan las conclusiones y recomendaciones, limitaciones e investigaciones futuras y finalmente se presenta la bibliografía consultada y usada para este trabajo.

2. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

El problema que se aborda en esta investigación trata de la distribución del ingreso en una cadena de abastecimiento frutícola de pequeños productores. Existe una gran distorsión entre el precio pagado al pequeño productor por parte de un intermediario y el precio que paga el consumidor final en el centro detallista. La cadena de abastecimiento de pequeños productores se caracteriza por la gran diversidad de prácticas, productos, formas de operar y en general una gran diversidad y heterogeneidad en procesos, productos y niveles de desarrollo, con una gran limitación en infraestructura, tecnología y recursos en general, que se ve reflejada en pobreza y poco desarrollo del sector (UNCTAD, 2015).

En el modelo de la comercialización el intermediario se convierte en un eslabón que consolida el producto, a partir de una gran cantidad de productores y de consumidores, genera una relación asimétrica que convierte al eslabón que consolida como el dominante frente al productor (Combariza, J. ,2013). Lo anterior implica que el pequeño productor es quien recibe una proporción menor de los ingresos totales de la cadena.

2.1. EVIDENCIAS

La distorsión de los precios a lo largo de los eslabones de la cadena es un factor determinante en el nivel de ingresos en cada uno de ellos. La diferencia entre el valor pagado al primer eslabón de la cadena (pequeño productor) con respecto al valor pagado al último eslabón (detallista), supera el 600%, lo que deja ver un gran desequilibrio en el ingreso para cada eslabón y particularmente para el pequeño productor (ver figura 2.1).

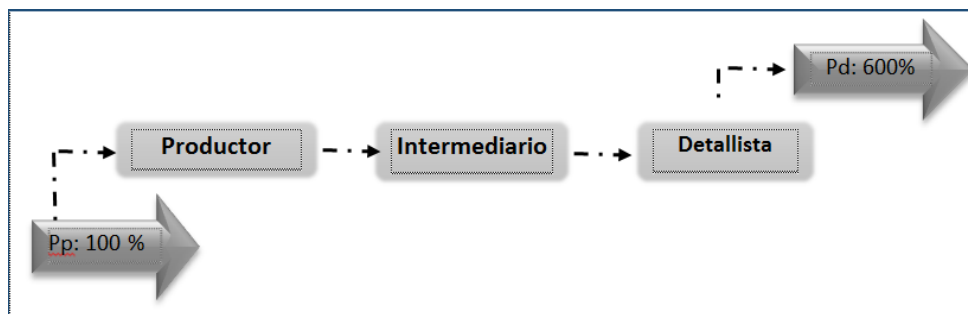


Figura 2.1. Comportamiento del precio entre el eslabón del pequeño productor y el consumidor final.

Fuente: Elaboración propia

Algunas fuentes que respaldan la ocurrencia de este fenómeno están dadas por autores como Caicedo (2013), quien determinó que en Colombia el precio entre el pequeño productor y los hipermercados se incrementa en un 263%, en la tienda de barrio un 40%, galerías mayoristas un 89% y en la comercialización por intermediarios un 92%. Igualmente, en Argentina, el Departamento de Economías Regionales, CAME en agosto de 2015, reportó diferencias en precio para productos como la pera del 1295%, naranja 1470%, manzana roja 1339% y la mandarina 698%. Otras publicaciones de periódicos como el Diario el Telégrafo de Ecuador en su edición del 6 de noviembre del 2011, informa sobre diferencias en precios hasta de 800% en el mercado de víveres en Guayaquil y del 429% en el mercado minorista de Colmenares. Ya la FAO en 1993 había advertido sobre estas grandes diferencias reportando datos de incremento en el precio a lo largo de la cadena del 333% en Latinoamérica.

Con respecto a otros países en vía de desarrollo, algunos datos reportados por Rapsomanikis (2014), informan que en Etiopía el 30% de toda la población vive bajo el umbral nacional de pobreza, la proporción de la pobreza de los pequeños agricultores es del 48% con un ingreso del pequeño productor de 0,8 USD persona día. En Vietnam el 20% de la población es pobre y más de la mitad de los pequeños agricultores son pobres. Kenia tiene un ingreso para el pequeño productor de 1,4 USD por día persona Bangladesh reporta un ingreso para el pequeño productor de 2,9 USD por persona día.

Con los abrumadores datos de pobreza en el sector agrícola de pequeños productores, se observa una sólida coherencia con el fenómeno de la gran distorsión que se presenta entre el precio pagado a los pequeños productores y el pagado por el consumidor final al momento de la compra en el centro detallista. Esta situación tiene que ver con la desvinculación del pequeño productor de la cadena de abastecimiento, suscitada por la poca capacidad financiera producto del poco acceso al crédito, la pobreza en sí misma y la limitada vocación comercial de los pequeños productores, entre otros aspectos (UNCTAD 2015). En particular Mendoza, C. A. S. (2017), afirma que la injusta distribución de la riqueza y discriminación social y cultural es realmente crítica; todo esto relacionado con los modelos de desarrollo que han imperado en nuestros países latinoamericanos.

2.2. IMPORTANCIA DE LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES EN EL MUNDO

Los pequeños productores agrícolas en el mundo juegan un papel importante desde el punto de vista del suministro de alimentos y la seguridad alimentaria. La CEPAL/CELADE (como se citó en FAO, 2016) informa que para el 2015, en América Latina aproximadamente 46 millones de personas trabajaron en el sector agrícola. En la actualidad, existe un amplio acuerdo acerca de la importancia que reviste la agricultura familiar en la seguridad alimentaria, generación de empleo agrícola, mitigación de la pobreza, conservación de la biodiversidad y tradiciones culturales (Salcedo & Guzmán, 2014). Es necesario ofrecer alicientes a los jóvenes para permanecer produciendo en el campo, debido a que, de acuerdo con Sotomayor, Rodríguez, & Rodríguez (2011), el empleo agrícola ha presentado una disminución, influenciada principalmente por una menor participación de la población juvenil.

Otro aspecto de gran importancia se refiere a la pobreza del sector que está vinculada con el bajo nivel de escolaridad, que de acuerdo con CEPAL et al. (2015) tiene una alta relación con las tasas de pobreza de los países. En Colombia el DANE, reporta que solo la mitad de los productores del área rural alcanzan formación básica primaria y, que un 17% de los productores residentes mayores de 15 años, no sabe leer ni escribir.

Adicionalmente se identifican grandes problemas de financiación para los pequeños agricultores, debido a que como lo manifiesta Christen & Anderson (2013) las necesidades financieras de las familias agrícolas no están claras. En Colombia, de acuerdo con la SAC (2014) durante los últimos años se ha mejorado la percepción que tienen los agricultores respecto a su situación económica y calidad de vida. De acuerdo con el Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, se tiene previsto brindar beneficios a los campesinos en cuanto a, mayores oportunidades de empleo agrícola, acceso a recursos financieros con el objetivo de mejorar las condiciones de vida y reducir la pobreza del sector rural (Espinosa, 2017).

Es importante mencionar que, en Colombia el sector agropecuario es el principal generador de empleos en las zonas rurales. Según el DANE en el 2013, 3,5 millones de personas trabajaron en el sector, siendo el tercer generador de mayor empleo, después

del comercial y del de servicios comunales. En lo referente a las zonas rurales, la agricultura representó un 62,6% de los ocupados con más de 2,9 millones de empleados (FINAGRO,2014,p.6). Según cifras del Dane, a 2012, la pobreza en el sector rural era del 46,8%, frente al 28,4% del área urbana; el 84,9% de la población campesina registraba bajo logro educativo; el analfabetismo era del 26,3% y el 93% no tenía empleo formal.

2.3. REGULACIONES GUBERNAMENTALES

En el contexto de las entidades gubernamentales es importante precisar que los lineamientos de apoyo a las actividades agrícolas de pequeños productores, surgen a partir las Naciones Unidas, donde los países miembros han formulado en los diecisiete (17) objetivos de desarrollo sostenible para un periodo de 2015 al 2030. Estos de manera concreta señala aspectos como la erradicación del hambre, poner fin a la pobreza en el mundo, garantizar el desarrollo económico sostenible, el empleo pleno, garantizar la producción sostenible entre otros objetivos, que implica el compromiso de implementación por parte de los países miembros de la ONU. Estos lineamientos haciendo referencia particular a la producción agrícola, son fomentados por las diferentes instancias de esta organización, como la FAO, que se encarga de conducir las actividades necesarias a nivel mundial para combatir el hambre. Otra instancia de la ONU es el PNUD o programa de las Naciones Unidas para el desarrollo que se establece en los diferentes países para realizar apoyos directos al gobierno en el diseño e implementación de políticas definidas en la ONU. Por otro lado, se encuentra la UNTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo cuyo propósito es el de fomentar la actividad comercial en los diferentes sectores, en este caso para el agrícola de pequeños productores. Estos lineamientos de la ONU permiten la creación de organizaciones supranacionales y regionales como CELAC (Comunidad de Estados latinoamericanos y del Caribe), basados en cuatro pilares fundamentales como el desarrollo de políticas regionales y nacionales, alimentos sostenibles, nutrición y estabilidad en producción. También a nivel regional aparece la CEPAL (Comisión económica para América Latina y el Caribe) cuya función es la de fomentar el desarrollo regional. Todas estas organizaciones que asumen los lineamientos definidos por la instancia superior en este caso la ONU, son articulados por los diferentes países a través de sus planes de desarrollo. Para el caso de Colombia el plan de desarrollo se ha denominado para el periodo 2018-2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, donde se definen compromisos de desarrollo con el campo, como por ejemplo el fomento de los contratos que aseguren a los pequeños productores la compra de su cosecha. Estos planes son articulados con los planes de desarrollo regional y local.

Además, se articula con el ministerio de agricultura y desarrollo rural a través de Programas y Proyectos como: Cooperación internacional, Programa de desarrollo rural con equidad, Proyecto construyendo capacidades empresariales rurales, confianza y oportunidad y, programa Agricultura familiar y economía campesina.

Las gobernaciones y los municipios, disponen de programas específicos como proyectos de buenas prácticas agrícolas liderado por la Secretaria de medio ambiente, agricultura, seguridad alimentaria y pesca de la gobernación, así como el desarrollo de proyectos de infraestructura y fomento del desarrollo sostenible donde se involucran entidades como las Secretarías municipales, Universidades y Cámaras de Comercio.

2.4. IMPACTO

De acuerdo con lo planteado arriba, es evidente que es un sector de trascendencia económica y social en los países en vía de desarrollo e inevitablemente en el ámbito mundial en lo que tiene que ver con la seguridad alimentaria. Sin embargo, los pequeños productores en este contexto comercializan sus productos, con esfuerzos aislados, oferta dispersa y los modelos de comercialización que no ofrecen ventajas en los ingresos a los pequeños productores, estimulando la pobreza y el abandono de los campos sobre todo por la población más joven.

A pesar de tratarse de un problema con múltiples aristas, el lograr establecer un mecanismo que logre la simetría en las relaciones comerciales en los eslabones de la cadena de abastecimiento de los pequeños productores frutícolas, puede facilitar la mejora en el desempeño de los ingresos considerando las restricciones actuales. Los esfuerzos aislados de los pequeños productores en la comercialización son nefastos en el desempeño de la cadena, por lo que la formulación de un modelo de integración con el uso de mecanismo de coordinación, como el contrato de ingresos compartidos planteado en este trabajo, puede mejorar el desempeño global de los ingresos en la cadena, y en sus eslabones.

2.5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.

¿De qué manera influye la integración de los pequeños productores en la distribución del ingreso para cada eslabón de la cadena de abastecimiento frutícola?

¿De qué manera el contrato de distribución de ingresos diseñado para una cadena de abastecimiento frutícola permite equilibrar los diferentes eslabones de la cadena en términos de utilidad e ingresos?

3. OBJETIVOS Y PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de esta propuesta, se plantea a continuación el objetivo general con un planteamiento metodológico basado en el cumplimiento de tres (3) objetivos específicos.

3.1. GENERAL

Proponer un modelo para la distribución del ingreso entre los eslabones de una cadena de abastecimiento frutícola en un escenario de integración.

A continuación, se presenta la ruta metodológica seguida para el desarrollo de este trabajo de investigación (ver figura 3.1), donde se observa el resultado de cada una de las etapas metodológicas.

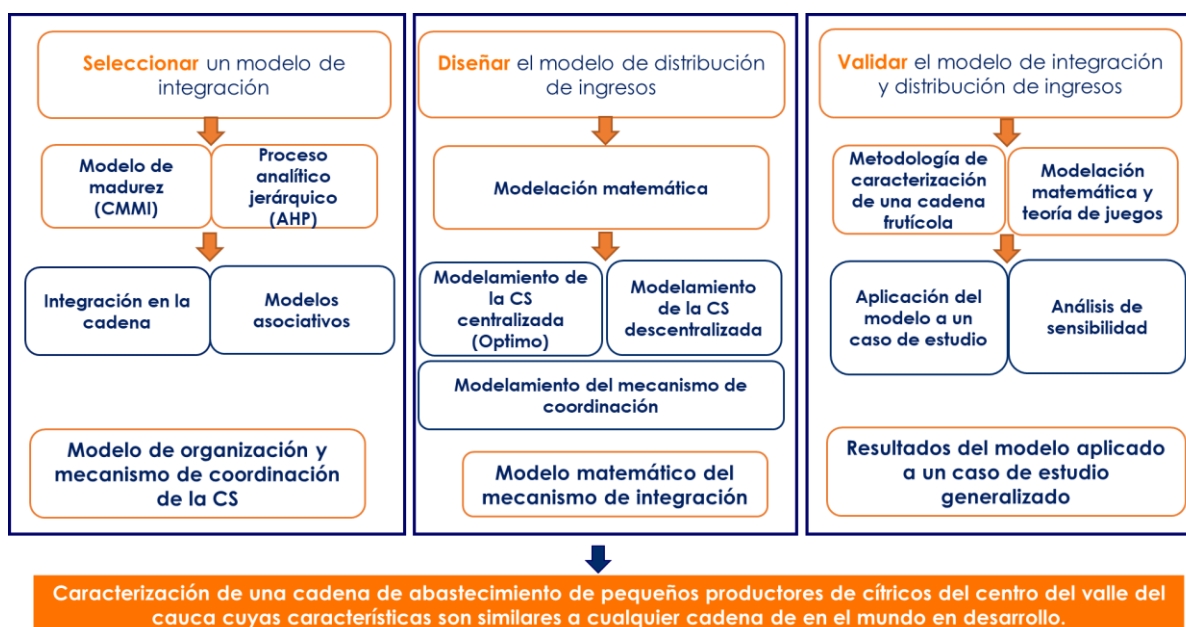


Figura 3.1. Resultados para las etapas metodológicas.

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo metodológico se plantea en tres grandes bloques: el primero hace referencia a la definición de la pertinencia del uso del contrato de ingresos compartidos y la madurez de la cadena de abastecimiento en términos de sus capacidades para la integración. Adicionalmente se incluye la selección de un modelo asociativo de acuerdo a las consideraciones de expertos. Este primer desarrollo permite abordar en un segundo estado el diseño de un modelo de distribución de ingresos, a partir del soporte bibliográfico y las consideraciones propias de una

cadena de abastecimiento frutícola de pequeños productores. Se obtiene la formulación del modelo de contrato de alcance extendido.

En un tercer estado se busca validar el modelo de contrato propuesto a partir de la caracterización de una cadena de abastecimiento de pequeños productores, la formulación de un caso de estudio y la aplicación del modelo. Posteriormente se estudia el comportamiento del contrato a partir de un análisis de sensibilidad.

Todo lo anterior permite presentar como resultado un modelo de distribución de ingresos para una cadena frutícola de pequeños productores.

OBJETIVO GENERAL

Proponer Un modelo para la distribución del ingreso entre los eslabones de una cadena de abastecimiento frutícola descentralizada con el uso de un mecanismo de integración.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Seleccionar un modelo de integración conveniente para una cadena de abastecimiento frutícola.

Diseñar el modelo de distribución de ingresos sujeto al modelo de integración seleccionado.

Validar el modelo de integración y distribución de ingresos en un caso de estudio.

ACTIVIDADES

- Análisis de madurez de la cadena frente a la integración y la pertinencia del contrato como mecanismo de integración.
- Aplicación del modelo de decisión multi – criterio para la selección del modelo asociativo más pertinente.

- Modelamiento de la cadena de abastecimiento en un escenario centralizado.
- Modelamiento de la cadena de abastecimiento en un escenario descentralizado.
- Formulación de un modelo de contrato de ingresos compartidos de alcance extendido.

- Caracterización de la cadena de abastecimiento.
- Identificación de los aspectos críticos de una cadena de abastecimiento frutícola de tres eslabones.
- Diseño de un modelo de ingresos compartidos: Construcción del caso de estudio, Modelamiento de la cadena en un escenario centralizado, Modelamiento de la cadena en un escenario descentralizado, Aplicación del modelo de contrato.

3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Seleccionar un modelo de integración conveniente para una cadena de abastecimiento frutícola.

Para el desarrollo de este objetivo, se propone una metodología que vincula un análisis de madurez, la lógica difusa y el proceso analítico jerárquico. El análisis de madurez busca hacer una aproximación teórica con respecto a la disposición para la integración en la cadena de abastecimiento de pequeños productores frutícolas. En tal sentido se usa como fundamento teórico los mecanismos de coordinación planteados en Kanda & Deshmukh (2008) y Arshinder, Kanda & Deshmukh (2011), así como las consideraciones hechas en Spekman, Kamauff & Myhr (1998) sobre la evolución de las cadenas hacia la integración. Se procede con el levantamiento de información de fuentes secundarias para determinar los diferentes modelos de integración para cadenas de abastecimiento descentralizadas definidos en la literatura, así como los diversos tipos de asociación de pequeños productores agrícolas en el mundo. Se aplica un modelo de madurez CMMI (Capability Maturity Model Intregation), que luego se complementa con la definición de la pertinencia del uso de contratos como estrategia de integración, para lo cual se hace uso del fuzzy logic toolbox de Matlab. Finalmente se selecciona el modelo asociativo de pequeños productores más conveniente para la operación de la cadena frutícola, con base en el proceso analítico jerárquico (AHP).

3.2.1. Análisis de madurez de la cadena frente a la integración y la pertinencia del contrato como mecanismo de integración:

Para la realización de esta parte del trabajo se sigue el siguiente lineamiento metodológico:

- 1. Descripción de la cadena de abastecimiento agrícola de pequeños productores:** Se hace la descripción del ámbito de las decisiones en la cadena de abastecimiento agrícola en general y de la cítrica en particular como objeto de estudio de interés, se hace la presentación teórica de la evolución de la cadena cítrica de pequeños productos en el Valle del Cauca y se definen los factores determinantes de su desempeño.

2. Definición del nivel de madurez de la cadena de abastecimiento de pequeños productores frutícolas frente a los mecanismos de coordinación en el contexto de la integración:

a. Aspectos generales del modelo de madurez desde el enfoque de CMMI (Capability Maturity Model Intregation)

b. Fundamento de criterios de análisis y estructura del modelo de madurez

c. Diseño e implementación del modelo de madurez frente a la integración en la cadena de abastecimiento

3. Definición de la pertinencia del uso del contrato como mecanismo de coordinación y estimación de la disposición de la cadena frente a la integración.

a. Análisis y discusión de la pertinencia del uso de contratos como mecanismo de coordinación en la cadena objeto de estudio con el uso del fuzzy logic toolbox de Matlab.

b. Análisis y discusión de la disposición hacia la integración de la cadena de abastecimiento objeto de estudio con el uso del fuzzy logic toolbox de Matlab

3.2.2. Aplicación del modelo de decisión multicriterio AHP

Se aplica el modelo de decisión multicriterio AHP, siguiendo los pasos presentados de manera detallada en García-Cascales (2009) y Peña y Rivera (2017), que proponen un conjunto de 5 etapas para la implementación de este modelo. De acuerdo con García-Cascales (2009), el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP), propuesto por Saaty en 1980, se basa en la idea de que la complejidad inherente a un problema de toma de decisión con criterios múltiples, se puede resolver mediante la jerarquización de los problemas planteados.

Finalmente, con base en García Cascales (2009), los pasos que se siguen en el desarrollo del método AHP son los siguientes:

Paso 1: Estructuración del problema como una jerarquía

Paso 2: Establecimiento de las prioridades entre los criterios

Paso 3: Establecimiento de las prioridades locales y globales entre los sub-criterios.

Paso 4: Establecimiento de las prioridades locales entre las alternativas

Paso 5: Establecimiento de las prioridades totales asociadas a cada alternativa.

3.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Diseñar el modelo de distribución de ingresos sujeto al modelo de integración seleccionado.

Este objetivo permite estudiar los mecanismos de coordinación en cadenas de abastecimiento descentralizadas propuestas en la literatura, estudiar sus características, los métodos de modelación y las técnicas de solución. El objetivo se aborda metodológicamente, con el uso del contrato de ingresos compartidos como mecanismo de coordinación para cadenas descentralizadas. En este tipo de contrato el minorista paga al productor un porcentaje de sus ingresos a cambio de un precio al por mayor más bajo (Palsule-Desai, O. D., 2013). Según Peña, D., Viedman, S., Rivera L., (2019), se debe establecer un porcentaje de ingresos compartidos que junto con el precio al por mayor son las principales variables involucradas en el modelo.

Se desarrolla un modelo de contrato de ingresos compartidos de abarcamiento con base en el propuesto por Van Der Rhee, B., Van Der Veen, J. A., Venugopal, V., & Nalla, V. R. (2010) el cual es ajustado a las condiciones propias de la cadena de abastecimiento frutícola objeto de estudio.

La metodología se desarrolla en tres grandes pasos:

Paso 1: Modelamiento de la cadena de abastecimiento en un escenario centralizado. De acuerdo con Van Der Rhee, et al (2010), es el que representa el desempeño óptimo global de la cadena.

Paso 2: Modelamiento de la cadena de abastecimiento en un escenario descentralizado. Las decisiones son individuales y los óptimos son locales sin garantizar el mejor desempeño global de la cadena.

Paso 3: Formulación de un modelo de contrato de ingresos compartidos de alcance extendido que integra la cadena descentralizada para lograr los desempeños de la cadena centralizada.

3.4. OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Validar el modelo de integración y distribución de ingresos en un caso de estudio.

Para la validación del modelo de integración y distribución de ingresos, se realiza la caracterización de una cadena de abastecimiento frutícola, donde se identifican los aspectos macro y micro que rigen la cadena. A partir de estas características se formula un caso de estudio donde se aplica el modelo de contrato de ingresos compartidos propuesto. Finalmente se realiza el análisis teórico para concluir sobre la pertinencia del modelo y sus aportes.

La aplicación del modelo de integración con el uso del contrato de ingresos compartidos de abarcamiento en el caso específico del sector frutícola, se plantea en una metodología de 3 pasos generales:

Paso 1: Caracterización de la cadena de abastecimiento.

Paso 2: Identificación de los aspectos críticos de una cadena de abastecimiento frutícola de tres eslabones

Paso 3: Diseño de un modelo de ingresos compartidos que representa las características de la cadena objeto de estudio (parámetros, variables y relación de dominancia).

Para el diseño del modelo de integración con el uso del contrato de ingresos compartidos como mecanismo de coordinación definidos en el Paso 3, se desarrollan las siguientes etapas:

Etapas 1: Construcción de un caso de estudio de la cadena de abastecimiento frutícola de pequeños productores con base en la caracterización realizada previamente.

Etapas 2: Modelamiento de la cadena de abastecimiento de pequeños productores frutícolas del caso de estudio, en el marco de un escenario centralizado.

Etapas 3: Modelamiento de la cadena de abastecimiento de pequeños productores frutícolas del caso de estudio, en el marco de un escenario descentralizado. Se caracteriza porque las decisiones son individuales y los óptimos son locales sin garantizar el mejor desempeño global de la cadena.

Etapas 4: Aplicación del modelo de contrato de ingresos compartidos de alcance extendido propuesto en el objetivo 2 para la validación y análisis del comportamiento del contrato.

Con el desarrollo de esta metodología se da alcance al Objetivo General toda vez que se presenta una propuesta de un modelo de distribución de ingresos para una cadena de abastecimiento frutícola, integrando los resultados obtenidos en cada uno de los objetivos específicos de esta investigación.

4. MARCO DE REFERENCIA

En esta sección se hace una breve presentación de los aspectos más relevantes con respecto al contexto de los pequeños productores agrícolas a nivel mundial, regional y local, donde se presentan datos que dan cuenta de aspectos socioeconómicos que permiten mayor comprensión sobre la generalidad del problema. Posteriormente se abordan algunos elementos conceptuales básicos relacionados con integración, coordinación, modelos asociativos agrarios, algunos conceptos de teoría de juegos, entre otros. Cada uno de estos elementos conceptuales es desarrollado posteriormente en detalle durante el desarrollo de cada objetivo.

4.1. ESTADO DEL SECTOR EN COLOMBIA, LATINOAMÉRICA Y PAÍSES EN DESARROLLO

La Organización de la Naciones Unidas (ONU), afirma que “las personas son el centro del desarrollo sostenible y que, debido a esto, se esfuerzan para tener un mundo más justo, equitativo e inclusivo”. Propone diecisiete (17) objetivos de desarrollo sostenible que deben ser alcanzados al año 2030, donde hace referencia a la erradicación del hambre, al logro de la seguridad alimentaria, a la mejora de la nutrición y a la promoción de la agricultura sostenible. Según la ONU (2017), el 12,9% de la población de los países en desarrollo está subalimentada. Las dos terceras partes del continente asiático padece de hambre. La nutrición deficiente está causando 3,1 millones de muertes de niños menores de 5 años el año. En el mundo en desarrollo, 66 millones de niños en edad de asistir a la escuela primaria acuden a clase hambrientos, 23 millones de ellos solo en África. La agricultura es el sector que más empleo produce en todo el planeta y representa la forma de vida del 40% de todas las personas en el mundo y constituye la mayor fuente de ingresos y trabajo en las zonas rurales.

La Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC), en su Plan de Acción asume compromisos con respecto a la “Seguridad Alimentaria y Erradicación del Hambre y la Pobreza” enfatizando en “Continuar aplicando el Plan para la Seguridad Alimentaria, Nutrición y Erradicación del Hambre 2025 de la CELAC, elaborado por la FAO, CEPAL y ALADI” (CELAC, 2016), donde se refiere a la necesidad del apoyo en desarrollo de políticas y facilidades de acceso al agua para consumo humano y agricultura, así como

al alimento. En Colombia, el plan de desarrollo nacional (PND) 2018-2022 reporta el 59% de las unidades productivas como informales, y el 75% de ellas con una extensión de 0,5 hectáreas. Se identifican además limitaciones traducidas en el poco desarrollo de las cadenas productivas agroalimentarias, debilidades en la inocuidad de los alimentos, así como en el acceso a los mercados debido a condiciones de infraestructura que restringe el acceso a la información, niveles altos de intermediación y una amplia variación de precios. En este sentido el plan de desarrollo de Colombia propone estrategias que incluyen propiciar la transformación productiva a través de clústeres y desarrollo de capacidades para la gestión del riesgo, inversión en infraestructura, apoyo al mejoramiento de las condiciones de comercialización de productos fomentando la comercialización por contrato, las alianzas productivas y la asociatividad

Existen otras organizaciones que apoyan a los pequeños productores a nivel mundial, como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). En Colombia, son el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), el Incoder, Finagro, el Banco Agrario, el Departamento de la Prosperidad Social, y el SENA.

Desde el aspecto social, la agricultura familiar es de gran importancia dado que las familias llevan a cabo diversas actividades agrícolas y producen gran parte de los alimentos de los países de la región. De acuerdo con la FAO (2018), en países como Chile y Nicaragua la agricultura familiar representa el 27% y el 67% de la proveeduría de alimentos respectivamente. De acuerdo con Ploeg (2014) para casi todos los países (exceptuando El Salvador y Nicaragua) los hogares de cuenta propia agrícolas y los hogares asalariados agrícolas se redujeron en promedio entre 1 y 2 puntos porcentuales, reafirmando la tendencia que se presenta a partir de las dos décadas anteriores. Sotomayor, Rodríguez, & Rodrigues (2011), coinciden con este postulado, dada la disminución del empleo agrícola influenciada principalmente por una menor participación de la población juvenil,

Desde la perspectiva socioeconómica, la FAO (2018) informa que la pobreza en el sector rural muestra un estancamiento y en algunos casos decrecimiento desde el 2012. Otra tendencia que se puede evidenciar en los hogares rurales, es el bajo nivel de escolaridad, reportados en CEPAL et al. (2015) y por el DANE, en el caso de Colombia.

4.1.1. Información a nivel mundial

Tal como se mencionaba en capítulos anteriores la pobreza ha disminuido porcentualmente en el mundo (FAO, 2015) debido al crecimiento del sector agrícola que ha proporcionado trabajos y estimulado el empleo fuera de las explotaciones agrícolas. En Europa, por ser cuna del comercio justo – fair trade-, se presenta un mayor desarrollo del mercado de frutas y hortalizas. En el 2004, por ejemplo, las ventas alcanzaron los 660 millones de euros en los 25 países de la Unión Europea (UE), destacándose el Reino Unido, con 206 millones de euros. Es de anotar que en este mercado la venta de productos orgánicos crece a un ritmo de 20-50%, dependiendo del tipo, siendo Suiza el país de más alto consumo per cápita de productos hortofrutícolas. (Lopera, Hornez, & Ordóñez, 2009).

Según los datos de la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la producción mundial de frutas y hortalizas frescas ha crecido a un promedio anual del 2,6% (2000-2007), ascendiendo a cerca de 1.465 millones de toneladas, donde algo más de la tercera parte (37,9%) correspondió a frutas y el resto a hortalizas. Asia es con diferencia el primer productor mundial (64,3%), al que le siguen Europa, África, América del Sur, América del Norte, Centroamérica, Caribe y Oceanía. En el ranking de los mayores productores mundiales de cítricos, frutas y hortalizas, España se sitúa entre los diez primeros, siendo China el primer productor. Su posición competitiva en términos productivos es superior en cítricos (sexto productor mundial), mientras que para el resto de productos ocupa la octava y novena posición, respectivamente. En el panorama internacional, la UE es una destacada región productora (8,5% del total mundial), aunque la actividad se encuentra concentrada en unos pocos países (Italia, España, Francia y Polonia), de los cuales, los dos primeros suman casi el 50% de la producción, cuota que ascendió al 66% para el total de dicho grupo en 2007 (Teruel & Cabrera, 2010).

4.1.2. Información a nivel nacional (Colombia)

De acuerdo con el plan de inversiones y gastos 2018 del fondo nacional de fomento hortofrutícola, esta actividad en Colombia ha crecido de manera sostenida entre el 2005 y 2013 en términos de precios constantes en un 3% anual y particularmente la fruticultura ha crecido un 7%, valor muy superior al crecimiento del sector agrícola que se sitúa en el 2%

anual. Reporta la misma fuente que la hortifruticultura participa del 40% de la producción total del sector y en términos de área sembrada y empleos directos e indirectos generados es el segundo después del café, y se calcula que la población hortifruticultora es de 1,1 millones aproximadamente. En este sentido Lopera, Hornez y Ordóñez (2009), informan que los frutales en Colombia generan en promedio 0,64 empleos directos por hectárea, y 2,3 indirectos en actividades como la cosecha, clasificación, distribución de todo tipo, procesos de transformación y actividades relacionadas con la exportación. Por otra parte, afirman que los cultivos hortofrutícolas tropicales son intensivos en el uso de mano de obra, tanto en la producción como en la postcosecha y comercialización; son el mayor generador de empleo rural, con cerca de 1.700.000 personas ocupadas. Según Perez E. (2001), Colombia es un país de carácter rural, donde el sector agropecuario es el principal generador de empleos en estas zonas. Según el DANE en el 2013, 3,5 millones de personas trabajaron en el sector, lo que equivale al 16,9% de la población ocupada total del país, siendo el tercer sector que mayor empleo genera, después del sector comercial y del de servicios comunales. En las zonas rurales, la agricultura representó un 62,6% de los ocupados con más de 2,9 millones de empleados. (FINAGRO, 2017). Según cifras del Dane, a 2012, la pobreza en el sector rural era del 46,8 por ciento, frente al 28,4 por ciento del área urbana; el 84,9 por ciento de la población campesina registraba bajo logro educativo; el analfabetismo era del 26,3 por ciento y el 93 por ciento no tenía empleo formal. En términos de ingresos, entre 1991 y 2000 se incrementó la proporción de la población rural por debajo de la línea de pobreza, pasando del 68.4% a 82.6%. La indigencia creció en este mismo periodo de 35.2% al 43.4%. La situación contrasta con las zonas urbanas, en donde a pesar de los flujos de pobres rurales recibidos, disminuyeron tanto la incidencia de la pobreza del 47.3% al 39.1%, como los niveles de indigencia del 13.8% al 8.3% (FAO , 2015).

4.1.3. La Asociatividad de los pequeños productores

Las cooperativas agrarias, son la forma más común de organización rural. En muchos países son las organizaciones de la población rural con más alto nivel de penetración local, lo que demuestra su alta efectividad al impulsar el progreso socioeconómico de las comunidades rurales y en la protección de los intereses de los pequeños productores de

la Región. La FAO define las cooperativas como “asociaciones de productores sin fines de lucro que colocan en un mercado común su producción individual. Emprenden operaciones que no serían viables a nivel de productor individual”. Elgue & Chiaradía (2007) definen dos tipos de asociaciones, las formales y las informales o sociedades de hecho, y las formales, entre las que se encuentran Fundaciones, Asociaciones Civiles, las Cooperativas y las Mutuales.

La integración en la agricultura se puede dar de dos formas, por un lado, esta puede ser horizontal cuando la integración se presenta solo en un sector de la economía y por otro lado, se puede dar de forma vertical si esta integración involucra más de un sector productivo (Romero, 2009). En el caso particular de Colombia, el 70% de los alimentos provienen de pequeños productores, pero sólo el 5% de la agricultura familiar es producida por asociaciones u organizaciones (Cabezas, 2017). De acuerdo con las cifras del tercer Censo Nacional de agricultura, se estima que el 73,7% de los agricultores que residen en la zona donde realizan sus actividades, no pertenece a ningún tipo de asociación productiva (DANE, 2016).

En el sector de producción de alimentos, especialmente en las frutas y hortalizas frescas, se presenta una fragmentación en la cadena de su producción, distribución, comercialización y el consumidor como destinatario final. Esta situación exige al eslabón del pequeño productor buscar alternativas de asociatividad. En España por ejemplo suelen estar agrupados en una sociedad cooperativa o sociedad agraria de transformación (SAT). Las cooperativas de primer grado cumplen esencialmente las funciones de gestionar de forma centralizada la compra de insumos y comercializar las cosechas de sus socios. Las SAT son entidades intermedias entre las cooperativas y las sociedades mercantiles. Otro modo de asociación es a través de las organizaciones de productores de frutas y hortalizas (OPFH), creadas por la comunidad, que se definen como entidades asociativas que agrupan a otras con personalidad jurídica propia (cooperativa, sociedad agraria de transformación o sociedad mercantil). (Teruel & Cabrera, 2010)

En Argentina los emprendimientos asociativos permiten a los pequeños y medianos productores, alcanzar diferentes niveles de tecnología y mejorar el poder de negociación en los mercados. En este marco, el asociativismo es considerado dentro de las llamadas

tecnologías de organización, donde las posibilidades de esquemas asociativos son ilimitadas (Amusquibar, 2006).

Las cadenas productivas tienen el propósito de fortalecer la industria de pequeños productores para hacerlos competitivos. Se componen de diferentes eslabones que transforman insumos para su posterior comercialización. Algunas formas de asociatividad existentes son:

Cooperativas: organizaciones sin ánimo de lucro, las cuales se crean para el beneficio social de un grupo de personas que conformarían dicha sociedad, son organizaciones que pertenecen al sector solidario de la economía, la cual funciona asociando un número de personas, contribuyentes, gestores y trabajadores en la cooperativa. (Rojas, 2014).

Federaciones: están conformadas por miembros que son personas jurídicas, de ninguna forma pueden ser personas naturales como lo explica la secretaria técnica del Ministerio del Interior (2012). Las federaciones principalmente asumen un papel negociador frente a diferentes instituciones o sociedad en general de forma que el beneficio sea para todos sus asociados. (Rojas, 2014).

Asociaciones: agrupaciones de personas o instituciones, que tienen un fin común y que desean tener un beneficio también común; pueden ser organizaciones independientes o pueden tener participación gubernamental según sea el propósito de la Asociación, como es explicado por Alicante (2010).

Asociaciones mutualistas: instituciones conformadas libremente por personas naturales sin ánimo de lucro, inspiradas en el beneficio y ayuda mutua como esencia de su accionar y solidaridad. Las organizaciones mutualistas están conformadas por un máximo de 25 asociados que pueden ser personas naturales, están organizadas y administradas por una asamblea general, junta directiva, y un representante legal, además de sus asociados. (Rojas, 2014).

En general se puede decir que la asociatividad de los pequeños productores puede apoyar el desarrollo de sus actividades agrícolas y romper el fenómeno de la pobreza del sector.

4.2. INTEGRACIÓN EN LAS CADENAS DE SUMINISTRO

Tal como se ha descrito en los párrafos anteriores, iniciativas como la asociatividad se convierten en mecanismos que buscan paliar el fenómeno de la pobreza, además, que las dinámicas globales del mercado en la actualidad sugieren que las empresas deben establecer sus planes estratégicos más allá de las barreras internas y que, en lugar de planear como entidades aisladas, deben hacerlo teniendo en cuenta las demás organizaciones involucradas en su cadena. Es allí donde se hace necesario invocar el concepto de la administración de la cadena de abastecimiento, que de acuerdo con Mentzer,(2004) citado en Espinal y Montoya, (2009), se trata de un sistema coordinado y estratégico de los diferentes procesos de negocio al interior de la empresa y en su cadena de abastecimiento. Por otra parte, Brewer, Button y Hensher (2001) citado por el mismo autor, la definen concretamente como la integración y administración de los procesos logísticos y, por último, haciendo referencia a Correa y Gómez (2009b) también citado por Espinal y Montoya (2009), denominan la administración de la cadena como un medio para integrar y coordinar los procesos dentro de ella. Estas definiciones involucran la integración como un elemento propio de la gestión en la cadena, que valida su importancia. Autores como Lopez (2007), hace una discusión sobre los diferentes tipos de integración mencionando que pueden ser interfuncionales e interorganizacionales, que Cossío, Flores, Suárez y Urquiaga (2017) utilizan como soporte para clasificar la integración como descentralizada y centralizada. Las decisiones en la primera son tomadas de manera independiente en cada eslabón de la cadena y en la segunda, se perfila un decisor global que toma las decisiones considerando todos los eslabones de la cadena. Una dificultad mayor se relaciona con la integración en cadenas descentralizadas, toda vez que su característica no permite un decisor global, por lo que se convierte en un reto lograr la adecuada gestión de la cadena. Algunas dificultades relacionadas con la integración inter-organizacional tienen que ver con la dificultad de que las empresas independientes compartan un objetivo común de mejorar ingresos y beneficios, lo que implica de acuerdo con Soosay y Hyland (2015), establecer un adecuado nivel de confianza, compartir información crítica, tomar decisiones conjuntas cuando sea necesario e integrar procesos a lo largo de la cadena. Se puede decir que la coordinación de la cadena se plantea no sólo como una estrategia para alcanzar resultados globalmente más

eficientes, sino como una necesidad actual de las empresas para garantizar su continuidad. En Ramdas y Spekman (2000) se comenta que la falta de coordinación puede resultar en un desempeño inadecuado con consecuencias como: pronósticos inexactos, baja utilización de la capacidad, inventario excesivo, servicio al cliente inadecuado, baja rotación de inventario, entre otros. La coordinación mejora el desempeño y alivia tensiones que resultan en los ambientes no cooperativos, que de acuerdo con Breiter, Hegmanns, Hellingrath y Spinler, (2009), tienen que ver con la solución simultanea de problemas comunes, el conflicto de objetivos, la precisión de información sobre capacidades y recursos, las disrupciones en las interfaces de la cadena, entre otros aspectos.

La coordinación de cadenas de abastecimiento puede ser descrita como la sincronización en la ejecución de actividades entre los eslabones de la cadena con el fin de mejorar su desempeño global. La relevancia de la coordinación de las cadenas de suministro no puede ser un tema de menor trascendencia que otras actividades en la planeación de la cadena, considerando que autores como (Xu & Beamon, 2006) comentan que la gestión de la cadena de suministro (GCS) se define comúnmente sobre la base de la coordinación: "La gestión de la cadena de suministro se ocupa de la planificación y coordinación de las actividades de licitación, producción y adquisición a través de las múltiples organizaciones involucradas en la entrega de uno o más productos". Sin embargo, existen cuantiosas definiciones en la literatura, generalmente, cada perspectiva depende del interés de análisis. Arshinder, Kanda y Deshmukh (2008) plantean una clasificación esquemática para la comprensión holística de la coordinación de cadenas de suministro (CCS), que representan la necesidad de los miembros de comportarse como un sistema unificado y coordinarse entre sí con el fin de mejorar el desempeño global. Es preciso mencionar que a pesar del evidente interés académico y de personas del sector real, el problema ha sido abordado desde diversos puntos de vista que comprenden: coordinación a través de las áreas funcionales, a través de las interfaces de la cadena y coordinación holística.

El estudio de la Coordinación en la cadena de suministro puede ser alcanzada por distintos mecanismos que, aunque parten de diferentes enfoques, comparten el interés mutuo por el mejoramiento de los resultados conjuntos. El potencial mejoramiento del desempeño logrado a través de la implementación de mecanismos de coordinación lo hace

particularmente llamativo debido a que puede conducir a un ahorro sustancial en los costos globales y a una mejora del servicio mediante la explotación de las economías de escala de producción y transporte, equilibrando los lotes de producción y las cargas del vehículo, y reduciendo el inventario total. En este sentido Arshinder et al. (2008) proponen como mecanismos de coordinación a las tecnologías de información (TI), intercambio de información y datos, toma de decisiones conjunta y contratos de suministro o abastecimiento, siendo este último mecanismo de especial interés para el desarrollo de este trabajo.

Los contratos de abastecimiento logran coordinar la cadena con el ajuste y definición de parámetros de intercambio comercial entre las partes, que ofrezcan incentivos para mantenerse coordinados (Van Der Rhee, Van Der Veen, Venugopal, Nalla, 2010). Uno de los retos importantes mencionado en Soosay and Hyland, (2015) es la eliminación de las barreras para la coordinación, donde se identifica la desconfianza como una de las más grandes restricciones. Entre las diferentes herramientas que conforman este tipo de mecanismo se encuentra el contrato de ingresos compartidos, donde el precio al por mayor y el coeficiente de distribución de ingresos son las variables del problema. Los contratos en las cadenas de suministro son mecanismos que se adoptan para lograr la coordinación entre los eslabones de una cadena que opera de forma descentralizada en cuanto a la toma de decisiones. En la literatura se han encontrado una variedad de contratos, que difieren en sus cláusulas contractuales en temas relacionados principalmente con la cantidad, el tiempo, la calidad y el precio (Giannoccaro & Pontrandolfo, 2004). Arshinder et al. (2008), demuestran a partir de la comparación de los resultados obtenidos en una cadena de suministro en un escenario sin coordinación en contraste con diversos escenarios donde se aplican cuatro (4) modelos de contrato diferentes, la medida en que éstos contribuyen a mejorar algunas medidas de rendimiento.

4.3. MARCO CONCEPTUAL

4.3.1. Cadena de Suministro Agrícola

La cadena agrícola se puede considerar como una red compuesta de proveedores y agricultores, productores agrícolas, y empresas de procesamiento, mayoristas, detallistas

y consumidores finales, controlando los flujos de información y de caja, la logística, iniciando desde la compra de materias primas, los productos en proceso y los productos finales, hasta la venta de estos productos al consumidor final (Yuan and Chen, 2010).

4.3.2. Gestión de la Cadena de Suministro

De acuerdo con Mentzer (2001), la Gestión de la Cadena de Suministro se define como la coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales del negocio y de las tácticas a través de estas funciones empresariales dentro de una compañía en particular, y a través de las empresas que participan en la cadena de suministro con el fin de mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas individuales y de la cadena de suministro como un todo. Logrando que la mercancía o servicios ofrecidos se distribuyan en las cantidades correctas, en los lugares correctos y en el momento adecuado a sus consumidores, logrando satisfacer sus necesidades y expectativas de nivel de servicio, al tiempo que se reducen los costos (Simchi-Levi et al., 2008).

4.3.3. Gestión de la Cadena de Suministro Agrícola

Yuan & Chen (2010) definen la Gestión de la Cadena de Suministro Agrícola como la gestión entre el sector agroalimentario y agrícola, considerando toda la cadena de suministro, incluyendo todos los miembros que intervienen en la logística, el flujo de información y el diseño y plan del flujo de capital. Esta gestión se realiza mediante la planificación, coordinación, organización y control de otras funciones, logrando que en cada nodo de la cadena de suministro de productos agrícolas se logre una coordinación efectiva que permita una optimización en su funcionamiento y en la distribución de los beneficios obtenidos, teniendo como objetivo final lograr un estado de equilibrio en el cual se maximice la satisfacción de los consumidores y se minimicen los costos totales (Shukla and Jharkharia, 2013).

4.3.4. Colaboración

McLaren, Head, & Yuan (2002) hallaron que la colaboración es una tendencia reciente y en auge en la gestión de la cadena de suministro que se enfoca en la planificación

conjunta, la coordinación y la integración de procesos entre proveedores, clientes y otros socios de una cadena de suministro.

4.3.5. Integración

Flynn et al. (2010) definen la integración de la cadena de suministro como el grado en que uno de los eslabones de la cadena de suministro colabora estratégicamente con los demás miembros de ésta y por medio de la gestión de los recursos logra alcanzar un flujo efectivo y eficiente de productos o servicios, para lograr la satisfacción del cliente.

4.3.6. Coordinación

Larsen (2000) considera la coordinación como el trabajo colaborativo con el fin de lograr una planeación y desarrollo de productos en conjunto, así como un intercambio de información, una integración de los sistemas de información en diferentes niveles de las compañías de la cadena de suministro, para que a largo plazo se compartan los riesgos y beneficios obtenidos.

A pesar de que la coordinación, colaboración e integración se entienden como términos diferentes, Ruiz et al. (2015) encontraron que estos términos se pueden utilizar de forma indiscriminada en el contexto de la gestión de la cadena de suministro, pues se refieren a los esfuerzos de unión entre los socios con el objetivo de mejorar el desempeño global de la cadena.

4.3.7. Contrato

En Pineda & López (2013) definen los contratos como un acuerdo entre dos partes. Los contratos en las cadenas de suministro son un conjunto de cláusulas que proveen la información suficiente y mecanismos de incentivos buscando garantizar a los miembros la coordinación y la optimización del desempeño de la cadena de suministro (Cachon, 2004).

4.3.8. Coalición

Se le denomina coalición a un grupo de jugadores que no compiten entre sí, sino que participan en un juego cooperativo en alianzas que buscan un mismo objetivo aumentando

la probabilidad de obtener ganancias superiores en comparación a un escenario centralizado (Ferreira et al., 2015).

5. EL MODELO DE INTEGRACIÓN EN LAS CADENAS DE ABASTECIMIENTO FRUTÍCOLAS

ABSTRACT

This chapter presents the results obtained in the selection of an integration model for a fruit supply chain. A methodology is proposed that combines a CMMI (Capability Maturity Model Integration), analysis with fuzzy logic supported by MatLab's fuzzy logic toolbox as well as analytical hierarchical process (AHP). CMMI is considered as a starting point to know the chain maturity state in term of integration. Fuzzy logic analysis is applied which is considered as a useful tool to study the relative convenience of the contract compared to other coordination mechanisms proposed in the literature, as well as to know the disposition toward the integration in the chain based on a set of logical rules established. All of the above from the postulates of Speakman et al (1998), Arshinder and Deshmukh (2008) and Arshinder, Kanda and Deshmukh (2011). In the same way, analytical hierarchical process (AHP) is proposed to define a convenient organizational associativity model for small producers, as a strategy for linking them to efficient marketing chains. Results obtained show the convenience of the use of contracts as a supply chain coordination mechanism in study, and Limited Liability Company as an alternative of associative organization for small producers.

RESUMEN

Este capítulo presenta los resultados obtenidos en la selección de un modelo de integración para la cadena de abastecimiento frutícola. Se propone una metodología que combina un modelo de madurez CMMI (Capability Maturity Model Intregation), el análisis con lógica difusa apoyado en la fuzzy logic toolbox de MatLab y la aplicación del proceso analítico jerárquico (AHP). El CMMI se plantea como un punto de partida para conocer el estado de la cadena en términos de su madurez frente a la integración; el análisis con lógica difusa se aplica por considerarse una herramienta útil para estudiar la conveniencia relativa del contrato frente a otros mecanismos de coordinación propuestos en la literatura, así como para conocer la disposición hacia la integración de la cadena con base en un conjunto de reglas lógicas establecidas; todo lo anterior a partir de los

postulados de Speakman et al (1998) , Arshinder y Deshmukh (2008) y Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011). De igual forma, el proceso analítico jerárquico (AHP) se propone para la definición de un modelo organizacional de asociatividad conveniente para pequeños productores, como alternativa para su vinculación a cadenas de comercialización eficientes. Los resultados obtenidos muestran la conveniencia del uso del contrato como mecanismo de coordinación de la cadena de suministros en estudio y, la sociedad limitada como alternativa de organización asociativa para los pequeños productores.

5.1. INTRODUCCIÓN

La selección de un modelo de integración para una cadena de abastecimiento, se hace relevante cuando se trata de establecer mejoras en su desempeño. Las cadenas de abastecimiento desde el punto de vista de la toma de decisiones, se clasifican como centralizadas y descentralizadas, siendo las primeras las que definen el mejor desempeño. En las cadenas de abastecimiento descentralizadas, el reto se plantea en términos de cómo lograr que sus desempeños sean iguales que el de las cadenas centralizadas.

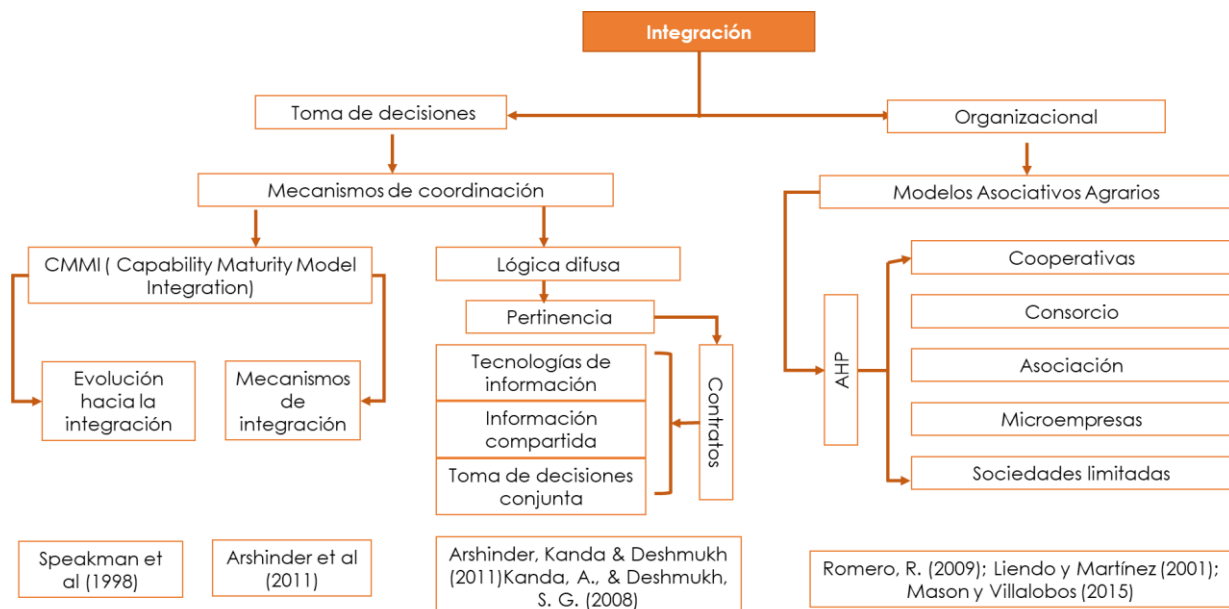


Figura 5.1. Estrategia para la selección de un modelo de integración

Fuente: Elaboración propia

La integración es una condición necesaria en esta cadena, pero, identificar el mejor modelo para lograrla implica conciliar aspectos estratégicos, tácticos y operativos. Dada la complejidad de este escenario, se plantea a continuación (véase fig. 5.1) los resultados obtenidos sobre el estudio de la integración en la cadena. Se toma como información para el análisis la valoración de las características de la cadena de abastecimiento, obtenida por indagación directa a productores y de la consulta en fuentes secundarias. Se hace una aproximación desde el enfoque de CMMI (Capability Maturity Model Integration) para valorar la madurez de la cadena en términos de integración con base en dos procesos, la evolución de la integración propuesto en Spekman, Kamauff y Myhr (1998) y los mecanismos de coordinación planeados en Kanda y Deshmukh (2008) y Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011). Complementariamente se toman los datos de la valoración de madurez y se tratan con el apoyo del fuzzy logic toolbox de la aplicación Matlab para determinar lo que se denomina como la disposición de la cadena hacia la integración considerando los postulados de Spekman et al (1998), así como la conveniencia relativa del uso de contratos con respecto a los otros mecanismos de coordinación propuestos en Kanda y Deshmukh (2008) y Arshinder et al (2011). Por otra parte, se propone la selección de las mejores alternativas de organizaciones asociativas para los pequeños productores, tomando con referencia a Romero (2008), con el uso del proceso analítico jerárquico (AHP) entendiendo la importancia del modelo de organización que permita la vinculación de los pequeños productores a cadenas comerciales eficientes, mediante la consolidación de la oferta, alineación en prácticas tecnológicas, fijación de precios y calidad entre otros aspectos.

En este capítulo se presenta la revisión de la literatura, la metodología propuesta y por último la discusión sobre los resultados obtenidos.

5.2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

5.2.1. Integración en la cadena de abastecimiento

Es relevante identificar la importancia de la integración en la cadena de abastecimiento desde la mirada de varios autores que han trabajado el concepto previamente. Para Morash y Clinton (1998), la integración en las cadenas de abastecimiento se presentan

de tres tipos, la integración intra-organizacional, la integración colaborativa inter-organizacional y la integración operacional inter-organziacional, donde la primera se refiere a los flujos inter-funcionales, la segunda a la integración compartiendo información y la última que tiene que ver con los flujos físicos y espaciales. Por su parte Fawcet y Magnan (2002), realizan un estudio empírico para validar el estado de la integración de las cadenas de abastecimientos en el sector empresarial, encontrando que la realidad dista mucho del escenario ideal de la integración presentada en la literatura. Huo (2012), presentan una investigación que les permite afirmar que la integración interna mejora el desempeño de la empresa y la predispone de mejor manera a la integración externa, alcanzando mejores resultados en su gestión. Childerhouse, Deakins, Böhme, Towill, Disney y Banomyong (2011) examinan el nivel de aceptación de la integración en organizaciones internacionales y locales. Utilizan una metodología de diagnóstico denominada Quick Scan para evaluar la madurez de integración de 72 flujos de valor en Nueva Zelanda, Tailandia y el Reino Unido, concluyendo que la mayoría de las organizaciones estudiadas están trabajando para convertir el concepto de integración en realidad y que en promedio las cadenas de abastecimiento están mal integradas. Para Spekman, Kamauff y Myhr (1998), quienes en la época abordaron el problema de la cadena de abastecimiento desde el enfoque de la eficiencia, plantean que los mejores resultados se obtienen a partir de las relaciones establecidas entre los eslabones de la cadena. Desde ese entonces, el ambiente competitivo exigía realizar acuerdos entre los eslabones de la cadena para atender exitosamente las nuevas condiciones del mercado, que permite evidenciar lo que estos autores llaman un ambiente de competencia entre cadenas de abastecimiento y no entre empresas aisladas. Con base en lo anterior clasificaron la integración en 4 niveles claramente diferenciados: La negociación abierta, la cooperación, la coordinación y la colaboración; donde cada estado implica un mayor nivel de integración, tal como se presenta en la figura 5.2.

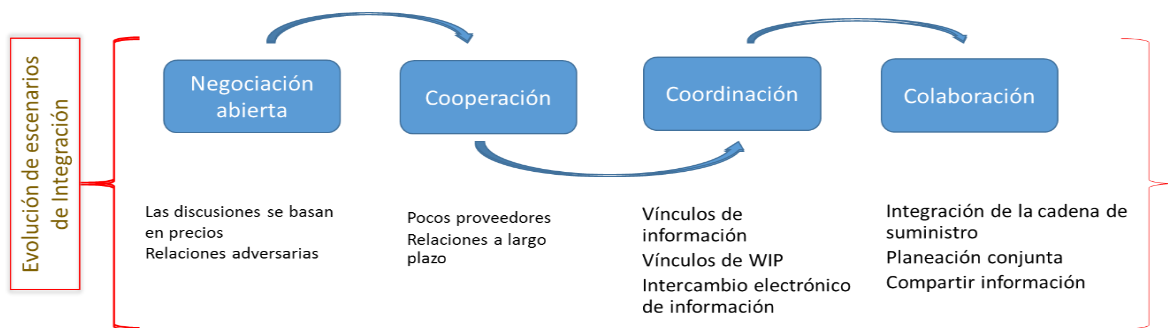


Figura 5.2. Escenarios posibles de acuerdo al nivel de integración

Fuente: Spekman, R. E, et al (1998).

Esta presentación da cabida a una amplia discusión con respecto a lo que se debería entender como integración. En la literatura este concepto se ha manejado indistintamente tal como lo afirman Soosay y Hyland (2015), quienes concluyen que la colaboración conceptualizada como una estrategia que requiere planificación conjunta para alcanzar objetivos compartidos, involucra la cooperación entre los miembros autónomos de la cadena de abastecimiento. De manera concreta para Soosay y Hyland (2015), la colaboración se puede conceptualizar como una estrategia (Udin et al., 2006; Fawcett et al., 2010; Tsou, 2013 citado en Soosay y Hyland ,2015), una capacidad dinámica única (Singh and Power, 2009; Fawcett et al., 2011; Hartmann y De Grahl, 2011; Richey et al., 2012; Smith and Rupp, 2013; Soosay et al., 2008 citado en Soosay y Hyland ,2015) y la forma más alta de relación basada en la confianza a largo plazo (Bhakoo y Chan, 2011; Sheu et al., 2006; Ha et al., 2011; Vlachos et al., 2008; Yazici, 2012; Van Echtelt et al., 2008 citado en Soosay y Hyland ,2015). Se caracteriza por la planificación conjunta y la toma de decisiones sobre asuntos estratégicos y operativos (Kim y Oh, 2005; Kumar y Banerjee, 2012 citado en Soosay y Hyland ,2015); recursos, procesos, información y riesgo compartido (Moyaux et al., 2007; Ruel et al., 2013; Yigitbasioglu, 2010 citado en Soosay y Hyland ,2015); y entendimiento mutuo, trabajando hacia objetivos compartidos y logrando soluciones óptimas (Fawcett et al., 2011 citado en Soosay y Hyland ,2015). La clave de la colaboración en la cadena de suministros de acuerdo con este análisis, tiene que ver con las relaciones mutuamente beneficiosas que se forman entre las empresas para compartir mejores resultados y beneficios, que se basan en niveles apropiados de confianza, intercambio de información, decisiones conjuntas y, en general procesos de integración de la cadena de suministros.

Llama la atención, que la colaboración como un escenario de integración también es tratada desde las teorías administrativas; Soosay y Hyland (2015) en su revisión de la literatura, identifica 12 de ellas (Ver Tabla 5.1):

Tabla 5.1. Teorías administrativas de integración

TEORÍA	AUTORES
Teoría basada en recursos	(Barney, 1991)
Teoría de la ventaja de recursos	(Hunt and Davis', 2008)
Vista relacional	(Dryer and Singh, 1998)
Teoría del intercambio social	(Homans, 1958)
Vista de capacidad dinámica	(Teece et al., 1997)
Teoría de las partes interesadas	(Freeman, 1984; Donaldson and Preston, 1995; Mitchell <i>et al.</i> , 1997)
Teoría de la señalización	(Spence, 1973)
Teoría del campo de fuerza	(Lewin, 1951)
Teoría del costo de transacción	(Williamson, 2008)
Teoría de la contingencia	(Fiedler, 1964)
Teoría de la agencia	(Jensen and Meckling, 1976; Eisenhardt, 1989)
Teoría de la Tecnología-Organización-Medio ambiente.	(Tornatzky and Fleischer, 1990)

Fuente: Soosay, Hyland (2015)

Desde el punto de vista de la teoría de colaboración en las cadenas de abastecimiento se observa que muchos trabajos se han enfocado en relaciones entre dos eslabones de la cadena, siendo poco el trabajo que se ha realizado para abordar la colaboración en cadenas de abastecimiento de múltiples eslabones (Soosay y Hyland, 2015), que buscan beneficios mutuos entre las partes, lo que exige una condición gana – gana. Sin embargo, plantean que el gran reto es vencer la falta de confianza, la dependencia y el poder entre cada uno de los eslabones, dado que estos elementos se vuelven inhibidores de la colaboración, situación que también ha sido estudiada por autores como (Wagner et al., 2011; Wu et al., 2014; Co and Barro, 2009; Chen et al., 2014; Nyaga et al., 2010; Islam and Olsen, 2014; Zeng et al., 2012; Hammervoll and Bø, 2010; Chae et al., 2005; Thomé et al., 2014; Wang et al., 2011; Centidamar et al., 2005; Fawcett et al., 2008).

En estudios más recientes se han realizado algunos aportes en torno a la administración colaborativa de las cadenas de abastecimiento, es así como Echeverry y Montanez 2016, presentan una propuesta integral para mejorar el sistema de abastecimiento con un enfoque colaborativo en la cadena de abastecimientos de una asociación de café orgánico. Perez 2018, interviene en el marco de las cadenas colaborativas expresando

un modelo de gestión del conocimiento enfocado en realizar un análisis basado en pilares internos de la organización (personas, equipos, organización y globalización) y un análisis externo de la cadena de suministros colaborativas. Salas, Maiguel y Acevedo 2017, presentan una metodología de gestión de inventarios que determina los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministro, de tal forma que se generen políticas y estrategias conjuntas para mejorar el desempeño de los actores en la cadena. Cardenas, Serna y Londoño 2017, presentan un modelo de abastecimiento colaborativo en una empresa Frutícola en el Valle del Cauca. Finalmente, Aldana y Bernal 2018, analizan la importancia de los factores blandos en la gestión de integración en las cadenas de abastecimiento y plantean un modelo conceptual que muestra el rol de esos factores en las cadenas.

Por otra parte, Attaran y Attaran (2007), concluyen que las prácticas de gestión de la cadena de suministro colaborativa en el mundo de las comunicaciones por internet, especialmente en lo relacionado con la Planificación colaborativa, previsión y reposición (CPFR), se están estableciendo firmemente como el camino a seguir para operaciones comerciales exitosas y sostenibles. Con el CPFR, las empresas pueden mejorar drásticamente la eficacia de la cadena de suministro a través de la planificación de la demanda, la programación sincronizada de la producción, la planificación logística y el diseño de nuevos productos. Gonzalez-Feliu y Morana (2011) por su parte, plantean que la colaboración es un tema estudiado mayormente en aspectos inter-funcionales, pero existen campos poco explorados como la logística de distribución compartida, llamando la atención sobre la necesidad de ampliar la aplicación de este concepto. En este sentido Gonzalez-Feliu, Morana, Grau y Ma, (2013) proponen una estructura para evaluar soluciones colaborativas en el contexto de la logística y el transporte de mercancías, así como para describir los vínculos entre el transporte de mercancías y la gestión de la cadena de suministro en términos de colaboración. Simatupang y Sridharan (2002), plantean que aunque la colaboración pretende igualar la oferta con la demanda para lograr los mejores beneficios, requieren esfuerzos importantes debido al comportamiento oportunista de los miembros de la cadena de abastecimiento.

Otro aspecto que queda abierto en la teoría de la integración tiene que ver con la complejidad que surge cuando la integración se pretende realizar en cadenas donde los miembros son independientes y autónomos, en esta vía, surge el reto de integrar los eslabones de la cadena usando mecanismos que permitan trabajar por objetivos comunes sin que los socios de la cadena pierdan su autonomía e independencia. Es allí cuando surgen las alternativas de colaboración basadas en la estructura, en los procesos y en las relaciones entre los miembros de la cadena y la gran complejidad que puede presentarse en una implementación de este tipo. Soosay y Hyland (2015) describen tres tipos de colaboración: la colaboración horizontal, que se refiere a acuerdos entre compañías en el mismo eslabón de la cadena de suministro; la colaboración vertical, presentada cuando se vinculan diferentes eslabones de la cadena de suministros y la colaboración lateral, donde se vinculan compañías en el mismo eslabón simultáneamente con compañías en diferentes eslabones de la cadena.

La complejidad de la integración también ha sido tratada por Kanda y Deshmukh (2008), quienes presentan la integración desde un enfoque de coordinación en la cadena de abastecimiento. Hacen una revisión sistemática de la literatura y resaltan la importancia de la coordinación en la cadena de abastecimiento y los diferentes mecanismos para lograrla, así como los vacíos encontrados. En este sentido definen algunas perspectivas de la coordinación en la cadena de abastecimiento, informados en la literatura, los cuales clasifican en cuatro partes:

- a.** Trabajo colaborativo en planificación conjunta, desarrollo conjunto de productos, intercambio de información y en la integración de los sistemas de información, así como, cooperación a largo plazo y la distribución justa de riesgos y beneficios tratados por (Larsen, 2000).
- b.** La cadena de abastecimiento colaborativa que es el vínculo más simple que se da entre dos o más empresas que trabajan conjuntamente en la planificación y ejecución de operaciones (Simatupang y Sridharan, 2002).
- c.** Acuerdos Gana – Gana que proporcionan mayor éxito comercial para los socios (McClellan, 2003).

d. Coordinación en la cadena de abastecimiento como una estrategia para afrontar la dependencia de los miembros en la cadena de abastecimiento (Xu y Beamon, 2006).

Kanda y Deshmukh (2008) identifican algunos aspectos característicos que hacen muy compleja la integración en la cadena de abastecimiento entendiendo que tratan, no solamente con procesos sino con sistemas humanos. Estos son: Las diferencias que existen entre los miembros de la cadena en términos de su interés, que regularmente generan desajustes entre la oferta y la demanda dado que se tiene una perspectiva local por cada uno de los miembros (Fisher et al., 1994). Otros tienen que ver con las metas y objetivos en conflicto llamado conflicto de metas, los desacuerdos de poder en torno a la toma de decisiones, llamado conflicto de dominio y las diferencias en las percepciones de la realidad que afectan las decisiones conjuntas, llamado conflicto de percepción. También deben considerarse las reglas y procedimientos particulares, las cuales pueden afectar la relación entre las organizaciones. Se entiende que la tecnología de la información es un elemento clave en un escenario de integración (Lee et al., 1997; McCarthy and Golocic, 2002). Por último, la dinámica del mercado puede generar dificultades en el intercambio de productos, los cuales pueden tener un ciclo de vida corto o en la vinculación de socios, dado el rápido cambio del entorno empresarial (Piplani y Fu, 2005). Kanda y Deshmukh (2008) consideran que la escasa capacidad de coordinación en las cadenas de abastecimiento, resulta en pobres desempeños y establecen una clasificación de los diferentes tipos de coordinación en una cadena de abastecimiento, como se muestra en la figura 5.3.

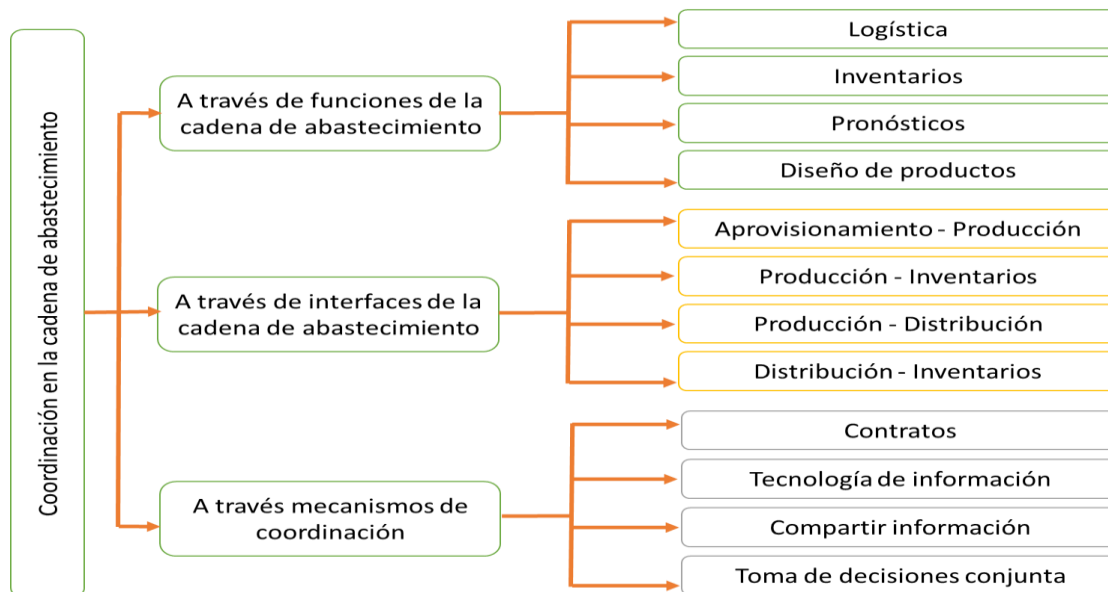


Figura 5.3. Coordinación en la cadena de abastecimiento

Fuente: Adaptado de Kanda y Deshmukh (2008)

Desde el punto de vista de las diferentes perspectivas de la coordinación y los modelos conceptuales en la cadena de abastecimiento, en la revisión de la literatura realizada por Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011) se identificaron varios enfoques, son ellos:

- a. La coordinación entre firmas independientes estudiadas en Narus y Anderson (1995).
- b. Desde el grado de relacionamiento entre las organizaciones para compartir riesgos y utilidades dado en Lambert et al. (1999).
- c. Desde el trabajo colaborativo, compartiendo procesos de planificación, desarrollo de productos, intercambio de información y sistemas integrados entre algunas compañías trabajado en Larsen (2000).
- d. El estudio de la coordinación en la cadena de abastecimiento vista como un vehículo para redefinir decisiones, mejorar el flujo de trabajo entre los miembros de la cadena, planteado por Lee (2000).
- e. La coordinación vista como el compartir planes de trabajo en algunas actividades como el pronóstico de la demanda y los planes de producción para atender el mercado trabajado por Larsen et al. (2003).
- f. La perspectiva de Hill y Omar (2006) quienes vieron la coordinación como la vinculación entre los miembros de la cadena de abastecimiento para minimizar costos operativos y compartir beneficios a través de la planeación de la producción y la programación de políticas.

g. Por último, Kanda & Deshmukh,(2008) que ven la coordinación como la capacidad de identificar las actividades entre los miembros independientes y diseñar mecanismos con el fin de gestionar de mejor manera estas interdependencias.

Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011) hacen un resumen del tipo de coordinación y el tipo de problema que abordan, en la literatura (Ver Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Tipos de coordinación

Tipo de coordinación	Tipo de problema
Coordinación de funciones o procesos entre los miembros de la cadena	Integración de los procesos de aprovisionamiento, producción, distribución e inventario
Coordinación para compartir información	Valorar la capacidad de compartir información
Mecanismos de coordinación y desempeño	Coordinación del canal de comercialización, eficiencia operacional e intercambio de información
Coordinación con tecnologías de información	Basar la integración con el uso de internet para problemas complejos en la cadena de abastecimiento, además del uso de tecnologías de información

Fuente: Adaptado de Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011)

Es importante precisar que Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011) observan un vacío en el desarrollo de la relación empírica entre los medios y mecanismos de coordinación en la cadena de abastecimiento. Se identifica una ausencia de modelos para cuantificar y evaluar el nivel de coordinación logrado con el uso de los diferentes mecanismos de coordinación propuestos en la literatura.

Es de interés para este trabajo, dada la complejidad para lograr la integración, conocer que tan preparada esta la cadena objeto de estudio para asumir un proceso de integración, por lo que se apela como estrategia al estudio de la madurez en la cadena. El concepto de madurez de acuerdo con (Dorfman y Thayer, 1997 citado en Lockamy y McCormack, 2004), se relaciona con la medida del estado de evolución del proceso en términos de su definición, gestión, medición y control explícitamente desarrollado durante todo su ciclo de vida, lo que implica crecimiento en la capacidad del proceso, riqueza y consistencia para toda una organización. En la medida en que una organización aumenta la madurez de sus procesos, deben existir políticas, estándares y estructuras organizativas claras que los institucionalizan (Hammer, 1996 citado en Lockamy y McCormack,2004). Este autor adicionalmente identifica una relación significativa entre la

madurez y el desempeño de la administración de la cadena de suministros, proponiendo un modelo de madurez relacionado con el modelo de operaciones de la cadena de suministro (SCOR) y cinco etapas para mostrar el progreso de las actividades en la cadena orientadas hacia la efectiva gestión y la madurez del proceso. Por otra parte, para (Díaz y Ortiz 2012 citado en Vivares S.f.) el modelo de madurez trata de la definición estructurada de elementos que señalan las particularidades de un producto o proceso en un momento en el tiempo que permite establecer el estado de su evolución para llegar a un estado maduro definido como el ideal, donde logre un máximo nivel de desempeño.

Varios tipos de estos modelos son definidos en la literatura tal como lo plantea Mergarejo & Ruíz (2014) que describe cinco de los modelos de madurez más citados en su revisión de la literatura, son ellos: CMMI (Capability Maturity Model Integration), que se reporta como el de mayor prestigio internacional y utiliza cinco niveles para medir la madurez y seis de capacidad; BPMM del OMG (Business Process Maturity Model), propone cinco niveles de madurez (inicial, gestionado, estandarizado, predecible e innovador) y define objetivos deseables por áreas de la organización; el modelo de madurez de procesos de negocio de Fisher, que plantea cinco estados de madurez (aislado, integrado tácticamente, proceso impulsado, empresa optimizada y red inteligente de gestión) y vincula cinco palancas de cambio que son factores determinantes para el desarrollo de la organización; las Normas ISO 9001 e ISO 9004, que define un conjunto de requisitos que dan cuenta del estado de la gestión y aseguramiento de la calidad a nivel de sistema y producto y que evalúa como apto o no apto el proceso; y el modelo PEMM de Hammer (Process and Enterprise Maturity Model), define un modelo basado en cinco procesos facilitadores (Diseño, ejecutores, responsables, infraestructura e indicadores) y capacidades de la empresa, que mide de manera independiente. Para la cadena objeto de estudio se utilizará el modelo de madurez CMMI (Capability Maturity Model Integration), que además de su prestigio ha sido también utilizado ampliamente en la literatura en diversos escenarios.

Por otra parte, en función al interés por definir la pertinencia del contrato como mecanismo de coordinación pertinente en esta cadena, se vincula la lógica difusa como estrategia de análisis a partir de los resultados obtenidos en la evaluación de madurez

de la cadena de abastecimiento frutícola frente a la integración. La lógica difusa es definida en De Vito,(2006) como una metodología que permite llegar a conclusiones a partir de información que es incompleta, errónea, imprecisa, donde se maneja una gran incertidumbre. Se trata de hacer inferencias a partir de la información disponible y cuya lógica no es absoluta. Señala que se trata además de una técnica que permite trabajar con lo que llama una lógica multivaluada, la cual asigna valoraciones ampliadas, es decir, más allá de las valoraciones absolutas o binarias del sí o el no. Por su parte Morales (2002) considera que la lógica difusa permite producir resultados exactos a partir de datos imprecisos; a esta lógica se le adjetiva como difusa debido a la incertidumbre que denotan los valores de verdad asignados. Por último, se plantea que la lógica difusa se utiliza en procesos de complejidad alta, asociados a modelos no lineales y cuando se maneja alta imprecisión y subjetividad en la definición de variables, entre otros escenarios, punto de vista compartido por Hurtado (2006), De Paula y Lafuente (2018) y Argote-Cusi, M. L. (2018), quienes afirman que a pesar de que esta técnica fue propuesta por Zadeh en 1965, es muy pertinente en la actualidad. En ella se toman variables de entrada ya sean cualitativas o cuantitativas, y las convierte en variables lingüísticas que funcionan como elementos de pertenencia a un conjunto difuso, donde se usan condicionales como el si-entonces, que permite salidas del sistema de variables nítidas (por un proceso de defuzzification por su denominación en inglés), que brinda información que apoya la toma de decisiones. En este trabajo se hace uso de este enfoque con el apoyo de la herramienta del fuzzy logic del toolbox de MATLAB.

5.2.2. Modelos organizacionales asociativos agrícolas

Hasta aquí se ha discutido el concepto de la integración a partir de la relación entre los eslabones de la cadena de abastecimiento de pequeños productores en el ámbito de la toma de decisiones. Ahora se pretende abordar el concepto de la integración entre ellos mismos, es decir entre los pequeños productores, entendiendo que su integración debe darse a través de algún modelo de organización asociativo que les agrupe. Al respecto Romero, R. (2009) define esta integración como asociativismo agrario, que se entiende como la asociación de pequeños productores agrarios que requieren estructurar la producción, la oferta y el precio entre otros aspectos. Este autor tipifica tres tipos de

organizaciones o modelos asociativos de integración: La empresa social que se traduce en una sociedad de carácter civil; los consorcios como estructuras asociativas más complejas constituidas para la colaboración entre empresas y, las asociaciones o uniones de productores que son de carácter colaborativas para enfrentar adecuadamente las exigencias del mercado. Propone en el escenario de los productores agrícolas varios tipos de organizaciones que facilitan la integración de los pequeños productores, estas son: El consorcio, la cooperativa, la asociación de productores y dentro del tipo de sociedades plantea la sociedad anónima, la sociedad limitada y la microempresa, entre otras. Por otra parte, Liendo y Martínez (2001) refuerzan el hecho que el cooperativismo se ha difundido ampliamente como alternativa de organización, haciendo énfasis en que la asociación así sea de pequeños productores o pequeñas empresas, puede ser una fortaleza al momento de enfrentar el mercado. Sin embargo, sobre este particular existe un riesgo mencionado en Mason y Villalobos (2015) que hace referencia a la posibilidad que entre los mismos miembros de una cooperativa o asociación se generen conflictos por acceder a la venta de su producto, en un escenario de compra por subasta. En este sentido se hace uso del proceso analítico jerárquico (AHP), para la selección de un modelo de organización asociativa entre varias alternativas propuestas en la literatura consultada. De acuerdo con Jiménez (2002), el AHP es una técnica presentada por Saaty (1994) para establecer relaciones de jerarquía considerando escalas de razón que permitan establecer relaciones entre objetivos y propósito. El proceso analítico jerárquico se caracteriza porque utiliza jerarquías, se plantean alternativas finitas, utiliza comparaciones pareadas, se apoya en una escala para la valoración de juicios, y por ultimo generaliza una teoría a partir de la escala de prioridades. En García (2009) y en Peña y Rivera (2017), se describe un conjunto de 5 pasos para la implementación de este modelo. Para García (2009), el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP), se basa en la idea de que la complejidad inherente a un problema de toma de decisión con criterios múltiples, se puede resolver mediante la jerarquización de los problemas planteados. Para Peña y Rivera (2017), este proceso permite identificar los aspectos prioritarios para la gestión de una cadena de abastecimiento frutícola de pequeños productores.

5.3. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología integra la valoración de los mecanismos de coordinación como modelos de integración en cadenas descentralizadas, usando como referentes a Kanda & Deshmukh (2008), Arshinder, Kanda & Deshmukh (2011) y Spekman, Kamauff & Myhr (1998) y con base en Romero, R. (2009) se hace la valoración de los modelos organizacionales asociativos para pequeños productores agrícolas en el contexto de la cadena objeto de estudio (véase figura 5.4). Estos dos enfoques son abordados con el uso del modelo CMMI (Capability Maturity Model Integration) y la lógica difusa con el soporte del módulo fuzzy logic toolbox de MatLab., para evaluar la madurez de la cadena en términos de su evolución hacia la integración, así como frente a los diferentes mecanismos de coordinación. Para el caso de la evaluación de alternativas de modelos de organización asociativa se utiliza el proceso analítico jerárquico (AHP).

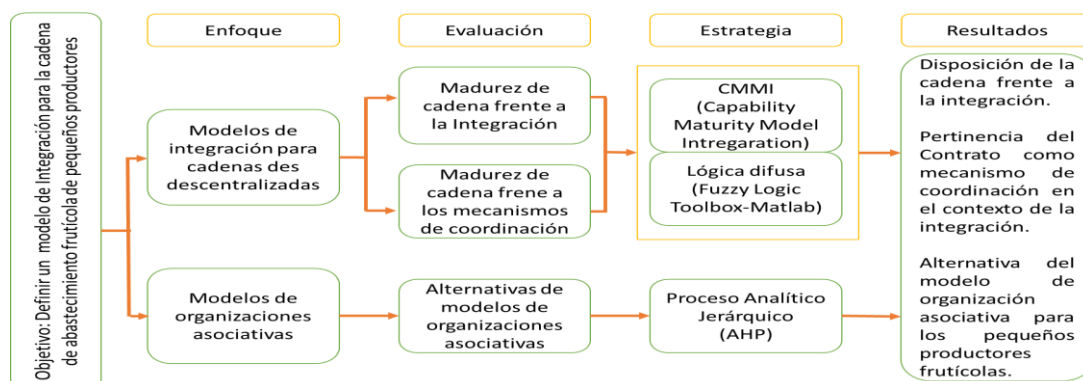


Figura 6.4. Definición de un modelo de integración para la cadena de abastecimiento
Fuente: Elaboración propia

5.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presenta el desarrollo de la metodología propuesta y los resultados obtenidos.

5.4.1. Modelos de integración en la cadena de abastecimiento frutícola con el uso de CMMI y lógica difusa

Fundamento de criterios de análisis y estructura del modelo de madurez

Siguiendo la metodología planteada en (Vivares S.f.), se proponen seis (6) principios que fundamentan el diseño y aplicación del modelo de madurez de la cadena de abastecimiento frente a los mecanismos de integración para cadenas descentralizadas propuestos en Kanda & Deshmukh (2008). Estos principios se definen a partir del alcance cualitativo del análisis y con base en la literatura consultada hasta este punto. Los principios definidos son los siguientes:

Simplicidad: Se busca plantear una herramienta metodológica que sea de fácil comprensión y manejo en el ámbito de las dimensiones definidas y la valoración de las mismas, en torno a los mecanismos de integración. Se definen claramente los mecanismos de coordinación y su relación con los estadios de madurez de la cadena de pequeños productores.

Enfoque cualitativo: A pesar de presentar datos en el análisis, la aplicación de la herramienta se hace en el plano teórico y a partir de la información disponible producto de consulta de fuentes primarias realizadas previamente, así como de fuentes secundarias, que dan cuenta del estado de las cosas en la cadena de abastecimiento frutícola de pequeños productores.

Autonomía: El modelo de madurez y sus resultados son el producto del análisis con criterio autónomo de los autores e independiente de los deseos de los actores de la cadena objeto de estudio o de intereses propios. Los resultados se fundamentan en información documentada y de fuentes consultables.

Enfoque estratégico: Se presenta un análisis en el plano estratégico toda vez que se trata de conocer un estado y una disposición de la cadena para responder a escenarios de integración claramente definidos en la literatura para cadenas descentralizadas.

Innovación metodológica: Aunque el modelo de madurez CMMI es la base del desarrollo del trabajo, los autores presentan algunas modificaciones en la valoración que permiten integrar la evolución de la integración y los mecanismos de integración referenciados desde la literatura.

Enfoque hacia la integración: el modelo de madurez se propone en el marco de la integración de cadenas descentralizadas, con base en la profundización sobre la información disponible de la cadena de pequeños productores frutícolas.

Los principios definidos previamente soportan el proceso de construcción del modelo de madurez tomando como referencia a Gutiérrez, Zapata y Posada (2018). A continuación, se formula la siguiente estructura para el modelo de madurez (véase fig. 5.5):

a) Identificación de los procesos de integración desde dos enfoques; el primero desde los diferentes estados de la evolución de la integración propuestos en Spekman, Kamauff & Myhr (1998) y, el segundo desde los mecanismos de integración presentados en Kanda & Deshmukh (2008) y Arshinder, Kanda & Deshmukh (2011).

b) Identificación y definición de las variables que determinan el estado de evolución de la madurez de la cadena de abastecimiento frente a cada uno de los procesos definidos.

c) Definición de la escala de valoración a partir de la adaptación de la propuesta para el modelo de madurez CMMI.

d) Aplicación de la escala de valoración por parte de los autores a partir de la aproximación teórica, fuentes secundarias y de datos obtenidos de procesos de consulta directas a los miembros de la cadena para la caracterización previamente desarrollada. Esta valoración se aplica a cada una de las variables definidas para evaluar la evolución de la madurez de la cadena.

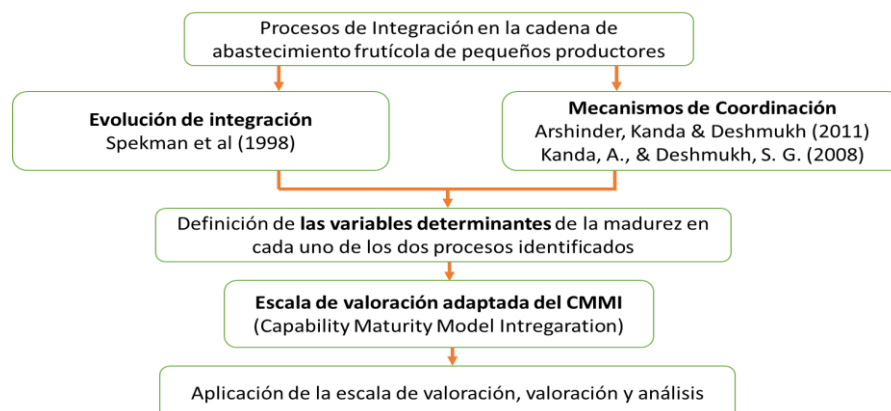


Figura 5.5. Estructura del modelo de madurez
Fuente: Elaboración propia

Identificación de los procesos de integración

En términos de los procesos determinantes frente a la integración de la cadena de abastecimiento de pequeños productores frutícolas, (Lee y Billington, 1992 citado en Spekman et al 1998), afirman que la gestión de la cadena de suministro se basa en la confianza y el compromiso, lo que de acuerdo con (Heide y John, 1990 citado en Spekman et al 1998) contribuye significativamente a mantener la estabilidad en la organización a largo plazo

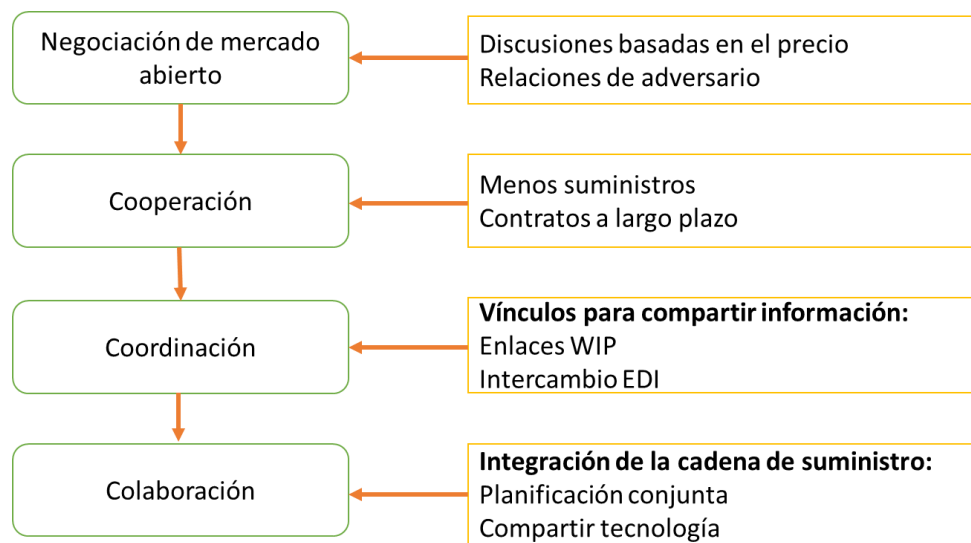


Figura 5.6. Estructura del modelo de madurez
Fuente: Adaptado de Speakman et al (1998)

Spekman et al (1998), puntualizan en lo que llaman la evolución hacia la integración en la cadena (véase fig. 5.6), donde representan un estado de ausencia absoluta de integración y el estado de colaboración donde se logra la integración. La transición entre cada estado implica cambios en lo que llaman el nivel de intensidad de la relación, que pasa de entenderse como una relación de contrincantes a enfocarse en una visión compartida de futuro.

Finalmente, esta discusión se contextualiza en cadenas descentralizadas, donde la transición hacia la integración, requiere el cambio de mentalidad de los eslabones, más aún cuando en el caso de los pequeños productores existe una relación asimétrica de información y roles de dominancia entre los actores de la cadena.

Por otra parte de acuerdo con Zhao y Wang, 2002 citado en Kanda y Deshmukh 2008, la coordinación puede no ser siempre beneficiosa para los miembros de la cadena debido a los altos costos que puede significar la adopción de sistemas de información inter-organizacional e información compartida, que además exige condiciones operativas de la organización que pueden en muchos casos, no ser viable para algunos miembros de la cadena, por lo que se hace necesario investigar los condiciones particulares de la cadena de abastecimiento. Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011), presentan cuatro mecanismos de coordinación indicando que, aunque pueden no ser los únicos, son los que se discuten de manera intensiva y amplia en la literatura.

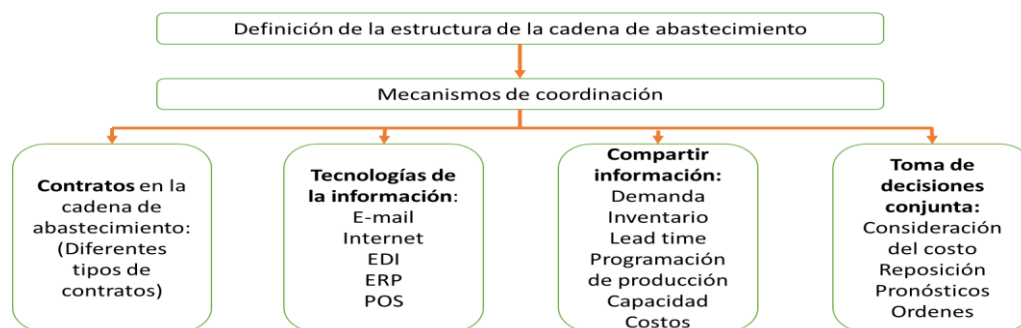


Figura 5.7. Clasificación de enfoques de coordinación en la cadena de abastecimiento
Fuente: Tomado de Arshinder, Kanda & Deshmukh (2011)

La figura 5.7 muestra los elementos que componen los cuatro diferentes mecanismos de coordinación estudiados, que en cualquier caso disminuyen la incertidumbre debido a que se obtiene información más precisa a lo largo de la cadena. De acuerdo con Kanda & Deshmukh (2008), los **contratos** son mecanismos que definen parámetros de cantidad, precio, tiempo y calidad acordados entre cliente y proveedor; las **tecnologías de información** permiten la vinculación eficiente del punto de producción con el punto de entrega o compra, lo que facilita la planificación, el seguimiento y la estimación de los tiempos de entrega en función de los datos en tiempo real; el **compartir información** se trata de ofrecer datos que reflejen la demanda, pedidos, inventario, datos de punto de venta, entre otros que se traduce en toma de decisiones más eficientes; por último, la **toma de decisiones conjunta** implica definir aspectos relacionados con políticas de reposición, planificación compartida, costos de proceso, tamaños de orden y diseño y desarrollo de productos entre otras.

A partir lo anterior se identifican dos procesos fundamentales para el análisis de madurez de la cadena de abastecimiento de pequeños productores frente al integración, son ellos: el proceso de evolución de la cadena hacia la integración y el proceso de uso de mecanismo de coordinación. Entiéndase el primero como el conjunto de estados que definen las capacidades desarrolladas por la cadena para lograr la integración y, el segundo, como el conjunto de elementos que definen la disposición de la cadena frente al uso de alguno de los cuatro mecanismos de coordinación discutidos arriba. Para cada uno de estos dos procesos se definen variables que determinan el desempeño de cada elemento del proceso (Ver Tabla 5.3)

Tabla 5.29. Variables para la valoración del proceso de evolución hacia la integración de la cadena

Proceso de evolución de la cadena hacia la integración	
Elementos del proceso	Variables de análisis
Negociación de mercado abierto	Criterios de negociación
	Criterios de fijación de precio
Cooperación	Estabilidad como proveedor
	Formalidad del vínculo como proveedor
Coordinación	Métodos de trazabilidad del producto cosechado
	Control de inventarios
	Tecnología para intercambio de información
Colaboración	Método de pronóstico de demanda
	Utilización de sistemas de gestión de calidad

Fuente: Elaboración propia

El otro proceso se refiere al proceso de uso de mecanismos de coordinación, para el cual deben definirse las variables asociadas a su desempeño en términos de la disposición en la cadena para su uso. A continuación, se presentan los detalles (Ver Tabla 5.4):

Tabla 5.30. Variables para la valoración del proceso de uso de mecanismos de coordinación

Proceso: uso de mecanismos de coordinación	
Elementos del proceso	Variables de análisis
Contratos	Criterios de fijación de precio a los clientes
	Criterio de definición de cantidad de orden
	Promesa de entrega - tiempos de entrega
Tecnologías de información	Nivel de información en tiempo real de la demanda
	Soporte tecnológico para manejo de información
Compartir información	Conocimiento de la demanda de sus clientes
	Información sobre el inventario propio y de clientes
	Pedidos y canales de comunicación
Toma de decisiones conjunta	Definición de políticas de devolución con los clientes
	Nivel de planificación conjunta con el cliente

	Diseño conjunto de productos y/o servicio al cliente
--	--

Fuente: Elaboración propia

Las variables descritas se tomaron a partir de la revisión de los trabajos realizados en Spekman et al 1998, Kanda & Deshmukh (2008), Arshinder, Kanda & Deshmukh (2011), Mergarejo & Ruíz (2014). Vivares (S.f), Lockamy III & McCormack (2004) y Gutierrez, Zapata & Posada (2018), entre otros autores. Se pretendió agrupar las variables que los diferentes autores mencionados arriba, definen como determinantes en cada una de las etapas del proceso para definir las variables requeridas.

Definición de la escala de valoración a partir de la adaptación de la propuesta para el modelo de madurez CMMI.

La escala de valoración de cada una de las variables se formula con base en la propuesta por Paulk, Curtis, Chrissis y Weber (1993) con el uso del significado utilizado en Gutiérrez, Zapata y Posada (2018) y algunas definiciones propias. La escala se presenta a continuación (Ver Tabla 5.5):

Tabla 5.31. Escala para la medición de la madurez

Escala de madurez		
Nivel de madurez		Descripción
0	Inicial	El proceso se caracteriza por ser ad hoc es decir propio y específico, caótico e incluso inexistente. Procesos poco o no definidos y el éxito depende del esfuerzo individual.
1	Repetible	Los procesos básicos de gestión están orientados a realizar seguimiento medianamente a los costos. El proceso es repetible, pero carece de documentación y estandarización, depende de las habilidades de una persona. Evidente ausencia de planeación traducida en ineficiencias y fallos recurrentes.
2	Definido	El proceso está documentado, estandarizado e integrado. Cuenta con un sistema de actualización
3	Gestionado	Se cuenta con métricas específicas que dan cuenta del desempeño del proceso y soportan la toma de decisiones. Tecnologías de información limitado.
4	Optimizado	Se evidencia mejoramiento continuo a partir de retroalimentación cuantitativa del proceso. Se hace innovación de procesos y se cuenta con soporte amplio de tecnologías de información.

Fuente: Adaptado de Paulk, Curtis, Chrissis y Weber (1993) y Gutiérrez, Zapata y Posada (2018)

La escala de valoración se realiza con base a la información recolectada a partir de la caracterización de la cadena de pequeños productores frutícolas, realizada mediante consulta a fuentes primarias sobre el estado de la cadena (para mayor información referirse a Peña-Orozco & Rivera, 2017) y de la consulta de fuentes secundarias que discuten ampliamente sobre la operación de estas cadenas (para mayor información consultar Aksoy, M., y Beghin, J. (2005); Amusquibar, G. (2006); Cabezas, M. (2017); Camargo, E. (2016); CEPAL, FAO, & IICA (2015); Christen, R., & Anderson, J. (2013); FAO (2013) “Puntos críticos en financiamiento y comercialización agropecuaria”; FAO (2015) “The economic lives of smallholder farmers: An analysis based on household data from nine countries”; ONU. (2014) “The Road to Dignity by 2030. New York”; ONU. (2017) “Hambre y seguridad alimentaria - Desarrollo Sostenible”; entre otros).

Aplicación de la escala de valoración.

Proceso de evolución de la cadena hacia la integración

Para esta valoración se consolida información de la caracterización de la cadena de abastecimiento de pequeños productores citrícolas de la zona centro del Valle del Cauca, referente a procesos de producción, cosecha, costos, comercialización, precios, distribución, personal y normas de calidad aplicadas en sus procesos, entre otros aspectos. La valoración del proceso de evolución de la cadena de abastecimiento de pequeños productores frutícolas hacia la integración se puede ver en la tabla 5.6. Algunos de los resultados seleccionados de la caracterización se presentan a continuación:

Producción: Los productos cultivados en la zona centro del Valle son el limón pajarito y limón Tahití (69 productores), mandarina, naranja, cacao, aguacate y Zapote (2 agricultores). La cosecha mensual en la zona es de aproximadamente 5.400 kg.

Costos de producción: Los productores reportan costos de producción que oscilan entre \$40 usd y \$ 83 usd por plaza (equivalente a 0,64 hectáreas) cultivada. Cabe resaltar que el 70,71% de los agricultores no conoce los costos de producción de sus cultivos.

Canal de comercialización: Reportan que el 91,59% de los productos son vendidos a intermediarios, 3,25% a almacenes detallista y el 5,16% se entrega al consumidor final.

Ciclo de producción: El ciclo de producción esta mayormente afectado por factores como el precio de venta (17,18%), seguido del tiempo (16,17%), la cantidad de producto (15,11%), los costos (14,98%), la demanda (14,77%), la oferta (12,06%) y la distancia para el transporte del producto (9,73%)

Almacenamiento: El 30,30% de los productores de la zona no realizan almacenamiento, el 69,70% de los productores restantes almacena en canastillas y solo el 7% almacena en costales. El 98,51% de los agricultores considera que las pérdidas en el almacenamiento son inferiores al 30%.

Transporte de los productos: El 22,22% de los productores se encargan del transporte de los productos hasta su cliente; de los cuales el 54,55% utilizan vehículo propio, el 40,91% utiliza un medio de transporte contratado y el 4,55% utiliza servicio público.

Información sobre demanda, precios y clientes: Las fuentes de información son otros productores (65,35%), datos propios (15,84%), reportes del sector (11,88%) y prensa (6,93%).

Definición de precios: En el 80% de los casos el precio de venta es definido por el comprador, en 10,48% lo define el comprador de acuerdo con la competencia, en el 4,76% de los casos el precio de venta es definido por el agricultor y en el 4,76% restante define el agricultor con base en los precios de la competencia.

Pronóstico de la demanda: En el 70,83% de los casos el productor determina la cantidad de demanda conforme a la experiencia propia es decir es intuitiva, en el 19,44% de los casos es determinada de acuerdo a lo demandado el mes anterior y el 9,72% de los agricultores informan tener un sistema de pronósticos. Existen productores que trabajan solo con la orden de pedido del cliente.

Guías de trazabilidad: El 98,99% de los agricultores desconocen las guías de trazabilidad, no implementan un sistema de seguimiento del producto. Solo un agricultor de la zona informa conoce y aplicar la guía de trazabilidad.

Normas de gestión de calidad y BPA: Ninguno de los agricultores consultados de la zona informa conocer las normas ISO 9000:2015, ISO 22000:2005, FSSC: 2010. El 6,06% de los agricultores indica conocer acerca de las buenas prácticas agrícolas (BPA).

Tabla 5.32. Valoración del proceso de evolución de la cadena hacia la integración

Valoración del proceso de evolución de la cadena hacia la integración			
Elementos del proceso	Variables de análisis	Valoración	Análisis de valoración
Negociación de mercado abierto	Criterios de negociación	1	De acuerdo con la consulta directa a los pequeños productores críticos de la cadena, objeto de estudio en el 80% de los casos el precio de venta es definido por el comprador, en 10,48 % lo define el comprador con una relación directa en lo que se refiere a la competencia, en 4,76% de los casos el precio de venta es definido por el agricultor y en 4,76 restante define el agricultor basado en una relación directa con la competencia. En el 90,48% de los casos el precio es definido por el comprador, quien comúnmente es el intermediario.
	Criterios de fijación de precio	1	Los medios de información más utilizados por los agricultores para conocer datos referentes a demanda, clientes y precios son en orden de utilización: otros productores el 66,35% datos históricos propios 5,84%, reportes del sector 12% y presna el 6,93% de una población de 101 productores encuestados en este caso.
Cooperación	Estabilidad como proveedor	0	Para los agricultores el factor de mayor relevancia en el ciclo productivo es el precio de venta (17,18%), seguido del tiempo (16,17%), la cantidad de producto (15,11%), los costos (14,98%), la demanda (14,77%), la oferta (12,06%) y la distancia para el bien del transporte (9,73%), lo que indica que su operación no ofrece una estabilidad en el negocio.
	Formalidad del vínculo como proveedor	0	Los resultados anteriores dejan ver la no formalización de una relación como proveedor a sus clientes y sus ventas se pueden considerar de oportunidad y/o de sustento
Coordinación	Métodos de trazabilidad del producto cosechado	0	El 98,99% de los agricultores encuestados, desconocen las guías de trazabilidad y por ende no implementa un sistema consolidado. En el 1,01%, que equivale a un agricultor de la zona conoce y aplica la guía de trazabilidad. Sin embargo el 13,13% de los productores logra identificar sus procesos de cultivo, cosecha y

			comercialización de bienes, de manera empírica.
	Control de inventarios	0	En referencia al inventario el 4,3% de los agricultores encuestados manejan inventario, en tanto el 95,70% restante no lo hace. El método de control utilizado con mayor frecuencia es el empírico, es decir, el agricultor establece un nivel de inventario basado en su experiencia; otros criterios para dicha determinación, son la rotación del producto y un sistema de inventarios.
	Tecnología para intercambio de información	0	No reportan tecnología para el manejo de intercambio de información. De acuerdo con Martínez H (2005) en Colombia existen pocas opciones tecnológicas y son de carácter general, el nivel de adopción de tecnologías es limitado en todos los campos.
	Método de pronóstico de demanda	0	En el 70,83% de los casos el productor determina la cantidad de demanda conforme a su propia experiencia, el 19,44% es determinada de acuerdo a lo demandado el mes anterior y el 9,72% de los agricultores utiliza un sistema de pronósticos. Existen casos en que el productor no lleva a cabo la planeación de la demanda o en el que trabaja según orden de pedido de cliente.
Colaboración	Utilización de sistemas de gestión de calidad	0	Ninguno de los agricultores participantes en el estudio en la zona centro del departamento del Valle del Cauca 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).

Fuente: Elaboración propia

Los resultados para este proceso indican un estado precario actual en términos del proceso de evolución de la cadena de abastecimiento de pequeños productores frutícolas hacia la integración, lo que sugiere definir estrategias tendientes a impulsar este desarrollo.

Proceso de uso de mecanismos de coordinación

Con respecto a la medición de este proceso, de la misma forma que el aparte anterior, la valoración se hace a partir de la información de la caracterización de la cadena de abastecimiento y de información de fuentes secundarias consultadas. Los resultados se pueden observar a continuación (Ver Tabla 5.7):

Tabla 5.33. Valoración del proceso uso de mecanismos de coordinación

Proceso: uso de mecanismos de coordinación			
Elementos del proceso	Variables de análisis	Valoración	Análisis de la valoración
Contratos	Criterio de fijación de precio a los clientes	1	A pesar de que los precios son fijados en la mayoría de los casos por el intermediario, cuando lo hacen los pequeños productores, se fundamentan en información de ofertas de la competencia. Es una práctica recurrente a pesar de no ser tratada como un proceso formal y documentado.
	Criterio de definición de cantidad de orden	1	Aunque no tienen un proceso formal de definición de cantidad de orden, si tienen la práctica de estimar empíricamente la cantidad a vender de acuerdo a lo que consideren será la demanda. En casos muy puntuales la cantidad de la orden es definida por el cliente a través de la orden de pedido. En la mayoría de los casos esta cantidad es variable y completamente intuitiva.
	Promesa de entrega- Tiempos de entrega	0	No existe evidencia de que manejen promesas y tiempos de entrega sistemáticos y que impliquen compromiso concreto con sus clientes.
Tecnologías de información	Nivel de información en el tiempo real de la demanda	0	No reportan vínculos formales con los clientes. Tampoco acceso a la plataforma tecnológica del sistema de información de cliente.
	Soporte tecnológico para manejo de información	0	No existe evidencia en la cadena caracterizada que dispongan de soporte tecnológico para manejo de información propia o vinculada a la actividad comercial. En muchos casos no existe acceso a internet o su acceso es limitado
Compartir información	Conocimiento de la demanda de sus clientes	0	La estimación de la demanda se hace hacer por oídas en la mayoría de los casos por otros productores. En cualquier caso esta información es general y no producto de una relación comercial, particular y sólida con el cliente.
	Información sobre el inventario propio y de clientes	0	En cuanto al inventario no se trata de control sistemático por parte del productor y en el caso de la información del inventario del cliente, es inexistente.
	Pedidos y canales de comunicación	0	Los pedidos son generalmente no formales, es decir, no existe un pedido documentado por el cliente. El intermediario o en la mayoría de los casos se acerca a las parcelas o el productor al intermediario ofreciéndole el producto. En el caso de las relaciones con los clientes detallistas (3,5% de las ventas), existe un pedido formal que regularmente es hecho telefónicamente.
Toma de decisiones conjunta	Definición de políticas de evolución con los clientes	0	No existen políticas de devolución de productos
	Nivel de planificación conjunta con el cliente	0	No existe planificación conjunta con clientes
	Diseño conjunto de productos y/o servicio al cliente	0	No existe este diseño conjunto de productos o servicios con clientes

Fuente: Elaboración propia

La cadena de abastecimiento de los pequeños productores evaluada con respecto al uso de mecanismos de coordinación, muestra una brecha importante con respecto a los diferentes mecanismos, siendo notoriamente más crítico cuando se trata de compartir información o el uso de tecnologías para soportar las operaciones. Tal como lo manifiesta Martínez, H. (2005) en Colombia el acceso y la adopción de tecnologías en el campo es limitado. Por otra parte, en el mecanismo de contratos se evalúan algunos aspectos que se consideran en un estado repetible, en cuanto a fijación de precios y cantidad de la orden, que a pesar de no tratarse de una práctica optima si refleja un mayor ajuste al mecanismo de contrato, debido al carácter transaccional predominante en las actividades comerciales realizadas hasta ahora en esta cadena.

Pertinencia del uso del contrato como mecanismo de coordinación y estimación de la disposición de la cadena frente a la integración.

Las valoraciones de la madurez en cada uno de los dos procesos considerados en el análisis, muestran la poca evolución de la cadena hacia la integración, así como un avance muy limitado en el uso de los mecanismos de coordinación considerados en el análisis. En el caso del proceso de evolución se puede decir que, de los cuatro elementos del proceso, la negociación abierta tiene un estado de madurez de 1 como resultado de la valoración promedio de las variables de criterios de negociación y criterios de fijación de precios, mientras los otros elementos que incluyen cooperación, coordinación y colaboración tienen una valoración de cero, lo que indican que no se ha avanzado en estos aspectos dentro de la cadena. La evaluación inicial indica que el grado de madurez del primer elemento del proceso (negociación abierta) es del 20% en la escala de valoración de madurez dentro del elemento y un 5% como valoración de madurez global de la cadena frente a la evolución, en consideración que los otros elementos tienen una valoración de cero (0). No obstante, esta valoración refleja lo planteado en la literatura con respecto al poco acceso que los pequeños productores agrícolas tienen a cadenas de comercialización sostenibles.

Con respecto al proceso de uso de mecanismos de coordinación, en la valoración de los cuatro elementos del proceso, el de contratos arroja un resultado promedio de 0,67 y para los elementos tecnologías de información, compartir información y toma de decisiones

conjunta se obtiene una valoración de cero (0) dentro de la escala de madurez. Como indicador de madurez del elemento de contratos en particular, se obtiene un nivel de madurez de 13,3 %, y 3,3% como indicador global de madurez para este proceso.

Análisis de la pertinencia de los contratos como mecanismo de coordinación con el uso del fuzzy logic toolbox de Matlab.

Los resultados anteriores dejan ver que en general la madurez de la cadena frente a la evolución hacia la integración es muy limitada y que los contratos son el mecanismo frente al cual se presentan elementos levemente más maduros entre los mecanismos de coordinación analizados, a pesar de los bajos niveles de los resultados obtenidos.

A continuación, se aborda el análisis de la conveniencia del uso del contrato en la cadena con relación a los otros mecanismos de coordinación, utilizando la herramienta fuzzy logic del software Matlab. Como proceso del análisis se trataron como inputs del sistema, parejas de mecanismos de coordinación donde se compara el contrato con cada uno de los otros mecanismos, se definen las reglas lógicas para establecer la relación entre estas variables y obtener los outputs que en este caso se relacionan con la pertinencia el contrato en cada escenario. A continuación, se presenta el detalle (Ver figura 5.8, 5.9 y 5.10)

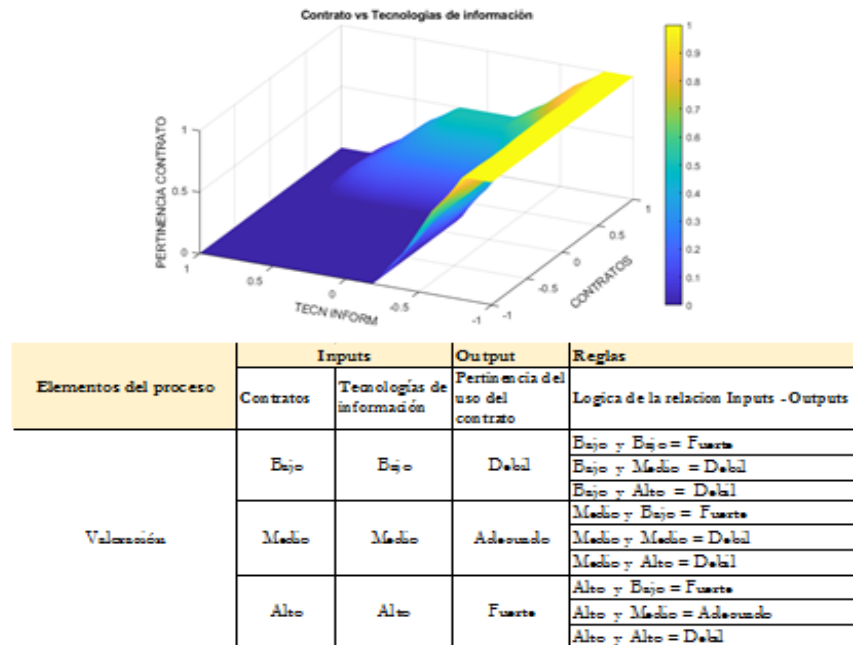


Figura 5.8. Evaluación de la pertinencia del uso del contrato a las tecnologías de información
Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se muestra el comportamiento de la pertinencia del contrato frente a las tecnologías de información, con base en las reglas lógicas descritas. Para el caso de la valoración realizada en la cadena, donde los resultados fueron bajos en ambos casos, se puede esperar que la adopción de contratos sea una alternativa para la coordinación catalogada como fuerte. Dado que de todas formas el contrato obtuvo una mayor valoración, se podría encasillar en la relación medio-bajo que ofrece como una alternativa fuerte el uso de los contratos.

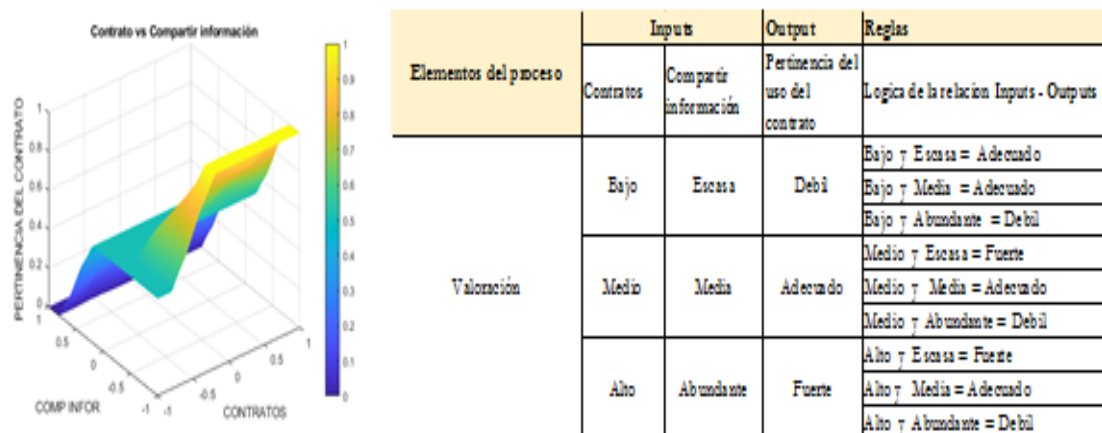


Figura 5.9. Evaluación de la pertinencia del uso del contrato frente a compartir información
Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis entre los mecanismos de contratos frente a información compartida que, al tener bajo nivel de valoración tanto en contratos como en el compartir información (relación bajo-escasa) se obtiene como adecuada la implementación del primer mecanismo. Ahora bien, si con base en la valoración obtenida para contratos que es mayor a la del mecanismo de compartir información se encasilla en la relación medio-escasa la pertinencia del contrato se vuelve fuerte.

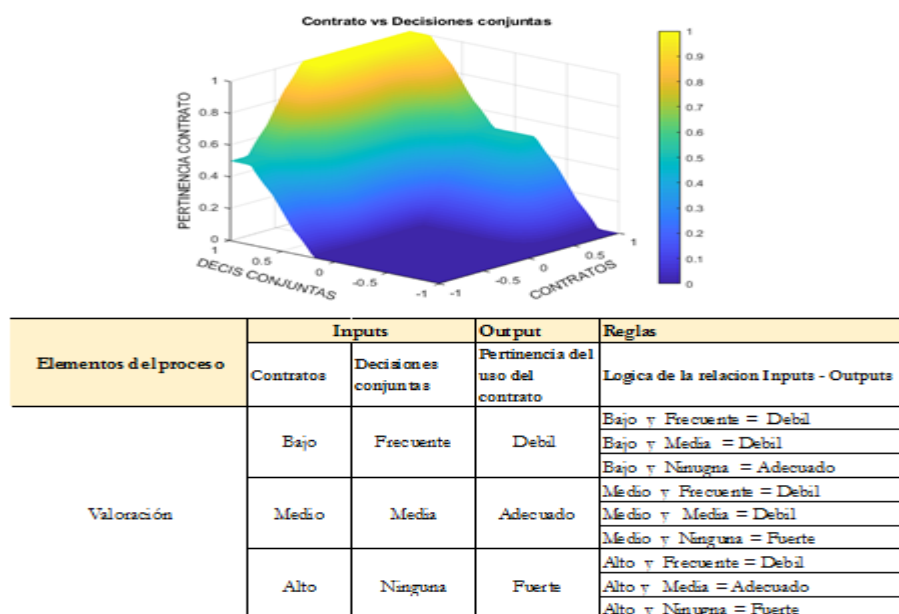


Figura 5.10. Evaluación de la pertinencia del uso del contrato frente a compartir información
Fuente: Elaboración propia

Para el caso del análisis del contrato con respecto a la toma de decisiones conjunta, se observa la valoración del contrato es baja pero mejor que la de este mecanismo. En cualquier caso, la relación baja-ninguna que representaría este comportamiento define que el contrato es un mecanismo adecuado. Si por la misma consideración expuesta en los análisis anteriores la valoración de enmarca en la relación medio-ninguna la alternativa del contrato se vuelve fuerte.

Análisis de la disposición hacia la integración de la cadena con el uso del fuzzy logic toolbox de Matlab.

Por último, con el ánimo de tener un acercamiento a lo que se ha denominado como la disposición de la cadena de abastecimiento para la integración, se ha realizado un análisis similar a los anteriores donde se hace la comparación de los dos procesos evaluados en términos de su madurez, ingresando en el Matlab estos como inputs y como output la disposición a la integración a partir de las reglas lógicas que se presentan a continuación (Ver figura 5.11).

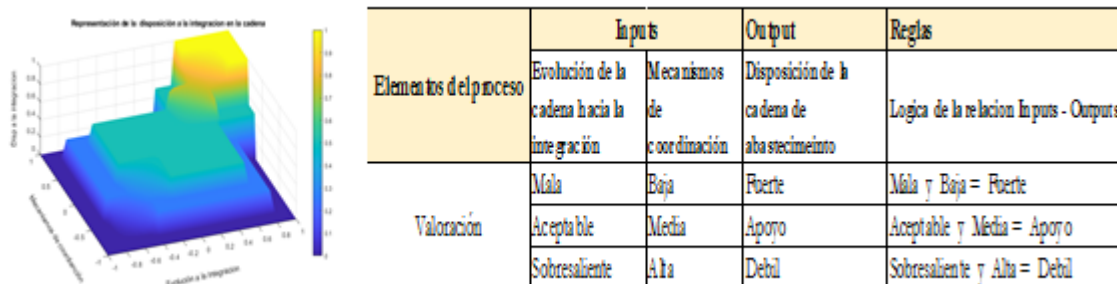


Figura 5.11. Evaluación de la disposición de la cadena de abastecimiento frutícola para la integración
Fuente: Elaboración propia

En este caso se estudian las tres reglas lógicas señaladas en la figura anterior, debido a que las combinaciones de evaluaciones adicionales pueden generar conflicto en los argumentos, veamos: Si la cadena de abastecimiento muestra una aceptable evolución, significaría que está pasando del estado de negociación abierta a cualquiera de los otros estados de cooperación, coordinación y/o colaboración. De la misma forma si los mecanismos de coordinación de contratos, información compartida y/o decisiones conjuntas, obtienen una valoración conjunta de media o alta, esto implicaría que se ha

evolucionado hacia la integración, por lo que se asume desde el punto de vista de los analistas que esta situación presenta un conflicto de argumentos. La misma consideración se hace para las reglas lógicas adicionales no incluidas. Finalmente se concluye que la valoración “mala” frente a la evolución hacia la integración y “baja” frente a los mecanismos de coordinación en la cadena, arroja como resultado “fuerte” frente a la disposición de la cadena de abastecimiento para la integración.

5.4.2. Aplicación del proceso analítico jerárquico (AHP)

El proceso analítico jerárquico AHP es una técnica para abordar problemas de decisión que considera criterios múltiples, lo que añade complejidad a la toma de decisiones. El método permite traducir el juicio subjetivo de expertos con respecto a la importancia relativa de los criterios que después deben ser usados para determinar la preferencia de cada alternativa con respecto a los criterios definidos. El resultado final establece la preferencia global de los expertos frente a cada una de las alternativas. La metodología planteada a continuación considera los pasos propuestos en García y Lamata (2009).

Paso 1: Definición del objetivo general.

Se debe definir el objetivo general del problema y se identifican los criterios y/o sub-criterios que tienen mayor influencia en el objetivo de acuerdo con quien modela el problema. Para este caso el objetivo es obtener la mejor alternativa de asociatividad de los pequeños productores atendiendo a los criterios de facilidad para hacer parte de cadenas de valor incluyentes, equidad, estabilidad en el tiempo, sostenibilidad financiera, fiabilidad de cumplimiento contractual, cumplimiento de requisitos frente al mercado formal y promoción del uso de las TIC'S.

Paso 2: Definición del árbol de decisión

Se trata de agrupar en una estructura jerárquica todos los elementos del problema. Se muestra el objetivo general, los criterios, sub-criterios y alternativas del sistema de selección. Para este caso, el árbol de decisión se ilustra a continuación en la figura 5.12

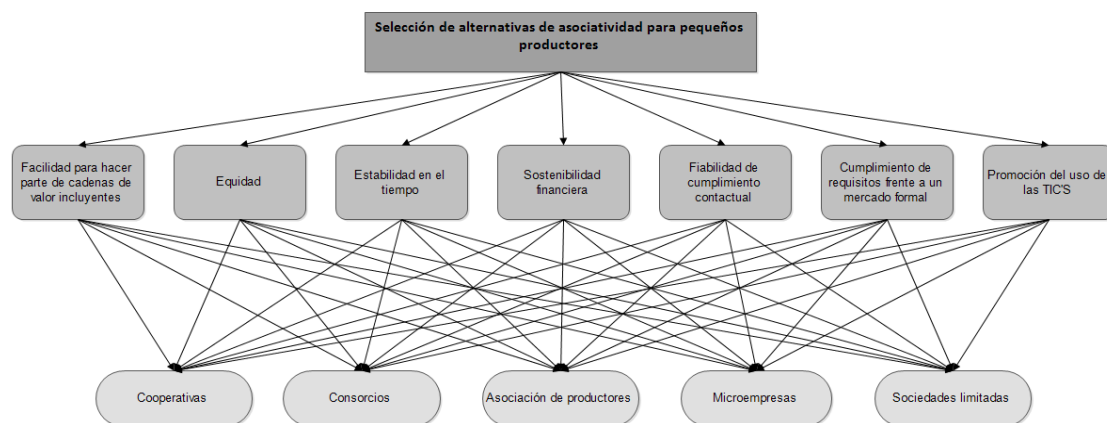


Figura 5.12. Árbol de decisión del sistema
Fuente: Elaboración propia

Paso 3: Definición expertos que evalúan el sistema

En este paso se definen las personas que por su experiencia y/o formación en el problema a evaluar se consideran expertos. Ellos serán los encargados de asignar una valoración comparativa de la importancia de los criterios y alternativas. Para el caso que nos ocupa, se han seleccionado cinco (5) expertos vinculados a las actividades agrícolas de pequeños productores, con base en los siguientes criterios: a. Docentes investigadores en los temas agrícolas y de pequeños productores, b. Funcionarios de entidades gubernamentales en el área de agrícola, c. dirigentes de asociaciones u organizaciones de pequeños productores y, c. investigadores vinculados a instituciones gubernamentales de investigación en agricultura. En la tabla 5.8, se presentan algunos datos sobre los expertos seleccionados.

Tabla 5.34. Definición de expertos

EXPERTOS		
Notación	Nombre	Descripción
E1	Darrio Hidalgo	Secretario de agricultura
E2	E. Narvaez	Investigadora agrosavia
E3	Francisco salgado	Dirigente cooperativa de pequeños productores
E4	Manuel Jimenez	Dirigente asociación de pequeños productores
E5	Maria teresa restrepo	Docente investigadora en asuntos agrícolas

Fuente: Elaboración propia

Paso 4: Evaluación de los expertos

Los expertos realizan la valoración entre criterios, sub-criterios y alternativas a través de la comparación por pares. Para este caso se presenta a cada uno de los expertos seleccionados, el conjunto de criterios y alternativas que deben ser valorados en comparación por pares. En las tablas 5.9 y 5.10 se observan los detalles para los criterios y alternativas del sistema en estudio.

Tabla 5.35. Notación de criterios del sistema

Notación	Descripción
C1	Facilidad para hacer parte de cadenas de valor incluyentes
C2	Equidad
C3	Estabilidad en el tiempo
C4	Sostenibilidad financiera
C5	Fiabilidad de cumplimiento contractual
C6	Cumplimiento de requisitos frente a un mercado formal
C7	Promoción del uso de las TICS

Fuente: El autor

Tabla 5.36. Notación de alternativas del sistema

ALTERNATIVAS	
Notación	Descripción
P1	Cooperativas
P2	Consortios
P3	Asociación de productores
P4	Microempresas
P5	Sociedades limitadas

Fuente: Elaboración propia

Luego se procede con la valoración por pares entre criterios y entre alternativas para cada criterio. La valoración se realiza tomando como base la escala de saaty que se muestra en la tabla 5.11.

Tabla 5.37. Escala de valoración de Saaty

Valor	Definición
1	Igual importancia
3	Importancia moderada
5	Importancia grande
7	Importancia muy grande
9	Importancia extrema
2, 4, 6 y 8	Valores intermedios

Fuente: elaboración propia adaptado de García y lamata 2009

➤ **Valoración de criterios:** Como primera parte de la evaluación se pide a cada uno de los cinco expertos por separado valorar la matriz de comparación por pares de

criterios. A continuación, en las tablas 5.12-5.16, se observan las valoraciones realizadas por cada uno de los expertos.

Tabla 5.38. Comparación por pares de criterios experto 1.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	0,1429	0,2	0,2	0,1429	0,1429	5
C2	7	1	0,2	0,1429	0,2	0,2	9
C3	5	5	1	5	0,1429	0,1111	0,6364
C4	7	7	0,2	1	0,1111	0,1111	9
C5	7	5	7	9	1	0,2	7
C6	7	5	9	9	5	1	9
C7	0,2	0,1111	1,5714	0,1111	0,1429	0,1111	1

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.39. Comparación por pares de criterios experto 2.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	1	0,143	0,333	1	1	5
C2	1	1	0,333	0,2	0,333	1	3
C3	7	3	1	1	1	1	5
C4	9	5	1	1	1	3	7
C5	1	3	1	1	1	3	5
C6	1	1	1	0,333	0,333	1	7
C7	0,2	0,333	0,2	0,143	0,2	0,143	1

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.40. Comparación por pares de criterios experto 3.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	1	0,2	3	0,143	0,111	3
C2	1	1	3	5	0,2	0,333	3
C3	5	0,333	1	1	1	1	5
C4	5	0,2	1	1	1	1	5
C5	7	5	1	1	1	3	5
C6	9	3	1	1	0,333	1	5
C7	0,333	0,333	0,2	0,2	0,2	0,2	1

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.41. Comparación por pares de criterios experto 4.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	0,2	3	1	3	0,333	0,143
C2	5	1	1	1	3	1	0,2
C3	0,333	1	1	1	1	5	1
C4	1	1	1	1	1	0,143	1
C5	0,333	0,333	1	1	1	1	1
C6	3	1	0,2	7	1	1	7
C7	7	5	1	1	1	0,143	1

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.42. Comparación por pares de criterios experto 5.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	0,143	1	7	3	5	0,143
C2	7	1	7	3	5	5	3
C3	1	0,143	1	0,143	0,333	0,333	0,111
C4	1	0,333	7	1	0,111	0,111	1
C5	0,333	0,2	3	9	1	1	0,333
C6	0,2	0,2	3	9	1	1	0,2
C7	7	0,333	9	1	3	5	1

Fuente: elaboración propia

Seguidamente, se unifican las matrices valoradas en una sola haciendo la productoria entre las cinco matrices evaluadas. Dicha productoria se observa en la Tabla 5.17.

Tabla 5.43. Productoria de matrices de valoración de criterios

PRODUCTORIA	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	0,00408	0,01714	1,4	0,18367	0,02645503	1,53061224
C2	245	1	1,4	0,42857	0,2	0,33333333	48,6
C3	58,3333	0,71429	1	0,71429	0,04762	0,18518519	1,76767677
C4	315	2,33333	1,4	1	0,01235	0,00529101	315
C5	5,44444	5	21	81	1	1,8	58,3333333
C6	37,8	3	5,4	189	0,55556	1	441
C7	0,65333	0,02058	0,56571	0,00317	0,01714	0,00226757	1

Fuente: elaboración propia

Luego se debe hacer la consolidación final para seguir con el proceso del AHP; en la tabla 5.18 se observa la matriz consolidada obtenida a partir de elevar cada uno de los valores de la productoria a la potencia $1/n$ donde n corresponde al número de experto, es decir, cinco (5) para este caso.

Tabla 5.44. Matriz consolidada

CONSOLIDADA	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1,000	0,333	0,443	1,070	0,713	0,484	1,089
C2	3,005	1,000	1,070	0,844	0,725	0,803	2,174
C3	2,255	0,935	1,000	0,935	0,544	0,714	1,121
C4	3,160	1,185	1,070	1,000	0,415	0,351	3,160
C5	1,403	1,380	1,838	2,408	1,000	1,125	2,255
C6	2,068	1,246	1,401	2,853	0,889	1,000	3,380
C7	0,918	0,460	0,892	0,316	0,443	0,296	1,000

Fuente: elaboración propia

La matriz consolidada debe normalizarse de manera tal que cada valor de las columnas se divide por el valor total de las mismas. El resultado de dicha operación se observa en la tabla 5.19.

Tabla 5.45. Matriz normalizada

Normalización	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	0,072	0,051	0,057	0,113	0,151	0,101	0,077
C2	0,218	0,153	0,045	0,090	0,153	0,168	0,153
C3	0,163	0,143	0,032	0,099	0,115	0,150	0,079
C4	0,229	0,181	0,045	0,106	0,088	0,073	0,223
C5	0,102	0,211	0,682	0,255	0,211	0,236	0,159
C6	0,150	0,191	0,175	0,303	0,188	0,210	0,238
C7	0,067	0,070	0,018	0,034	0,094	0,062	0,071

Fuente: elaboración propia

Finalmente, para obtener el vector de pesos de los criterios en el sistema se debe hacer el promedio por filas de la matriz consolidada para cada uno de los criterios y evaluar la consistencia en el sistema. La consistencia del sistema se evalúa de acuerdo a lo planteado por García y Lamata (2009) mediante la siguiente expresión:

$$CC = \frac{CR}{IR} \text{ ec. 5.1}$$

Donde CC es el coeficiente de consistencia; CR es el corficiente de relación obtenido a partir de la productoria entre las matrices consolidadas y el vector de pesos relacionado con el número de criterios evaluados; IR es el índice de relación que depende de la cantidad de criterios evaluados. Para que el sistema sea consistente CC debe ser menos a 0,1.

A continuación, en la tabla 5.20 se observa el vector de pesos de los criterios del sistema consistente.

Tabla 5.46. Vector de pesos de criterios

CRITERIOS	VP
C1	0,089
C2	0,140
C3	0,112
C4	0,135
C5	0,265
C6	0,208
C7	0,059

Fuente: elaboración propia

➤ **Valoración de alternativas:** Se procede de la misma manera que con los criterios, comparando entre pares de alternativas para cada uno de los criterios. Los vectores de pesos de las alternativas para cada uno de los criterios se muestran a continuación:

En la tabla 5.21 se muestra el vector de pesos consistente de las alternativas con referencia en el criterio 1.

Tabla 5.47. Vector de pesos de alternativas para el criterio 1.

C1	VP
P1	0,326
P2	0,146
P3	0,318
P4	0,121
P5	0,088

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.22 se muestra el vector de pesos consistente de las alternativas con referencia en el criterio 2.

Tabla 5.48. Vector de pesos de alternativas para el criterio 2.

C2	VP
P1	0,379
P2	0,124
P3	0,260
P4	0,124
P5	0,113

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.23 se muestra el vector de pesos consistente de las alternativas con referencia en el criterio 3.

Tabla 5.49. Vector de pesos de alternativas para el criterio 3.

C3	VP
P1	0,213
P2	0,139
P3	0,189
P4	0,120
P5	0,339

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.24 se muestra el vector de pesos consistente de las alternativas con referencia en el criterio 4.

Tabla 5.50. Vector de pesos de alternativas para el criterio 4.

C4	VP
P1	0,198
P2	0,246
P3	0,161
P4	0,091

P5	0,305
----	-------

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.25 se muestra el vector de pesos consistente de las alternativas con referencia en el criterio 5.

Tabla 5.51. Vector de pesos de alternativas para el criterio 5.

C5	VP
P1	0,168
P2	0,370
P3	0,142
P4	0,088
P5	0,232

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.26 se muestra el vector de pesos consistente de las alternativas con referencia en el criterio 6.

Tabla 5.52. Vector de pesos de alternativas para el criterio 6.

C6	VP
P1	0,167
P2	0,279
P3	0,112
P4	0,080
P5	0,362

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5.27 se muestra el vector de pesos consistente de las alternativas con referencia en el criterio 7.

Tabla 5.53. Vector de pesos de alternativas para el criterio 7.

C7	VP
P1	0,165
P2	0,224
P3	0,159
P4	0,198
P5	0,255

Fuente: elaboración propia

Paso 5: Selección de alternativas

Consiste en seleccionar la mejor alternativa de asociatividad de acuerdo con los resultados obtenidos a partir de la valoración resultante del cruce global ponderado de

criterios y alternativas. A continuación, en la tabla 5.28 se observa el resultado final de las alternativas dentro del sistema en estudio.

Tabla 5.54. Resultado de pesos globales de las alternativas.

VALORACIÓN FINAL	
P1	22,2%
P2	24,9%
P3	17,8%
P4	10,6%
P5	25,5%

Fuente: elaboración propia

De esta manera, se puede concluir del método que la mejor alternativa de acuerdo a las valoraciones de los expertos es P5 (Sociedades limitadas), seguida estrechamente de P2 (Consortios). La alternativa menos favorable para el sistema es P4 (microempresas).

6. EL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE INGRESOS EN UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO FRUTÍCOLA SUJETO A UN MODELO DE INTEGRACIÓN

ABSTRACT

This chapter presents the development of the revenue sharing contract proposed as an integration mechanism in the decentralized supply chain of small fruit producers. The spanning revenue sharing contract adapted from the one proposed in Van Der Rhee, Van Der Veen, Venugopal y Nalla (2010) is developed, which has been adjusted to the conditions of the supply chain in study, where it has not been applied according to the previous literature review and whose development is presented in three stages: The fruit supply chain is taken as centralized and the mathematical representation is obtained that determines the best profit of the supply chain, whose result is taken as optimal performance; later it is modeled as a decentralized chain assuming a leader-follower behavior and the price and quantity values that achieve the stackerberg equilibrium are obtained in a sequential decision-making game, to finally develop the spanning revenue-sharing contract model in the supply chain decentralized. Theoretical results for the calculation of price and revenue share are obtained, which coordinate the supply chain with the spanning revenue sharing contract.

RESUMEN

En este capítulo se presenta el desarrollo del contrato de ingresos compartidos propuesto como mecanismo de integración en la cadena descentralizada de pequeños productores frutícolas. Se desarrolla el contrato adaptado del propuesto en Van Der Rhee, B., Van Der Veen, J. A., Venugopal, V., y Nalla, V. R. (2010) ajustándolo a las condiciones propias de la cadena de abastecimiento objeto de estudio, y cuyo desarrollo se presenta en tres etapas: En la primera, se toma la cadena frutícola como centralizada y se obtiene la representación matemática que determina la mejor utilidad de la cadena, cuyo resultado se define como desempeño óptimo; Luego se modela como una cadena descentralizada asumiendo un comportamiento líder-seguidor y se obtienen los valores de precio y cantidad que logran el equilibrio de stackerberg en un juego de toma de decisiones secuencial y; finalmente se desarrolla el modelo de contrato de ingresos. Se obtienen los

resultados teóricos para el cálculo de precio y participación en los ingresos, que coordinan la cadena de abastecimiento con el contrato.

6.1. INTRODUCCIÓN

La actividad productiva en el campo de los pequeños productores se ve amenazada por la dificultad para vincularse a canales de comercialización que mejoren sus ingresos como eslabón productor, y que favorezca su sustento, el mejoramiento en calidad de vida y el desarrollo tecnológico en su actividad. Varias causas son asignables como los aspectos macro-económicos propios de las políticas públicas y los sistemas económicos, pero también aspectos micro-económicos que no facilitan el círculo de comercialización de productos que ofrezca la estabilidad de los ingresos en el tiempo. Otros elementos son también relacionados con la gestión de la cadena de abastecimiento, como por ejemplo la planificación de la cosecha, que afecta la oferta, los precios y finalmente los ingresos. Son ambientes donde las relaciones son asimétricas, cada actor maneja información que no comparte con los otros eslabones, se toman decisiones independientes, no coordinadas y su relación es de contrincantes.

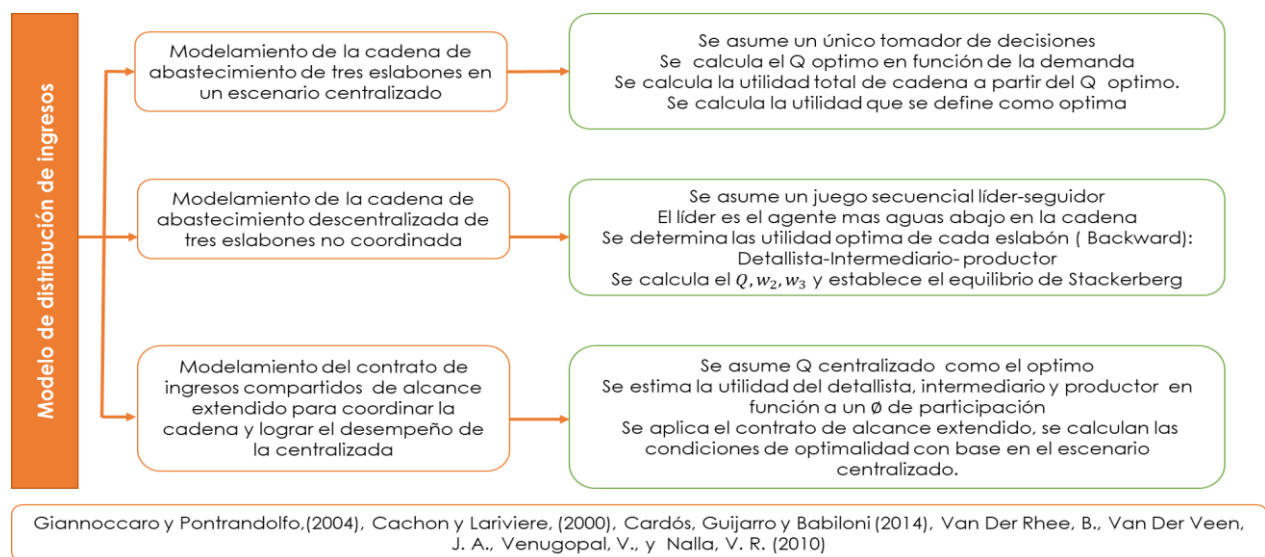


Figura 6.17. Desarrollo del modelo de distribución de ingresos
Fuente: Elaboración propia

En este capítulo (véase fig.6.1) se aborda el problema concreto de los ingresos en la cadena de abastecimiento de tres eslabones, donde se modela el contrato de ingresos

compartidos como mecanismo de coordinación, específicamente el denominado de alcance extendido. Se hace un recorrido por el contrato de ingresos compartidos tradicional entre dos eslabones, se estudia el contrato de tres eslabones con la estrategia de contratos por pares, seguidamente se aborda el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido, presentando para cada uno de ellos su estructura y supuestos de operación. Se propone un modelo de contrato de ingresos compartidos de alcance extendido, ajustado a las condiciones de la cadena de abastecimiento frutícola objeto de estudio. Se presenta la formulación del contrato, las condiciones de operación y los supuestos que permiten ofrecer una propuesta orientada a obtener el mejor desempeño y distribución del ingreso entre los eslabones de la cadena en estudio.

6.2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En Cachon y Lariviere (2005) se hace referencia a la industria de alquiler de cintas de video como el escenario en el cual el contrato de ingresos compartidos inicia, como resultado de la búsqueda de alternativas que le permitiera a un intermediario de alquiler de cintas disponer de más unidades en inventario para atender la demanda de los clientes en su periodo creciente, sin que esto generara mayores costos de compra que hiciera el negocio inviable para el intermediario. Estos autores estudian la distribución de ingresos y afirman que mejora el rendimiento de la cadena, tipificando las relaciones pares de proveedor-fabricante o fabricante-distribuidor, donde la toma de decisiones sobre el número de unidades a comprar y el precio la toma el minorista, lo que finalmente determina los ingresos de la cadena. Representan el comportamiento de la función de ingresos de dos formas, como la derivada de una curva de demanda determinística, así como la derivada de una demanda estocástica con precio fijo del minorista, es decir como un problema de vendedor de periódicos, demostrando que los ingresos compartidos coordinan la cadena en estos dos escenarios. El minorista define las acciones de la cadena en términos de la cantidad y precios óptimos y, la ganancia de la cadena puede ser dividida arbitrariamente entre las empresas. Además, demuestran que un solo contrato de este tipo puede coordinar la cadena con múltiples minoristas que no compiten entre ellos e incluso si la función de ingresos de cada uno de ellos es diferente. También se afirma que varios tipos de contratos alternativos como el de recompra, cantidad flexible y

el de descuentos, coordinan la cadena cuando la función de ingresos se genera a partir de un modelo de vendedor de periódicos de precio fijo. Los autores comprueban la eficiencia de los contratos de distribución de ingresos en una amplia gama de cadenas de suministro, pero sin embargo puntualizan algunas limitaciones como:

- a. El contrato de ingresos compartidos no coordina a minoristas competidores cuando los ingresos de cada uno de ellos, dependen de la cantidad, precio y acciones de los otros minoristas. Por ejemplo, los minoristas que compiten con otros para atender la demanda, afectan el vector de precios minorista. Para esta configuración, se necesitan contratos más complejos, que incluyan, parámetros adicionales o componentes no lineales. (Bernstein y Federgruen, 2005) muestran que una versión no lineal del contrato de precio-descuento coordina esta configuración.
- b. El contrato de distribución de ingresos, sugiere una carga administrativa para las empresas debido a que se debe monitorear los ingresos del minorista para verificar que estén divididos adecuadamente. La utilización del precio mayorista tiene un costo más bajo que hace más viable su implementación.
- c. El contrato de ingresos compartidos no coordina la cadena de suministros cuando el minorista influye en la demanda significativamente.

De la misma forma, Cachon y Lariviere (2005) hacen un análisis comparativo del desempeño del contrato de distribución de ingresos con respecto a contratos de recompra, contratos de descuento de precio, contratos de cantidad flexible, entre otros. Concluyen que el contrato de ingresos compartidos tiene un mejor desempeño en la coordinación de la cadena en un ambiente donde se presenta competencia en cantidades y que, por el contrario, su desempeño no es el mejor en cadenas donde la competencia se observa en función al precio. Esto se debe básicamente por el modelo de transmisión de precios entre los eslabones, donde se trabaja con transferencias a precio de mayorista (a costo) para obtener su ganancia en la participación de las utilidades generadas por el precio detallista.

La coordinación en la cadena de abastecimiento también ha sido estudiada por Giannoccaro y Pontrandolfo (2004), quienes identifican dos tipos de estructura de cadena

de abastecimiento desde la toma de decisiones que son: el enfoque de toma de decisiones centralizado y el descentralizado. El primero hace referencia a la toma de decisiones en un único eslabón que vela por el desempeño global de la cadena y el segundo hace referencia a la toma de decisión independiente en cada eslabón de la cadena. Su discusión enfatiza que a través de mecanismos de coordinación como los contratos se puede lograr que el desempeño de la cadena de abastecimiento descentralizada sea igual al de la cadena centralizada, la cual identifica como escenario óptimo. Además, los contratos permiten alcanzar los dos objetivos siguientes: incrementar la utilidad de toda la cadena haciéndola muy cercana a los resultados de la cadena con control centralizado y, compartir los riesgos entre los socios de la cadena. Insisten además que el éxito de los contratos requiere una relación ganar-ganar, donde se logre que los socios obtengan mejor utilidad trabajando coordinadamente que haciendo su actividad independiente. En este sentido (McClellan, 2003 citado en Giannoccaro y Pontrandolfo, 2004), había mencionado que el acuerdo ganar-ganar se alcanza cuando los socios obtienen un éxito comercial mejorado. Algunos de los tipos de contratos de suministros presentados en Giannoccaro, Pontrandolfo (2004) incluyen: Contratos de cantidad flexibilidad (Tsay, 1999), los acuerdos de respaldo (Eppen e Iyer, 1997), las políticas de recompra o devolución (Emmons y Gilbert, 1998), los mecanismos de incentivo (Lee y Whang, 1999), los contratos de reparto de ingresos (RS) (Cachon y Lariviere, 2000), las reglas de asignación (Cachon y Lariviere, 1999) y los descuentos por cantidad (Weng, 1995). La mayoría de estos modelos abordan el problema de la coordinación en cadenas de abastecimiento seriales de dos etapas, donde una gran parte de ellos prestan poca atención a la forma en que se comparte la ganancia entre los eslabones.

En general, de acuerdo con (Tsay 1999), el objetivo de los contratos es incrementar el beneficio total en la cadena de suministros, reduciendo costos por exceso de inventarios y compartiendo riesgos entre los socios de la cadena, además de contrarrestar la doble marginalización.

Respecto a los diferentes mecanismos de coordinación se presenta a continuación un resumen de los tipos de contratos de abastecimiento y sus definiciones presentadas en Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011):

Tabla 6.1. Contratos en la cadena de suministros-Definiciones

Tipo de contrato	Definición	Autor (año)	Observaciones
Recompra -Buy back	El fabricantes (vendedor) acepta comprar nuevamente las unidades nos vendidas al minorista (comprador) por los precios acordados al final de la temporada de ventas.	Mantra la and Raman (1999), Hau and Li (2008)	Mejora la coordinación, aumenta las ventas, riesgo compartido.
Ingresos compartidos- Revenue Sharing	En un contrato de participación en los ingresos, el comprador comparte algunos de sus ingresos con el vendedor, a cambio de un descuento en el precio venta total.	Yao et al. (2008), Zhou and Wang (2009)	Más flexible en términos de precio de venta total
Rebaja de ventas- Sales Rebate	Proporciona un incentivo directo al minorista para aumentar entre las ventas por medio de un reembolso pagado por el proveedor por cualquier artículo vendido por encima de cierta cantidad.	Wong et al. (2009)	Brinda incentivos directos a los minoristas para aumentar las ventas
Cantidad Flexible -Quantity Flexibility	Combina el compromiso del cliente de comprar no menos de un cierto porcentaje por debajo del pronóstico con la garantía del proveedor para entregar hasta un cierto porcentaje por encima.	Tsay (1999)	Da mayor flexibilidad en la cantidad de pedidos.
Política comercial- Trade policy	Esta política trata sobre cómo se comparte el beneficio total entre las entidades de la cadena de suministro.	Ding and C hen (2008)	Ofrece una mejor participación de los beneficios
Política de reserva- Reservation Policy	Esta política ofrece descuentos a los productos reservados y los productos que no están reservados se venden al precio minorista.	Chen and Chen (2008)	Reduce la incertidumbre en la demanda.
Dinero de rebaja (descuento)- Markdown money (price discount)	Después de la temporada de ventas, las unidades no vendidas se venden a precio de descuento.	Lee (2001), Pan et al. (2009)	Mejora el beneficio del canal.
Descuento por cantidad- Quantity discount	Durante el período de venta, el vendedor ofrece descuentos basados en la cantidad de bienes comprados	Weng (2004)	Mejora las ventas.

Fuente: Tomado de Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011)

De acuerdo con Arshinder, Kanda y Deshmukh (2011) se identifican algunos vacíos relacionados con los indicadores de desempeño para medir las mejoras en ventas y la reducción de costos por inventario, entre otros impactos que el uso de contratos puede tener. También, identifican la incertidumbre como un elemento de gran importancia y que se relaciona con capacidad, demanda, tiempo de entrega, cantidad de producción y las disrupciones en el aprovisionamiento, donde mecanismos como los contratos de suministro y el intercambio de información han sido de gran ayuda para el mejoramiento en el desempeño de la CA. Se observan vacíos en la coordinación bajo incertidumbre , especialmente en lo relacionado con incertidumbre en el aprovisionamiento y su impacto en el desempeño de la CA.

Por su parte Giannoccaro, Pontrandolfo (2004), explican el contrato de ingresos compartidos como la relación entre un distribuidor D y un minorista R, donde el primero entrega al segundo un producto para atender una demanda incierta del mercado, expresada como una función de probabilidad $f_d(d)$; un costo unitario marginal o costo de producir una unidad adicional del distribuidor igual a c . El distribuidor vende al detallista a un precio unitario mayorista w y el detallista vende al mercado a un precio p . En la cadena es descentralizada, el distribuidor D escoge el precio mayorista unitario w al que le vende al detallista, y el detallista decide ordenar una cantidad q , que en cualquier caso maximice los ingresos individuales donde los dos actores tienen riesgo neutral (véase fig.6.2). Informan que para lograr la coordinación en una CA de dos eslabones la cantidad optima de pedido del minorista debe corresponder a la cantidad que optimiza la utilidad total de la CA.

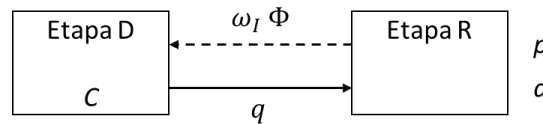


Figura 6.28. Modelo de cadena de suministro de dos etapas
Fuente: Tomada de Giannoccaro, Pontrandolfo (2004)

La CA es coordinada si los dos tomadores de decisión trabajan de manera conjuntamente para lograr maximizar las utilidades $\Pi_{(q)}$ de la CA. (Giannoccaro & Pontrandolfo, 2004) deducen el comportamiento del contrato de la siguiente forma:

$$\Pi_{(q)} = R_{(q)} - qc \text{ (ec 6.1)}$$

Donde $R_{(q)}$ es el ingreso esperado del detallista durante el periodo de venta y, qc es el costo de la cantidad que decide comprar. Este mecanismo de coordinación busca que el distribuidor proponga al detallista modificar la ganancia de ambos para incentivar la toma de decisiones coherente con la optimización total de la CA. El contrato de ingresos compartidos define dos parámetros (w, Φ) con w como precio mayorista o al por mayor y Φ como la participación del minorista en los ingresos y el resto $(1 - \Phi)$ lo que le entregaría al distribuidor. En este sentido la utilidad del detallista estaría representada como:

$$\Pi q_{(d)} = \Phi R_{(q)} - qw \quad ec. 6.2$$

Donde $\Phi R_{(q)}$ es el ingreso esperado por el detallista en función a su participación y qw el costo al precio mayorista al que compra la cantidad q el detallista. Por lo que la cantidad optima q' del detallista debe satisfacer la siguiente condición:

$$\Phi R'_{(q)} = w \quad ec. 6.3$$

Por lo que para alcanzar la coordinación del canal es necesario que la cantidad q' optima a ordenar por el detallista corresponda a la cantidad q^c (cantidad del escenario centralizado que se toma como optimo) que optimiza la utilidad total de la CA tal que:

$$R'_{(q^c)} = c \quad ec. 6.4$$

De las ecuaciones (6.3) y (6.4) se puede concluir que se debe cumplir que:

$$\Phi c = w \quad ec. 6.5$$

En general se observa en este contrato que el distribuidor le ofrece al mayorista un precio al por mayor más bajo que su costo marginal ($w = \Phi c$) y a cambio ofrece una participación fija de los ingresos del mayorista ($1 - \Phi$). Los autores manifiestan que tanto la optimización de la ganancia total de la cadena como la maximización de la ganancia del minorista se pueden modelar como el problema del vendedor de periódicos, obteniéndose el mismo resultado. En Cardós, Guijarro y Babiloni (2014) se presenta la explicación del problema del vendedor de periódicos en detalle.

En el contrato de ingresos compartidos presentado en Giannoccaro, Pontrandolfo (2004), donde $C_u = C_M$: *Costo unitario por faltante* y por su parte $C_o = C_L$: *Costo unitario por vender a salvamento* la cantidad optima q está dada por:

$$F(q) = \frac{C_u}{C_u + C_o} \quad ec. 6.6$$

Donde la $F(d)$ es la función de probabilidad acumulada de la demanda d .

Al usar esta expresión para el cálculo de q^c y q' se obtienen las siguientes formulaciones:

$$q^c = F^{-1} \left[\frac{p - c}{p} \right] \quad (C_u = p - c; C_o = c); \quad \text{ec. 6.7}$$

$$q' = F^{-1} \left[\frac{\Phi p - cw}{\Phi p} \right] \quad (C_u = \Phi p - w; C_o = w) \quad \text{ec. 6.8}$$

Los autores presentan las utilidades esperadas para cada eslabón productor-distribuidor y para la CA en general como sigue:

Tabla 6.255. Utilidades esperadas en el contrato de ingresos compartidos

Demande vs Cantidad	Utilidad esperada por el distribuidor	Utilidad esperada por el detallista	Utilidad total esperada para la cadena
$d > q$	$(w - c)q + (1 - \Phi)pq$	$\Phi pq - wq$	$(p - c)q$
$q > d$	$(w - c)q + (1 - \Phi)pd$	$\Phi pd - wq$	$(p - c)d$

Fuente: Tomado de Giannoccaro, Pontrandolfo (2004)

Se observa que las utilidades esperadas están en función de la demanda y la cantidad pedida, tal como en el problema del vendedor de periódicos.

De la misma forma Giannoccaro, Pontrandolfo (2004), explican el modelo de contratos para una cadena de tres eslabones, precisando un escenario donde el proceso de toma de decisión fluye desde el eslabón más aguas abajo en la cadena, que corresponde al detallista (eslabón 1), luego sigue el intermediario (eslabón 2) y por último el productor (eslabón 3), cuyas interfaces son identificadas como A (intermediario-detallista) y B (productor-intermediario) respectivamente y los costos unitarios marginales son c_1, c_2, c_3 , (véase fig. 6.3).

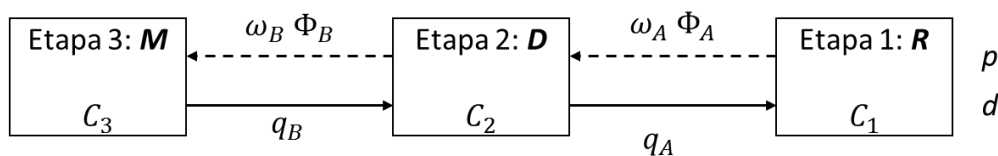


Figura 9.3. Modelo de cadena de suministro de 3 etapas

Fuente: Tomado de Giannoccaro y Pontrandolfo (2004)

Este sistema funciona a partir de una demanda estocástica d y un precio unitario p , donde el detallista ordena una cantidad q_A que es suministrada por el intermediario a un precio unitario w_A ; de la misma forma el intermediario ordena una cantidad q_B al productor quien entrega a un precio unitario w_B . Se espera que los precios transferidos entre cada

eslabón cumplan que $w_A > w_B + c_2$ y $w_B > c_3$. Al aplicar el modelo de contrato de ingresos compartidos, el detallista debería mantener una cuota de Φ_A de sus ingresos dando el resto $(1 - \Phi_A)$ al intermediario y esto podría ser balanceado por un menor precio w_A . Del mismo modo, el intermediario mantendría una cuota Φ_B de sus ingresos dando el resto $(1 - \Phi_B)$ al productor. Finalmente un único tomador de decisiones determinaría la cantidad q más adecuada que debería fluir a través de la cadena, para hacer frente al mercado estocástico de la demanda y que logre optimizar los resultados económicos globales.

En el documento referenciado los autores hacen el análisis de varios escenarios, partiendo del supuesto de que cada actor busca maximizar su utilidad expresada como Π_{xy} , donde $X =$ es uno de los actores en la cadena y pertenece al conjunto de eslabones $X \in \{R, D, M\}$ y $y \in \{m, c\}$ como parámetros de ajuste para la coordinación. Concluyen que el óptimo se obtiene cuando el ingreso marginal es igual al costo marginal.

Calculan adicionalmente los valores de Φ_A, Φ_B, w_A, w_B del mecanismo de distribución de ingresos que coordina y que alcanza la utilidad óptima para toda la cadena; además, hacen modificaciones a los parámetros del contrato para entender cómo repartir de manera más equitativa la utilidad en un escenario ganar-ganar manteniendo la coordinación del canal. Calculan la utilidad Π_{xy} para diferentes configuraciones de coordinación, considerando en todos los casos que $q_A = q_B = q$. En el escenario descentralizado no coordinado el intermediario D y el detallista R definen la cantidad a pedir q_B y q_A respectivamente que pueden ser diferentes, de acuerdo con el precio mayorista por unidad w_{Am} y w_{Bm} definido por M y D . En el escenario de ajuste de parámetros de participación en las utilidades Φ_A, Φ_B , se espera que R y M estén dispuestos a pedir la cantidad q que permita atender la demanda de tal manera que $q_B = q_A$ buscando el mejor desempeño de la cadena en términos de utilidad y lograr mejor participación en los ingresos. La representación matemática de cada escenario estudiado por estos autores es como sigue:

En un entorno de mercado no coordinado

$$\Pi_{Rm} = p \min\{q, d\} - (w_{Am} + C_1)q \quad \text{ec. 6.9}$$

$$\Pi_{Dm} = w_{Am}q - (w_{Bm} + C_2)q \text{ ec. 6.10}$$

$$\Pi_{Mm} = w_{Bm}q - C_3q \text{ ec. 6.11}$$

En este caso la utilidad del eslabón del detallista R es igual a los ingresos obtenidos, producto del precio de venta unitario al consumidor final por la cantidad mínima entre el q pedido y la demanda real d , menos sus costos representados por el precio w_{Am} al que compra del intermediario D más los costos propios C_1 por la cantidad q adquirida. Por su parte la utilidad del eslabón intermediario D corresponde a sus ingresos producto de la cantidad q vendida al Detallista R por el precio al detallista w_{Am} menos los costos representados por el precio de compra w_{Bm} al productor M más sus costos propios C_2 multiplicado por la cantidad comprada q . Por último la utilidad del productor M se calcula como el ingreso expresado como el producto de la cantidad q vendida al intermediario D al precio w_{Bm} , menos los costos propios C_3 por la cantidad q procesada para la venta. La utilidad total de la cadena corresponde a la sumatoria de las utilidades por eslabón que se expresa como:

$$\Pi_{SC} = \Pi_{Rm} + \Pi_{Dm} + \Pi_{Mm} \text{ ec. 6.12}$$

Configuración con distribución de ingresos

$$\Pi_{Rc} = \Phi_A p \min\{q, d\} - (w_A + c_1)q \text{ ec. 6.13}$$

$$\Pi_{Dc} = \Phi_B [(1 - \Phi_A)p \min\{q, d\} + w_A q] - (w_B + c_2)q \text{ ec. 6.14}$$

$$\Pi_{Mc} = (1 - \Phi_B)[(1 - \Phi_A)p \min\{q, d\} + w_A q] + w_B q - c_3 q \text{ ec. 6.15}$$

Configuración tipo jerarquía

$$\Pi_h = p \min[q, d] - (c_1 + c_2 + c_3)q \text{ ec. 6.16}$$

Posteriormente presentan las expresiones matemáticas que permiten calcular la cantidad q que los tomadores de decisión deben definir para lograr maximizar las utilidades en las expresiones matemáticas anteriores. En este caso para el escenario del mercado no coordinado el tomador de decisiones es R , para el caso con distribución de ingresos los

tomadores de decisiones son R y D y, para el unico tomador de decision que se defina en la configuración tipo jerarquica.

Utilizan el modelo del vendedor de periódicos para derivar la cantidad optima q , teniendo en cuenta que la demanda es incierta y los ingresos serian probabilisticos por esta dependencia. Se define $F(d)$ como la probabilidad acumulada de la demanda d para expresar la probabilidad de que la demanda no sea mayor que d , se define un q_{ac} para indicar la cantidad que a estableceria bajo la configuración c y, q_h denota la cantidad que se pediria en el escenario de tipo jerarquico. Los autores obtienen los siguientes resultados:

Para un mercado no coordinado

$$F(q_{Rm}) = [p - w_{Am} + c_1]/p, \quad ec. 6.17$$

$$c_u = p - (w_{Am} + c_1); \quad c_o = w_{Am} + c_1 \quad ec. 6.18$$

Para la configuración con distribución de ingresos

$$F(q_{Rc}) = \frac{[\Phi_A p - (w_A + c_1)]}{\Phi_A p} \quad ec. 6.19$$

$$c_u = p - (w_A + c_1) \quad ec. 6.20$$

$$c_o = (w_{Am} + c_1) \quad ec. 6.21$$

$$F(q_{Dc}) = [\Phi_B(1 - \Phi_A)p - (w_B + c_2 - w_A)] / [(\Phi_B(1 - \Phi_A)p)] \quad ec. 6.22$$

$$c_u = \Phi_B(1 - \Phi_A)p - (w_B + c_2 - w_A) \quad ec. 6.23$$

$$c_o = w_B + c_2 + w_A \quad ec. 6.24$$

Para la configuración tipo jerarquía

$$F(q_h) = \frac{[p - (c_1 + c_2 + c_3)]}{p} \quad ec. 6.25$$

$$c_u = p - (c_1 + c_2 + c_3); \quad c_o = c_1 + c_2 + c_3 \quad ec. 6.26$$

Concluyen que el escenario de distribución de ingresos es efectivo para lograr la coordinación del canal, pero es importante que los socios de la cadena obtengan ganancias más altas que en la configuración de mercado no coordinado. Hacen notar la importancia de que el poder en este escenario sea simétrico entre los miembros de la cadena para evitar desequilibrios. Se debe garantizar en este tipo de contratos que:

$$q_{Rc} = q_{Dc} = q_h \text{ ec. 6.27}$$

o si se expresa como la función de probabilidad

$$F(q_{Rc}) = F(q_{Dc}) = F(q_h) \text{ ec. 6.28}$$

Lo anterior implica que la cantidad optima definida por R y D es igual a la cantidad óptima de la cadena, lo que permite calcular los precios mayoristas expresados como sigue:

$$w_A = (c_1 + c_2 + c_3)\Phi_A - c_1 \text{ ec. 6.29}$$

$$w_B = (c_1 + c_2 + c_3)(\Phi_A + \Phi_B)(1 - \Phi_A) - (c_1 - c_2) \text{ ec. 6.30}$$

$$w_A, w_B \geq 0$$

Los autores concluyen que si se cumplen las dos ecuaciones anteriores se puede asegurar que la cadena se coordina independiente de los valores adoptados de Φ_A y Φ_B que debe pertenecer al intervalo $(0 - 1)$.

De las dos ecuaciones anteriores se obtienen las expresiones para calcular Φ_A y Φ_B , como sigue:

$$\Phi_A > c_1 - (c_1 + c_2 + c_3) \text{ ec. 6.31}$$

$$\Phi_B > \frac{[1 - (1 - \Phi_A)](c_1 + c_2)}{c_1 + c_2 + c_3} - \Phi_A \text{ ec. 6.32}$$

Para determinar la conveniencia del contrato para los actores de la cadena, se tiene una medida de conveniencia expresada como el valor esperado de la relación $\frac{\Pi_{Xc}}{\Pi_{Xm}}$ que corresponde a la utilidad en el escenario coordinado versus el escenario de mercado; si

la relación es mayor a la base del 100%, entre mas grande sea este cociente mas conveniente será para los actores estar en el contrato. Una manera de lograrlo es determinar los coeficientes de distribución Φ_A y Φ_B que permitan que los valores esperados de $\frac{\Pi_{Xc}}{\Pi_{Xm}}$ nunca sean inferiores a 1 para cada uno de los eslabones R, D y M . Estos coeficientes son:

$$\Phi_A > [p E(\min\{q_{Rm}, d\}) - (w_{Am} + c_1)q_{Rm} + (w_A + c_1)q_h] / [pE(\min\{q_h, d\})] \text{ ec. 6.33}$$

$$\Phi_B > \frac{[w_{Am}q_{Rm} - (w_{Bm} + c_2)q_{Rm} + (w_B + c_2)q_h]}{[(1 - \Phi_A)pE(\min\{q_h, d\}) + w_Aq_h]} \text{ ec. 6.34}$$

$$\Phi_B < 1 - [w_{Bm}q_{Rm} - c_3q_{Rm} - (w_B - c_3)q_h] / [(1 - \Phi_A)pE(\min\{q_h, d\}) + w_Aq_h] \text{ ec. 6.35}$$

Finalmente, proponen el uso de dos contratos de distribución de ingresos paralelos por pares productor-intermediario e intermediario-detallista, con lo cual logran coordinar la cadena, estrategia que ha sido cuestionada por otros autores, debido a la dificultad que implica firmar dos contratos simultáneos. Sin embargo, es importante mencionar que en el mercado financiero existen los negocios back to back o “acuerdo de dos partes”, que consisten en términos generales en un préstamo a una entidad con base en el préstamo de otra, cuando son prestamos en el exterior con el propósito de cubrirse contra los riesgos cambiarios. Esta práctica es también muy conocida en las operaciones de comercio internacional de materias primas agrícolas o “trading de commodities” donde se cierran operaciones paralelas o “back to back” que se vinculan a través de un intermediario “trader” con el compromiso de un cliente para comprar y un productor para vender el producto en la cantidad, precio y tiempo acordado. Sin embargo, lo que en esta investigación se considera relevante, es que este tipo de estrategia se hace muy débil en un escenario de pequeños productores, donde no hay suficiente oferta e infraestructura, traducida por tanto en la poca confiabilidad en cantidad a entregar, calidad del producto, oportunidad de entrega entre otros aspectos, que la hace inviable en el escenario actual.

En este sentido Van Der Rhee, Van Der Veen, Venugopal y Nalla, (2010), propusieron un nuevo modelo de contrato de ingresos compartidos que denominaron de alcance extendido, donde analizan una cadena de abastecimiento de tres eslabones con toma de decisión ascendente y demanda estocástica. (véase fig.6.4)

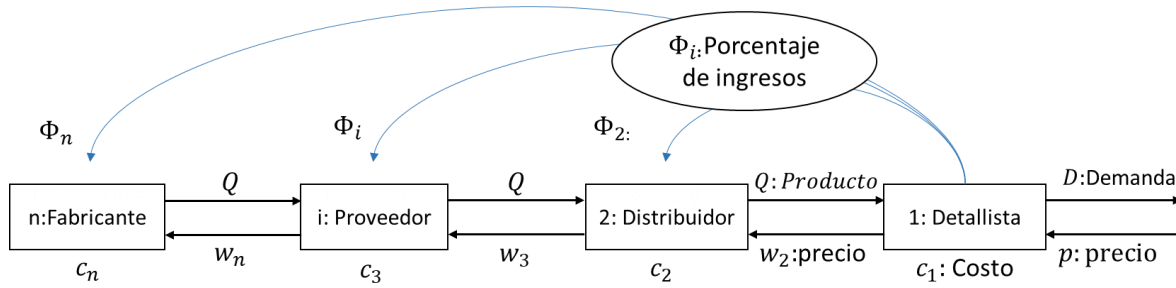


Figura 6.4. Contrato de ingresos compartidos de abarcamiento
Fuente: Adaptado de Van Der Rhee, Van Der Veen, Venugopal y Nalla, (2010)

El modelo es una generalización del planteado para dos eslabones, donde se considera un suministro lineal en una cadena con $n > 2$ eslabones, las entidades 1 y n son las entidades más aguas abajo y aguas arriba de la CA respectivamente. La entidad 1 ordena una cantidad Q con unos costos operativos propios $c_i = c_1$ y un precio de compra $w_{i+1} = w_2$, de tal forma que puede decidir vender a un precio p que incluya sus costos y la utilidad esperada Φ de acuerdo con el mercado, haciendo $p = w_i + c_i + \Phi$ que para el caso del eslabón 1 sería $p = w_2 + c_1 + \Phi$ donde:

w_2 : Costo de compra del detallista o precio de venta del Distribuidor al Detallista

c_1 : Costo operativo propio en este caso del Detallista

Φ : Utilidad esperada por el detallista a distribuir entre cada eslabon (Φ_i)

La cantidad Q debe ser aquella que optimice las utilidades de la cadena. Van Der Rhee y otros (2010), proponen un modelo de contrato de alcance extendido donde se plantean varios supuestos la mayoría muy ajustados a las condiciones de operación de una cadena de abastecimiento frutícola de tres eslabone de pequeños productores; son ellos:

a. El precio de venta en el eslabón 1 es mayor que la sumatoria de los costos en cada uno de los eslabones. Esto supone información conocida completamente por todos los actores de la cadena.

$$p > \sum_{i=1}^n c_i \text{ ec. 6.36}$$

- b. El ciclo de vida del producto es corto por lo que se asume una sola orden de pedido por periodo.
- c. Se determina una única cantidad de orden Q realista, que fluye por la cadena y puede ser cumplida por cada eslabón.
- d. La demanda final D corresponde a una variable aleatoria que se expresa como una función de probabilidad definida como $f_D(D)$ y una demanda insatisfecha es considerada como venta perdida.
- e. Se asume que no hay inventario de periodos anteriores y si estos existen son una perdida.
- f. Cada eslabón busca maximizar su propio beneficio esperado.
- g. Asumen una secuencia de decisiones en la cadena que se expresa como sigue (véase fig. 6.5):

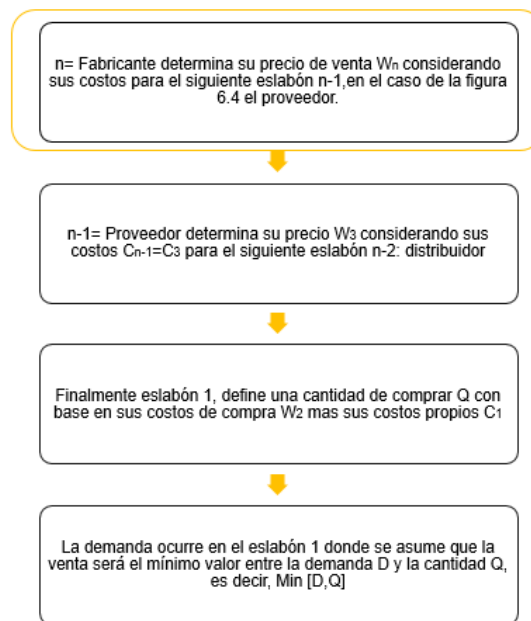


Figura 6.5. Secuencia de decisiones en la cadena

Fuente: Elaboración propia con base en Van Der Rhee, Van Der Veen, Venugopal y Nalla, (2010)

Las condiciones para motivar la participación de los socios en este modelo de contrato deben ser que sus utilidades individuales sean mayores que las obtenidas trabajando independientemente, lo cual se debe monitorear a partir de lo planteado en Giannoccaro y Pontrandolfo (2004) con respecto a que el resultado del cociente entre las utilidades de la CA coordinada y las de la CA descentralizada no coordinada por el contrato debe ser mayor a 1.

Finalmente, estos mecanismos de coordinación para CA descentralizadas, permiten alcanzar un nivel de integración reflejado en el desempeño financiero de la CA. La definición de la cantidad optima Q , al igual que el precio p y la participación Φ se vuelven elementos determinantes en este mecanismo de coordinación. En el escenario de la CA frutícola, descentralizada, con pequeños productores dispersos geográficamente, es necesario consolidar una cantidad optima q que garantice el mejor desempeño de la CA.

6.3. MATERIALES Y MÉTODOS

Los problemas más frecuentes en las CA, en su mayoría están relacionados con su débil gestión. En este sentido Borodin, Bourtembourg, Hnaien y Labadie, (2016), consideran que las cadenas agrícolas deben ser estudiadas desde los problemas de sostenibilidad y su vinculación con la seguridad alimentaria, que finalmente tienen que ver con la planeación de la CA que recorre tanto el nivel estratégico, como táctico y operativo, además de señalar la importancia e impacto de la coordinación en el mejoramiento de su desempeño. Por su parte Aramyan, Oude Lansink, Van Der Vorst y Van Kooten, (2007), afirman que los problemas más críticos en las CA agrícolas están relacionados con la eficiencia y definen cuatro elementos que determinan su desempeño: la flexibilidad, la capacidad de respuesta, la calidad de los alimentos y la eficiencia. Dentro de la eficiencia se incluyen aspectos como: la distribución de ingresos, inventarios, costos de producción y distribución de productos. Ver trabajos de Peña-Orozco y Rivera (2017), Acosta, Cano, Peña, Rivera y Bravo (2018) y Peña Orozco, Agudelo y Rivera (2019). Para Lambert y Cooper, (2000). Mejorar la competitividad en el mercado implica alcanzar niveles de coordinación y eliminar las relaciones de dominancia entre los eslabones de la cadena, lo que de acuerdo con Arshinder y Deshmukh (2008), debe traducirse en mejores ingresos pues afirman haber identificado la fuerte relación entre la utilidad y los niveles de coordinación en CA descentralizadas, posición reforzada por Zhou y Yang (2008), quienes insisten que las decisiones coordinadas se traducen en la maximización de la utilidad total.

La coordinación no es un objetivo fácil de alcanzar y como lo plantea Soosay y Hyland (2015), la desconfianza predomina como una de las grandes barreras en estas

relaciones. Para los propios agentes en la cadena, no es evidente que una cadena de abastecimiento coordinada pueda obtener mejores resultados económicos que una descentralizada no coordinada. Con el propósito de precisar estos aspectos se desarrolla una metodología que comprende tres pasos:

- a. Se modela una cadena de abastecimiento de tres eslabones en un escenario centralizado que representa el escenario óptimo de desempeño de acuerdo con la literatura.
- b. Se modela una cadena de abastecimiento de tres eslabones en un escenario descentralizado no coordinado, donde las decisiones aisladas generan óptimos locales.
- c. Se modela un contrato de distribución de ingresos para coordinar una cadena de abastecimiento descentralizada de tres eslabones, para alcanzar el desempeño óptimo de la cadena centralizada.

El desarrollo de la metodología tiene el propósito adicional de presentar un modelo de contrato de alcance extendido ajustado a las condiciones de una cadena de abastecimiento de pequeños productores, que permite obtener un desempeño óptimo tomando como referencia el escenario centralizado planteado en el primer paso de la metodología.

6.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se presenta en Peña Orozco y otros (2019), las características de la cadena y su modelamiento son como sigue:

6.4.1. Condiciones y supuestos generales del modelo ajustado a las características de la cadena bajo estudio:

- a. La cadena de suministro está compuesta por tres eslabones.
- b. Los eslabones más aguas abajo presentan mayor poder de negociación.
- c. Las negociaciones se dan en una forma líder – seguidor.
- d. La demanda se considera una variable aleatoria, por simplicidad se asume una distribución uniforme continua.
- e. Los precios y costos se consideran variables determinísticas.

- f. El producto es perecedero.
- g. Todo producto no vendido al final del periodo se puede recuperar a un precio de salvamento.
- h. Toda la demanda no atendida se considera como venta perdida.

6.4.2. Notación del modelo

Tabla 6.3. Notación matemática del modelo

Símbolo	Descripción
p	Precio del mercado del producto a comercializar en el eslabón Detallista
s	Valor de salvamento por cada unidad de producto no vendida
D	Variable aleatoria de la demanda del consumidor final del producto
$[L, U]$	Límites superior e inferior de la distribución de probabilidad uniforme continua que representa la demanda
$f_D(D)$	Función de densidad de probabilidad de la demanda
$F_D(Q)$	Función de distribución acumulada de la demanda
$G_D(Q)$	Valor esperado de la distribución de probabilidad truncada entre 0 y Q de la demanda
c_i	Costo operativo del eslabón i
c	Superíndice que denota el escenario centralizado
d	Superíndice que denota el escenario descentralizado
rs	Superíndice que denota el contrato de ingresos compartidos
Π_m^n	Utilidad del elemento m de la cadena bajo el escenario n
w_i^n	Precio al por mayor ofertado por el eslabón i bajo el escenario n
ϕ_i	Coeficiente de distribución de ingresos del eslabón 1 al eslabón i

Fuente: Tomado de Peña Orozco D., Agudelo S. y Rivera L. (2019)

6.4.3. Modelamiento de la cadena de abastecimiento de tres eslabones en un escenario centralizado

Este escenario representa la CA operando bajo un sistema centralizado, donde se asume un único tomador de decisiones que busca optimizar la utilidad total y la de cada eslabón

de la CA. En este caso se define una cantidad Q expresada como una función de la distribución acumulada de la demanda, que se expresa como la integral de la función de la densidad de la probabilidad de la demanda entre un límite inferior y el valor de Q .

$$F_D(Q) = \int_L^Q f_D(D) dD \quad \text{ec. 6.37}$$

El Valor esperado de la distribución de probabilidad truncada entre L y Q , se expresa como la integral entre L y Q de la función de distribución de probabilidad de la demanda aleatoria D . Este dato se vuelve importante en el desempeño de la CA en términos de costos de devolución. Entre más ajustado este el valor esperado de la demanda a la demanda real, menos impactos en costo tendrá la cadena.

$$G_D(Q) = \int_L^Q D * f_D(D) dD \quad \text{ec. 6.38}$$

Bajo este escenario, las utilidades de la CA y los eslabones están representados por las siguientes ecuaciones:

$$\prod_1^c = E_D[p \cdot \text{Min}\{Q_c, D\} - (w_2^c + c_1)Q_c + s(Q_c - D)^+] \quad \text{ec. 6.39}$$

La primera parte de la ecuación representa el ingreso, estimado como el valor esperado del precio multiplicado por las cantidades vendidas que finalmente corresponden al menor valor entre la cantidad centralizada pedida y la demanda. La segunda parte corresponde a los costos, los cuales se restan de los ingresos y son representados por el costo asociado al precio de compra en el escenario centralizado, más los costos operativos propios del eslabón en este caso del detallista, por la cantidad centralizada que fluye en la cadena. El último factor el cual se suma al ingreso, corresponde a los obtenidos por ventas a precio de salvamento de las cantidades sobrantes, expresado como el precio de salvamento multiplicado por la diferencia entre la cantidad centralizada que fluye en la cadena y la demanda. El superíndice $+$ indica que esta diferencia debe ser positiva, de lo contrario no es procedente.

$$\prod_1^c = (p - w_2^c - c_1)Q_c + s[Q_c F(Q_c) - G(Q_c)] + p[G(Q_c) - Q_c F(Q_c)] \text{ ec. 6.40}$$

Finalmente, la utilidad se calcula como los ingresos obtenidos del precio de venta al consumidor final menos el costo de compra y el costo propio del eslabón que se multiplica por la cantidad que fluye en la CA que se trata de la obtenida en el escenario centralizado. Se sumas los ingresos obtenidos por las ventas a precio de salvamente y la suma del costo(la suma debe ser negativa), entre la demanda real y la cantidad que fluye en la cadena centralizada.

La utilidad en el eslabón 2 queda expresado de la siguiente forma:

$$\prod_2^c = (w_2^c - w_3^c - c_2)Q_c \text{ ec. 6.41}$$

Donde la utilidad resulta de la resta al precio de venta al eslabón 1 menos los costos de compra del eslabón 3 y los costos propios, todo lo anterior multiplicado por la cantidad que se toma como la centralizada.

Para el eslabón 3 se presenta:

$$\prod_3^c = (w_3^c - c_3)Q_c \text{ ec. 6.42}$$

La utilidad en el productor corresponde al ingreso por ventas producto del precio de venta al eslabón 2 menos los costos propios del productor multiplicado por la cantidad que se toma como la centralizada.

Por último, la utilidad total de la CA resulta de la suma de las ecuaciones anteriores y se expresa:

$$\prod_{sc}^c = E_D[p \cdot \text{Min}\{Q_c, D\} + s(Q_c - D)^+] - \sum_i^n c_i Q_c \text{ ec. 6.43}$$

$$\prod_{sc}^c = \left(p - \sum_i^n c_i\right) Q_c + s[Q_c F(Q_c) - G(Q_c)] + p[G(Q_c) - Q_c F(Q_c)] \text{ ec. 6.44}$$

Al optimizar la ecuación (6.44) se obtiene la solución para el problema centralizado. Se trata como un problema de vendedor de periódicos con costo unitario excedente $c_e = \sum_i^n c_i - s$ y costo unitario faltante $c_s = p - \sum_i^n c_i$, donde la cantidad optima se expresa como:

$$Q_c = F^{-1}\left(\frac{c_s}{c_s + c_e}\right) = F^{-1}\left(\frac{p - \sum_i^n c_i}{p - s}\right) \quad \text{ec. 6.45}$$

Considerando una distribución uniforme continua con límites $[L, U]$, la cantidad optima obtenida es:

$$Q_c = L + (U - L)\left(\frac{p - \sum_i^n c_i}{p - s}\right) \quad \text{ec. 6.46}$$

La cantidad centralizada Q_c es la óptima y permite el mejor desempeño de la CA centralizada de tres eslabones.

6.4.4. Modelamiento de la cadena de abastecimiento descentralizada de tres eslabones no coordinada

Dadas las características de la cadena de abastecimiento frutícola de pequeños productores, la toma de decisiones de los agentes se toma como un juego secuencial del tipo líder-seguidor que simula el comportamiento dominante de un eslabón, donde se busca determinar el equilibrio de Stackelberg en la cadena, entendiendo que esta solución permite que los agentes no tengan incentivo alguno para moverse de los valores calculados. Como se explica previamente cualquier movimiento ofrece un menor desempeño para cada uno de ellos frente al equilibrio de Stackelberg. La representación de la toma de decisiones en la cadena de abastecimiento descentralizada no coordinada se representa como sigue (Ver figura 6.6):

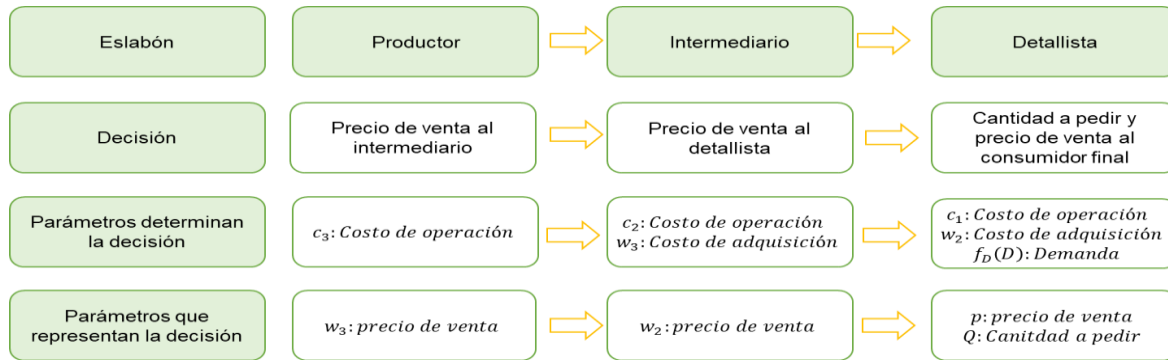


Figura 6.6. Secuencia de toma de decisiones en el modelo propuesto
Fuente: Elaboración propia adaptado de Peña, Agudelo y Rivera (2019).

Dado que se trata de decisiones secuenciales dependientes, se hace necesario resolver este problema usando el método "backwards" o de inducción hacia atrás (Van Der Rhee y otros., 2010), el cual permite establecer las decisiones óptimas en la cadena desde el agente más aguas abajo en la cadena, para devolverse al intermediario y finalmente al productor siguiendo la secuencia de toma de decisiones representada arriba. A continuación, se representa gráficamente el proceso de inducción hacia atrás (véase fig.6.7):

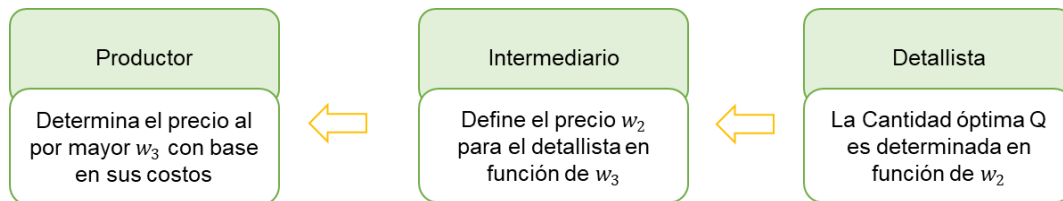


Figura 6.7. Proceso de inducción hacia atrás del modelo propuesto
Fuente: Elaboración propia adaptado de Peña, Agudelo y Rivera (2019).

El problema de la cadena descentralizada no coordinada se formula como un problema de maximización de utilidad como sigue (Peña, Agudelo y Rivera ,2019):

$$\max_{w_3^d} \prod_3^d = (w_3^d - c_3) Q_d \text{ ec. 6.47}$$

Donde la maximización de la utilidad se expresa como la diferencia entre el precio de venta y el costo en el eslabón del productor multiplicado por el tamaño de orden descentralizada Q_d . Se espera en este caso que el productor busque el mayor incremento posible en el precio. Sin embargo, el modelo se encuentra limitado por las siguientes dos restricciones:

$$s. t. : \quad \max_{w_2^d} \prod_2^d = (w_2^d - w_3^d - c_3)Q_d \quad ed. 6.48$$

$$s. t. : \quad \max_{Q_d} \prod_1^d = E_D[p \cdot \text{Min}\{Q_d, D\} - (w_2^d + c_1)Q_d + s(Q_d - D)^+] \quad ec. 6.49$$

La restricción 6.48 representa la maximización de la utilidad en el eslabón del intermediario. En el escenario de decisiones dependientes este eslabón determina la maximización del ingreso del eslabón precedente del productor. Esta maximización estará en función al precio de venta del intermediario al detallista, el costo del producto comprado al productor, los costos propios del intermediario y la cantidad descentralizada de la orden Q_d a comprar.

La restricción 6.49 de igual forma, restringe el desempeño de la restricción (6.48, de tal manera que el desempeño de la maximización de 6.48 depende de 6.49. En este caso la maximización de la utilidad para el detallista tendrá que ver con el precio de venta, pero lo más importante es definir una cantidad Q_d que le permita reducir los riesgos de pérdida y lograr el mejor resultado económico posible.

Se obtienen las siguientes expresiones que representan los óptimos en cada uno de los eslabones. Se puede calcular el desempeño general de la CA como la sumatoria de los ingresos obtenidos en cada eslabón.

a) El óptimo del eslabón detallista se expresa como:

$$\frac{\partial \Pi_1^d}{\partial Q_d} = 0 \quad ec. 6.50$$

$$Q_d = L + (U - L) \left(\frac{p - c_1 - w_2^d}{p - s} \right) \quad ec. 6.51$$

b) El óptimo del eslabón intermediario queda expresado como:

$$\frac{\partial \Pi_2^d}{\partial w_2^d} = 0 \quad ec. 6.52$$

$$w_2^d = \frac{p \cdot U - s \cdot L + (U - L)(c_2 + w_3^d - c_1)}{2(U - L)} \quad \text{ec. 6.53}$$

c) El óptimo del eslabón productor se expresa como sigue:

$$\frac{\partial \Pi_3^d}{\partial w_3^d} = 0 \quad \text{ec. 6.54}$$

$$w_3^d = \frac{p \cdot U - s \cdot L + (U - L)(c_3 - c_2 - c_1)}{2(U - L)} \quad \text{ec. 6.55}$$

d) El equilibrio de Stackelberg aplicado a la cadena de abastecimiento obtiene como resultado:

$$Q_d = L + (U - L) \left(\frac{p - c_1 - w_2^d}{p - s} \right) \quad \text{ec. 6.56}$$

$$w_2^d = \frac{3(pU - sL) + (U - L)(c_3 + c_2 - 3c_1)}{4(U - L)} \quad \text{ec. 6.57}$$

$$w_3^d = \frac{p \cdot U - s \cdot L + (U - L)(c_3 - c_2 - c_1)}{2(U - L)} \quad \text{ec. 6.58}$$

Los valores de Q_d : Cantidad descentralizada, w_2^d : el precio descentralizado del intermediario y w_3^d : el precio descentralizado de venta del productor al intermediario, permiten que la cadena descentralizada logre el equilibrio entre los eslabones de tal forma que no exista incentivos para ninguno de ellos de cambiar estas condiciones, pues no les ofrecería alguna mejor ventaja.

6.4.5. Modelamiento del contrato de ingresos compartidos para coordinar la cadena de abastecimiento descentralizada de tres eslabones y lograr el desempeño de la centralizada

El modelamiento del contrato de ingresos compartidos busca un desempeño de la cadena en utilidad igual al de la cadena centralizada tomado como el óptimo de referencia. El escenario descentralizado no coordinado reporta un nivel de utilidad por definición inferior al del escenario centralizado, debido a la relación de contrincantes entre los eslabones que se traduce en niveles no óptimos de utilidad. (véase fig. 6.8)

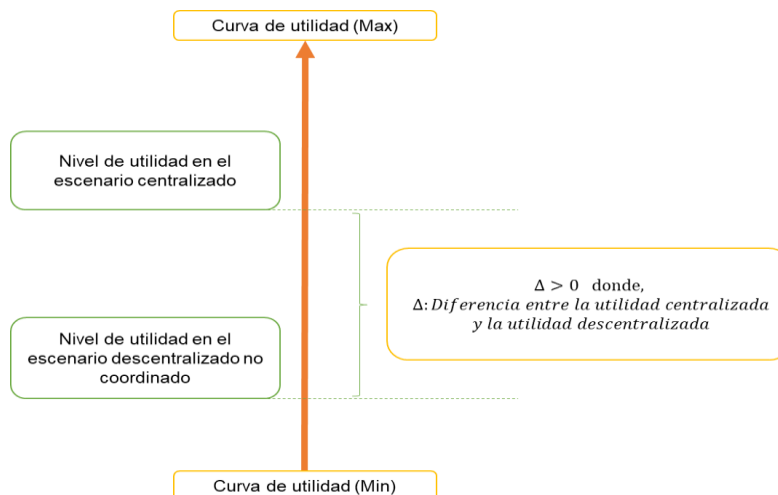


Figura 6.8. Comparativo de utilidades en el ambiente centralizado y el descentralizado no cooperativo
Fuente: Elaboración propia adaptado de Peña, Agudelo y Rivera (2019).

La diferencia entre las utilidades alcanzadas en cada uno de los escenarios, representada por $\Delta > 0$ trata de ser eliminada de tal manera que sea igual a cero ($\Delta = 0$), haciendo que las utilidades sean iguales en ambos casos, mediante el uso del contrato como mecanismo de coordinación. (Ver figura 6.9)

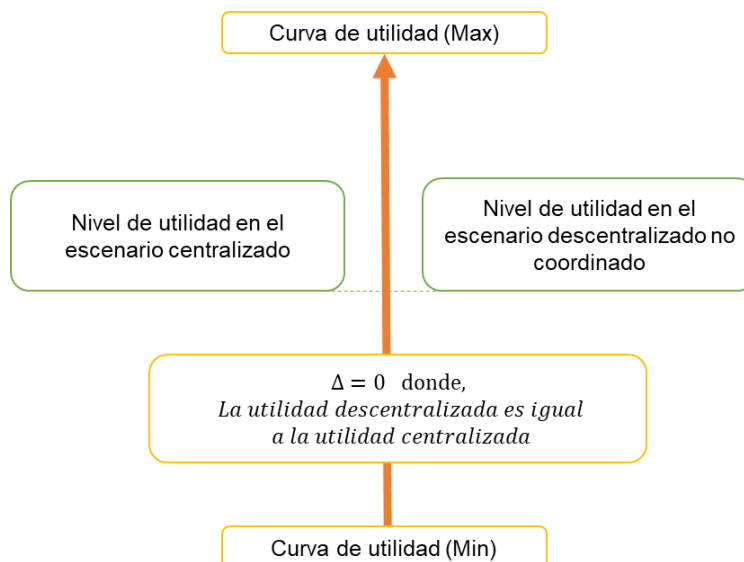


Figura 6.9. Nivel de utilidades comparativo con el uso del contrato de ingresos compartidos en un ambiente cooperativo.
Fuente: Elaboración propia adaptado de Peña, Agudelo y Rivera (2019).

El modelo de contrato de alcance extendido propuesto, supone una estructura tal como se plantea en Peña, Agudelo y Rivera (2019) y siguiendo los lineamientos de Van der Rhee et al., (2010), donde el detallista en la cadena de abastecimiento de tres eslabones,

es quien distribuye los ingresos entre ellos, (véase fig. 6.10), donde además se incluye en la formulación los ingresos obtenidos por venta de producto excedente a precio de salvamento, aspecto no considerado en Van der Rhee et al., (2010).

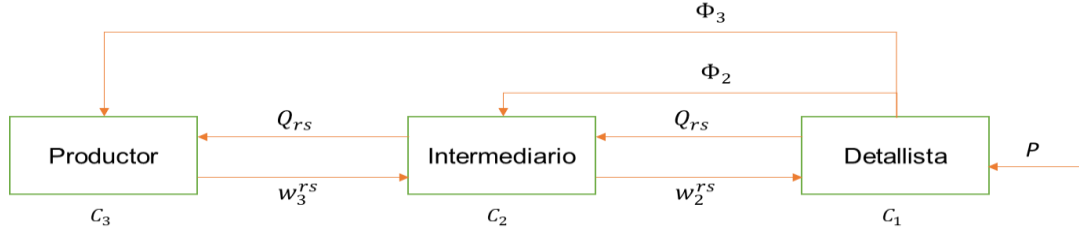


Figura 6.10. Representación del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido (RS)
Fuente: Elaboración propia adaptado de Peña, Agudelo y Rivera (2019).

El contrato de ingresos compartidos de alcance extendido se formula como se presenta en los siguientes títulos.: (*rs*: *contrato de ingresos compartidos*).

6.4.6. Representación de la utilidad en el eslabón del Detallista operando bajo el contrato

La utilidad en este eslabón se expresa como la utilidad esperada resultado del ingreso por la venta del producto al consumidor final tal como lo explicado en las formulaciones anteriores, a diferencia que en este caso se incluye el factor de distribución de ingreso Φ_i que corresponde a la participación en los ingresos del eslabón y que debe expresarse como un valor entre $(0 \geq \Phi \geq 1)$ cero y uno.

$$\prod_1^{rs} = E_D \left[\left(1 - \sum \phi_i \right) p \cdot \text{Min}\{Q_{rs}, D\} + \left(1 - \sum \phi_i \right) s(Q_{rs} - D)^+ \right] - (w_2^{rs} + c_1)Q_{rs} \text{ ec. 6.59}$$

$$\begin{aligned} \prod_1^{rs} = & \left(\left(1 - \sum \phi_i \right) p - w_2^{rs} - c_1 \right) Q_{rs} + \left(1 - \sum \phi_i \right) s(Q_{rs} F(Q_{rs}) - G(Q_{rs})) \\ & + \left(1 - \sum \phi_i \right) p(G(Q_{rs}) - Q_{rs} F(Q_{rs})) \quad \text{ec. 6.60} \end{aligned}$$

6.4.7. Representación de la utilidad del eslabón del intermediario operando bajo el contrato

Igual al caso del detallista y tal como se mencionó en el caso descentralizado, la expresión matemática de la utilidad en este eslabón se representa como la diferencia

entre los ingresos y los costos, pero en este caso se incluye el factor Φ_2 que corresponde a la participación en los ingresos del intermediario en las ingresos obtenidos en el eslabón del detallista.

$$\prod_2^{rs} = (w_2^{rs} - w_3^{rs} - c_2)Q_{rs} + \phi_2 p Q_{rs} + \phi_2 s (Q_{rs} F(Q_{rs}) - G(Q_{rs})) + \phi_2 p (G(Q_{rs}) - Q_{rs} F(Q_{rs})) \quad \text{ec. 6.61}$$

6.4.8. Representación de la utilidad del eslabón del productor operando bajo el contrato

La utilidad en este eslabón incluye el factor Φ_3 que corresponde a la participación del productor en los ingresos obtenidos en el eslabón del detallista, siguiendo la misma lógica de cálculo de las expresiones anteriores.

$$\prod_3^{rs} = (w_3^{rs} - c_3)Q_{rs} + \phi_3 p Q_{rs} + \phi_3 s (Q_{rs} F(Q_{rs}) - G(Q_{rs})) + \phi_3 p (G(Q_{rs}) - Q_{rs} F(Q_{rs})) \quad \text{ec. 6.62}$$

6.4.9. Representación de la utilidad de la cadena de abastecimiento operando bajo el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido

Este resultado de la utilidad total de la cadena se obtiene como la sumatoria de las expresiones (6.60, 6.61 y 6.62) y corresponde a la expresión que permite coordinar la cadena con el uso del contrato de ingresos compartidos, para buscar su mejor desempeño en términos de la utilidad total de la cadena y de los eslabones.

$$\prod_{sc}^{rs} = \left(p - \sum_i^n c_i \right) Q_{rs} + s [Q_{rs} F(Q_{rs}) - G(Q_{rs})] + p (G(Q_{rs}) - Q_{rs} F(Q_{rs})) \quad \text{ec. 6.63}$$

6.4.10. Solución del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido

Para el desarrollo de este aparte se sigue la metodología plantada en Van der Rhee et al., (2010) que consiste en los pasos siguientes:

- a. Partiendo del óptimo centralizado, se debe garantizar que el tamaño de la orden Q que fluye en la CA coordinada por el contrato propuesto sea igual al tamaño de orden Q de la cadena centralizada. Esto es $Q_{rs} = Q_c$.

- b. Se formula un modelo de fijación de precios siguiendo lo definido en Giannoccaro y Pontrandolfo (2004), en función a los costos marginales explicado previamente.
- c. El contrato de ingresos compartidos requiere un escenario colaborativo donde se garantice una relación ganar-ganar entre los eslabones. En este caso se plantea un incentivo que motive a los eslabones de la CA a vincularse al contrato.
- d. Determinación de los valores de los Φ_i para la distribución de ingresos y que coordinan la CA de tres eslabones.

Como punto de partida es necesario declarar que el contrato de ingresos compartidos tendrá solución, si y solo si, el conjunto ω de soluciones $\langle w_2^{rs}, w_3^{rs}, \emptyset_1, \emptyset_2 \rangle$, es un conjunto no vacío. Por otra parte, tal como se menciona en Giannoccaro y Pontrandolfo (2004) y en Cachón y Lariviere (2005), el contrato de ingresos compartidos debe lograr que la CA descentralizada alcance el nivel de utilidad de la cadena centralizada y como mecanismo de incentivo para asegurar la participación de los diferentes eslabones de la CA en el contrato, asegurar que la utilidad recibida sea mayor a la que es obtenida en el modelo descentralizado no coordinado. Bajo estas premisas se procede con la solución propuesta para este contrato.

a. Definición de los parámetros que garantizan la optimalidad en la utilidad de la cadena de abastecimiento bajo el contrato de distribución de ingreso de alcance extendido.

Tomando como punto de partida la CA óptima que corresponde al escenario centralizado, se obtiene un tamaño de orden óptimo igual a:

$$Q_c = L + (U - L) \left(\frac{p - \sum_i^n c_i}{p - s} \right) \text{ ec. 6.64}$$

Por su parte para el contrato de ingresos compartidos (rs) , el tamaño de la orden se calcula como:

$$Q_{rs} = L + (U - L) \left(\frac{p - c_1 - w_2^{rs}}{p - s} \right) \text{ ec. 6.65}$$

Bajo la condición de optimalidad se debe asegurar que el tamaño de la orden en el contrato de ingresos compartidos sea igual al tamaño de orden del escenario centralizado. Esto es:

$$Q_{rs} = Q_c \text{ ec. 6.66}$$

Esta igualdad se cumple si y solo si $w_2^{rs} = c_2 + c_3$, y es una condición necesaria para coordinar la CA. En este caso w_2^{rs} se considera que queda resulta para ω .

b. Fijación de precios colaborativo

La fijación de precios en el contrato tiene implicaciones en la utilidad de los eslabones y general de la CA. Adicionalmente tal como se mostró en los párrafos anteriores afecta los coeficientes de ingresos definidos Φ_i . Asumiendo lo planteado en Cachon y Lariviere (2005), Gianocaró y Portlandolfo (2004) y Van Der Rhee y otros (2010), el contrato de ingresos compartidos logra coordinar la CA cuando se asume el precio entre los eslabones como su costo:

$$w_i^{rs} = c_i \text{ ec. 6.67}$$

Donde $w_2^{rs} = c_2 + c_3$, por lo tanto, sólo w_3^{rs} que corresponde al productor puede estar sujeta a modificaciones.

c. Definición de las condiciones colaborativas en la cadena de abastecimiento para la formulación de una solución ganar-ganar

Se hace necesario proponer un incentivo a los eslabones de la CA para que se vinculen al contrato. En este sentido, se propone un escenario ganar-ganar donde se formula la condición en la cual se garantice a cada miembro de la cadena una utilidad adicional a la obtenida en el escenario descentralizado no coordinado. Esta condición se formula como sigue:

$$\prod_i^{rs} = \prod_i^d + \frac{\prod_i^c - \prod_i^d}{n} \quad \forall i \in \{1,2,3\} \text{ ec. 6.68}$$

El resultado es un sistema de ecuaciones no lineales que debe ser resuelto para las variables $\emptyset_1$ y $\emptyset_2$.

d. Determinación de los valores de las diferentes variables del contrato

Dadas las ecuaciones anteriores, se tiene el siguiente sistema de ecuaciones no lineales:

El precio del intermediario debe ser igual a la sumatoria de los costos operacionales del eslabón del productor y del eslabón intermediario:

$$w_2^{rs} = c_2 + c_3 \text{ ec. 6.69}$$

El Precio de venta del productor será igual a sus costos operacionales.

$$w_3^{rs} - c_3 = 0 \text{ ec. 6.70}$$

La utilidad en cada uno de los eslabones (Detallista:1; Intermediario:2 y Produtor:3), debe ser igual a la utilidad que obtiene cada uno en el escenario descentralizado no coordinado, más un tercio del diferencial de la utilidad total de la CA del escenario centralizado frente al descentralizado. Lo anterior como incentivo para que cada agente participe en el contrato de ingresos compartidos.

$$\prod_1^{rs} = \prod_1^d + \frac{\Pi_1^c - \Pi_1^d}{3} \text{ ec. 6.71}$$

$$\prod_2^{rs} = \prod_2^d + \frac{\Pi_2^c - \Pi_2^d}{3} \text{ ec. 6.72}$$

$$\prod_3^{rs} = \prod_3^d + \frac{\Pi_3^c - \Pi_3^d}{3} \text{ ec. 6.73}$$

Como resultado de la resolución del sistema de ecuaciones para las variables Φ_1 y Φ_2 se obtiene lo siguiente:

$$\Phi_1 = \frac{\frac{\Pi_2^c - \Pi_2^d}{3} + \Pi_2^d}{pQ_{rs} + s[Q_{rs}F(Q_{rs}) - G(Q_{rs})] + p[G(Q_{rs}) - Q_{rs}F(Q_{rs})]} \text{ ec. 6.74}$$

$$\Phi_2 = \frac{\frac{\Pi_3^c - \Pi_3^d}{3} + \Pi_3^d}{pQ_{rs} + s[Q_{rs}F(Q_{rs}) - G(Q_{rs})] + p[G(Q_{rs}) - Q_{rs}F(Q_{rs})]} \text{ ec. 6.75}$$

$$\Phi_3 = 1 - (\Phi_1 + \Phi_2) \text{ ec. 6.76}$$

De esta manera se cumple que el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido, logre coordinar una CA de tres eslabones descentralizada, no coordinada, alcanzando el desempeño de la CA centralizada que se toma como optimo y garantizando un incentivo traducido en ingresos adicionales a cada uno de los eslabones de la CA, para garantizar su participación en el contrato.

7. VALIDACIÓN DEL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE INGRESOS EN UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO FRUTÍCOLA DE TRES ESLABONES DESCENTRALIZADA

ABSTRACT

Based on the characterization of a small-farmer fruit supply chain located in the center of Valle del Cauca in Colombia a study case is built. The results obtained once the spanning revenue sharing contract is applied in study case are shown. Variables and parameters for the system are defined, as well as some assumptions in the context of the studied chain. A sensitivity analysis in coordinated scenario through spanning revenue sharing contract is shown and some variables and parameters are analyzed in order to understand their impact on the coordinated supply chain profits.

RESUMEN

Este capítulo presenta los resultados obtenidos de la aplicación del contrato de ingresos de alcance extendido en un caso de estudio construido a partir de la caracterización de una cadena de abastecimiento frutícola de pequeños productores ubicada en el centro del Valle del Cauca en Colombia. Se presentan las características generales de la cadena objeto de estudio, se definen los parámetros variables del sistema, además de algunos supuestos y se aplica el modelo de contrato en el contexto de la cadena estudiada. Los resultados son presentados, así como un análisis de sensibilidad del contrato para determinar el comportamiento de algunas variables y parámetros y su nivel de incidencia en los resultados de la coordinación de la cadena.

7.1. INTRODUCCIÓN

La validación del modelo de contrato de ingresos compartidos de alcance extendido, permite identificar su comportamiento en un escenario real o que represente la realidad. Los modelos representan el comportamiento de un sistema y no obedecen estrictamente a la realidad exacta, ofrecen una representación cercana que permite ser revisada en términos de su funcionalidad y ajuste a la realidad de acuerdo con los datos disponibles.

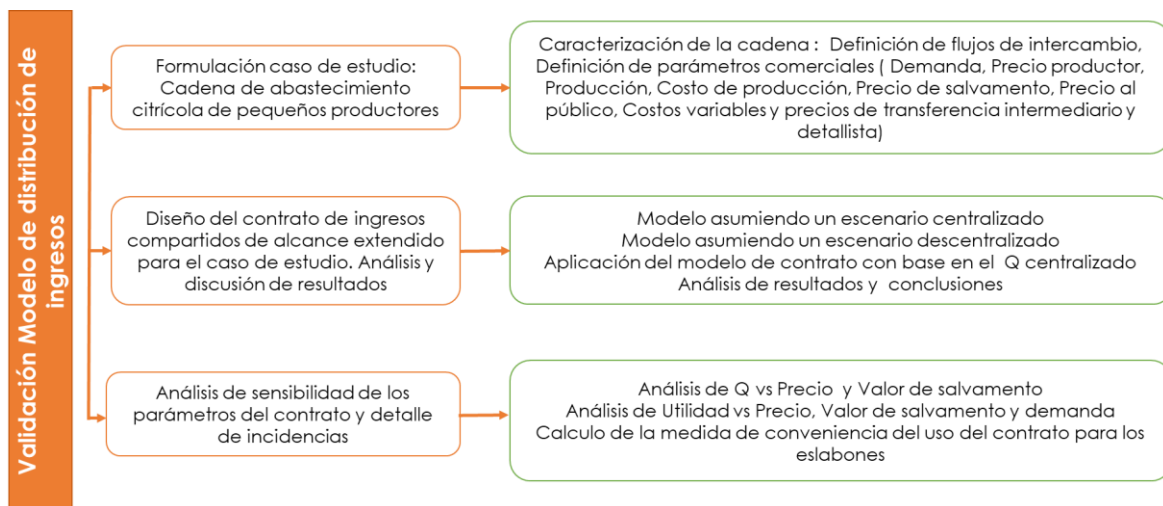


Figura 7.1. Validación del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido propuesto
Fuente: Elaboración propia

Este capítulo presenta la validación funcional del modelo propuesto (véase fig.7.1) a través de su aplicación en un caso de estudio. Previamente, se presenta el desarrollo teórico que permite validar desde la literatura, aspectos relevantes para el desempeño del contrato como los precios y las condiciones generales para la coordinación de la cadena. Posteriormente el caso de estudio se construye con base en la información de caracterización de una CA de pequeños productores de cítricos, sobre la cual se levantó información requerida para inicializar el modelo. Se identifican los datos de entrada y medidas de desempeño, y finalmente se aplica el modelo de contrato propuesto para analizar resultados. Varias aproximaciones respecto al desempeño en la CA son realizadas, estudiando los tamaños de orden en los escenarios centralizado y descentralizado, las variaciones de precios y valores de salvamento y, por último, realizando comparaciones gráficas que faciliten la interpretación de resultados. Finalmente se logra concluir sobre la importancia del precio en los resultados de las utilidades y se logra mostrar que la CA es coordinada con el uso del contrato de ingresos compartidos de alcance extendió.

7.2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El contrato de ingresos compartidos de alcance extendido, es un mecanismo de coordinación que permite generar condiciones para garantizar la mejor distribución de los ingresos en una CA. En el contexto de la validación es necesario precisar desde los

referentes teóricos dos aspectos claves considerados en el contrato propuesto: el primero es la capacidad que tiene el contrato $(w_2^s, \dots, w_n^s; \Phi_2^s, \dots, \Phi_n^s)$ de coordinar la CA cuando el precio mayorista en el eslabón dos que transfiere al detallista (eslabón uno), $w_2^s = (1 - \Phi) \bar{c} - c_1$ que se representa como una participación de los costos totales de la cadena menos los costos del eslabón uno, logra coordinar la CA. El segundo elemento clave del contrato, tiene que ver con el escenario ganar-ganar que es una condición determinante en el éxito del uso del contrato, por lo que, bajo la condición anterior, es decir, que el precio de venta w_2^s entre eslabones coordina la CA, es necesario definir las condiciones que se requieren para garantizar este escenario. A continuación, se presenta el desarrollo que se muestra en (Van der Rhee et al., 2010) y (Van der Rhee et al., 2013), que clarifican estas condiciones.

7.2.1. Condiciones para la implementación del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido

De acuerdo con (Van der Rhee et al., 2010) el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido (denotado con el superíndice s) es gobernado por dos variables, el precio w_i^s y los porcentajes Φ_i^s de los ingresos del eslabón 1 que son compartidos con los eslabones i , donde $i: 2, \dots, n$ con $(0 \leq \Phi := \sum_{i=2}^n \Phi_i^s \leq 1)$. El contrato se denota por $(w_2^s, \dots, w_n^s; \Phi_2^s, \dots, \Phi_n^s)$ (véase fig. 7.2), donde es posible estimar diferentes combinaciones de precios y distribución de ingresos (w^s y Φ^s), que pueden operar dentro del contrato.

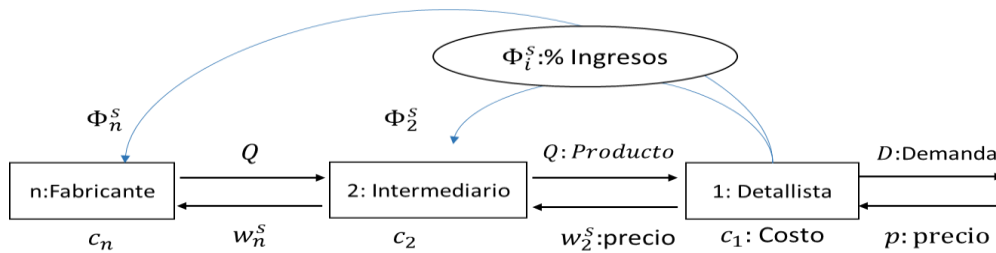


Figura 7.210. Contrato de distribución de ingresos de alcance extendido
Fuente: Adaptado de Van der Rhee et al., 2010

De acuerdo con las consideraciones de precios, dentro del contrato de ingresos de alcance extendido, las utilidades esperadas para el eslabón uno, están dadas por:

$$\prod_1^s = ((1 - \Phi)p - c_1 - w_2^s)Q - (1 - \Phi)pQ \cdot F_D(Q) + (1 - \Phi)p \cdot G_D(Q) \quad ec. 7.1$$

Considerando que $(0 \leq \Phi := \sum_{i=2}^n \Phi_i^s \leq 1)$ corresponde a la sumatoria del porcentaje de ingresos desde el eslabón dos hasta el último eslabón, en este caso por tratarse de una CA de tres eslabones, las utilidades esperadas se formulan como los ingresos resultantes de la multiplicación de la cantidad que fluye en la CA y el precio de venta al consumidor final, como una proporción $(1 - \Phi)$ que le corresponde de este ingreso (recordar que el resto se distribuye entre los otros eslabones), menos el costo propio del eslabón c_1 y menos el precio de compra w_2^s . Esto corresponde a las utilidades reales de ese eslabón con base a lo que le queda de la participación del ingreso por el precio de venta y restando todos los costos. A este rubro se le debe restar las ventas perdidas también como una participación del precio de venta al cliente final si se hubiese podido realizar la venta y se le suma la participación en el precio por la cantidad que se vendió a salvamento.

Para el resto de eslabones, las utilidades se expresan como:

$$\prod_i^s = (\Phi_i^s p + w_i^s - c_i - w_{i+1}^s)Q - \Phi_i^s pQ \cdot F_D(Q) + \Phi_i^s p \cdot G_D(Q) \quad ec. 7.2$$

para los eslabones $i = 2, \dots, n$

Esta formulación se interpreta de la misma forma que la anterior, solo que el porcentaje de distribución está asignado directamente a cada eslabón, de acuerdo a la participación que le corresponda. A partir de esta definición los autores referenciados formulan el siguiente teorema que lo expresan en (Van der Rhee et al., 2010), de la siguiente forma:

Teorema

En el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido denotado por $(w_2^s, \dots, w_n^s; \Phi_2^s, \dots, \Phi_n^s)$, donde se cumple la condición:

$$w_2^s = (1 - \Phi)\bar{c} - c_1 \quad ec. 7.3$$

Este precio coordina la cadena de abastecimiento.

El teorema plantea que la fijación de precio que se transfiere al siguiente eslabón debe estar en función a los costos a lo largo de la cadena. Recordar que $\tilde{c} = \sum_{i=1}^n c_i$, lo que significaría que la condición para la coordinación de la cadena bajo este contrato se logra si los precios de transferencia son iguales a los costos de cada eslabón. Para ser más claros, el precio de compra del eslabón uno, debe ser igual a una participación de los costos totales acumulado de los tres eslabones estudiados. La demostración presentada por los autores es la siguiente:

Demostración

La demostración presentada en (Van der Rhee et al., 2010) señala que en la CA bajo contrato el eslabón uno toma la decisión de pedir una cantidad Q para optimizar sus utilidades, de acuerdo con la ecuación presentada arriba. Este se puede interpretar como un problema del vendedor de periódicos con un costo unitario de sobre inventario igual a $c_1 + w_2^s$ y un costo unitario por faltante $(1 - \tilde{\Phi})p - c_1 - w_2^s$, donde la cantidad coordinada a ordenar se calcula como sigue:

$$Q^s = (F_D)^{-1}\left(\frac{(1-\tilde{\Phi})p - c_1 - w_2^s}{(1-\tilde{\Phi})p}\right) \quad ec. 7.4$$

Considerando la condición expresada en 7.4 y que el escenario centralizado es el óptimo, se define que $Q^s = Q^c$, donde el superíndice c representa el escenario centralizado y Q la cantidad de la orden, entonces se calcula la utilidad del eslabón uno bajo el contrato con base en 7.1, obteniendo como resultado:

$$\prod_1^s = (1 - \tilde{\Phi})p \cdot G_D(Q^s) = (1 - \tilde{\Phi}) \prod_{sc}^c. \quad ec. 7.5$$

Adicionalmente considerando la condición 7.3, las utilidades para los eslabones $i = 2, \dots, n$ están dadas por :

$$\prod_i^s = (\Phi_i^s \bar{c} + w_i^s - c_1 - w_{i+1}^s) Q^s + \Phi_i^s \cdot \prod_{sc}^c. \quad ec. 7.6$$

Manteniendo la condición 7.3 de nuevo, la utilidad total de la cadena de abastecimiento está dada por:

$$\prod_{sc}^s := \sum_{i=1}^n \prod_i^s = \prod_{sc}^c. \quad ec. 7.7$$

Con lo cual se alcanza la máxima utilidad en la cadena de abastecimiento, que corresponde a las utilidades de la cadena centralizada.

Por otra parte, los autores informan que la condición 7.3 expresada como sigue :

$$w_2^s = (1 - \Phi) \bar{c} - c_1 \quad ec. 7.8$$

Puede hacer que el precio w_2^s sea muy bajo e incluso por debajo del costo (un precio negativo), por lo que los autores muestran con el análisis de dos casos que la participación Φ_2^s en los ingresos que ofrece el eslabón uno, compensa más que suficiente este fenómeno, ofreciendo incluso más beneficios al participar en el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido que al estar descentralizado. Es importante precisar que para alcanzar la optimización de la CA con el contrato, solo se debe definir como relacionar el precio w_2^s con la participación en el ingreso Φ_i^s ($i = 2, \dots, n$) y no se requieren condiciones especiales para establecer los precios $w_3^s, \dots, w_n^s$ y la asignación de los parámetros del contrato $w_2^s, \Phi_3^s, \dots, \Phi_n^s$ ofrece amplitud considerable, lo que permite plantear por parte de los autores los escenarios ganar – ganar requeridos para motivar la participación en este tipo de contratos por parte de los eslabones.

7.2.2. Soluciones ganar – ganar

El incentivo para que los eslabones tomen la decisión de vincularse a un contrato de ingresos compartidos de alcance extendido, debe ser que sus ingresos sean mayores a los recibidos en el escenario descentralizado. (Van der Rhee et al., 2010) y (Van der Rhee et al., 2013), presentan dos casos especiales para ofrecer esta garantía. El primer caso

hace referencia a que cada eslabón recibe el mismo incremento absoluto de los ingresos y un segundo caso cuando este incremento es relativo. A continuación, se detalla el desarrollo:

Considerando a $\prod_i^d$, $i = 1, \dots, n$ como la utilidad del eslabón i bajo el escenario descentralizado, resultado de los precios $w_2^d, \dots, w_n^d$ usados y además bajo el supuesto de que $w_2^s = (1 - \tilde{\Phi})\bar{c} - c_1$ se cumple, es decir, que este precio coordina la CA con el uso del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido, se puede decir lo siguiente:

1. Que las utilidades del eslabón uno (1) deben ser mayores que las del escenario descentralizado:

$$\prod_1^s = (1 - \tilde{\Phi}) \prod_{sc}^c > \prod_1^d; \quad ec. 7.9$$

2. Que las utilidades del eslabón dos (2), donde el precio se calcula como en (c) $w_2^s = (1 - \tilde{\Phi})\bar{c} - c_1$, las utilidades deben ser mayores que las del escenario descentralizado:

$$\prod_2^s = ((\Phi_2^s + 1 - \tilde{\Phi})\bar{c} - c_1 - c_2 - w_3^s)Q^c + \Phi_2^s \prod_{sc}^c > \prod_2^d; \quad ec. 7.10$$

3. Que las utilidades del eslabón $i = 3, \dots, n$, está dado por:

$$\prod_i^s = (\Phi_i^s \bar{c} + w_i^s - c_i - w_{i+1}^s)Q^c + \Phi_i^s \prod_{sc}^c > \prod_i^d. \quad ec. 7.11$$

Definiendo Z como el conjunto de todas los posibles contratos de ingresos compartidos de alcance extendido $(w_2^s, \dots, w_n^s; \Phi_2^s, \dots, \Phi_n^s)$, que satisfacen las condiciones establecidas en (h, i, j) , se puede afirmar que se logra coordinar la cadena y además que se alcanza un escenario ganar – ganar. Adicionalmente los autores afirman que es necesario demostrar la suficiencia de las condiciones (h, i, j) , para lo cual se debe confirmar que el conjunto de toda los posibles contratos de ingresos compartidos de alcance extendido no

es vacío, esto es $Z \neq 0$. Se presentan a continuación dos casos para soportar esta discusión.

7.2.3. Caso especial 1

Considérese el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido $(w_2^s, \dots, w_n^s; \Phi_2^s, \dots, \Phi_n^s)$, y asúmase que la condición $w_2^s = (1 - \Phi)\bar{c} - c_1$ se cumple y la CA está coordinada. Adicionalmente, se asumen las siguientes consideraciones para $i = 3, \dots, n$:

$$w_i^s = \sum_{j=1}^n (c_j - \Phi_j^s \bar{c}) \quad ec.7.12$$

1. Si para $i = 2, \dots, n$

$$\Phi_i^s = \frac{\prod_i^d + \Delta/n}{\prod_{sc}^c} \quad ec.7.13$$

Las utilidades bajo el contrato están dadas por:

$$\prod_i^s = \prod_i^d + \frac{\Delta}{n}, \quad i = 1, \dots, n \quad ec.7.14$$

Donde todos los eslabones consiguen la misma cantidad adicional positiva de utilidades comparadas con el escenario descentralizado, debido a que el diferencial de las utilidades se divide entre el número de eslabones, lo que asegura que todos recibirán la misma cantidad absoluta de utilidad adicional.

2. Si para $i = 2, \dots, n$ se obtiene que

$$\Theta_i = \frac{\prod_i^d}{\prod_{sc}^d}, \quad ec.7.15$$

Bajo el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido, las utilidades están dadas por:

$$\prod_i^s = \left(1 + \frac{\Delta}{\prod_{sc}^d}\right) \prod_i^d, \text{ para } i = 1, \dots, n \quad \text{ec. 7.16}$$

Todos los eslabones obtienen el mismo porcentaje positivo de beneficio adicional en comparación con el escenario descentralizado. En este caso, este beneficio, se expresa como una proporción de la utilidad de la CA descentralizada, lo que significa que se asegura que cada eslabón reciba una cantidad relativa igual por cada uno de los eslabones. A partir de las ecuaciones (7.5) y (7.6) y cumpliendo la condición expresada en (k) los autores deducen que las utilidades en el eslabón dos (2) están dadas por:

$$\prod_i^s = \Phi_i^s \prod_{sc}^c. \quad \text{ec. 7.17}$$

Aunque el supuesto (k) sobre los precios al por mayor conduce a la expresión (7.17), los valores resultantes de los precios en (7.12) podrían no considerarse pertinentes desde el punto de vista práctico, debido a que el eslabón podría incluso vender a pérdida, pues depende de los valores de $c_1, \dots, c_n$, los precios pueden ser $w_i^s < w_j^s$ para $i < j$ (lo que indica un margen negativo, pues el eslabón siguiente i tendría un precio menor que el eslabón anterior j , entendiendo que el eslabón i es el más aguas abajo en la cadena) a pesar de que reciban mayores ingresos una vez los porcentajes de participación más la utilidad adicional sean entregados a cada eslabón. Esto definitivamente traería complicaciones en la implementación del contrato entre los socios de la cadena. En el siguiente caso los autores referenciados presentan un caso en el cual se logra fijaciones de precio más ajustados a la realidad práctica.

7.2.4. Caso especial 2

Considérese el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido $(w_2^s, \dots, w_n^s; \Phi_2^s, \dots, \Phi_n^s)$, y asúmase que la condición $w_2^s = (1 - \Phi)\bar{c} - c_1$ se cumple y la CA está coordinada. Adicionalmente, se asumen las siguientes consideraciones para $i = 3, \dots, n$:

$$w_i^s = \sum_{j=i}^n c_j \quad ec.7.18$$

1. Si para $i = 2$

$$\Phi_2^s = \frac{\tilde{c}Q^c((n-1)\Delta/n + \Pi_{sc}^d - \Pi_1^d) + \Pi_{sc}^c(\Delta/n + \Pi_2^d)}{(\tilde{c}Q^c + \Pi_{sc}^c)\Pi_{sc}^c} \quad ec.7.19$$

Y para $i = 3, \dots, n$

$$\Phi_i^s = \frac{\Pi_i^d + \Delta/n}{\tilde{c}Q^c + \Pi_{sc}^c}, \quad ec.7.20$$

De tal forman que las utilidades obtenidas bajo el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido son:

$$\prod_i^s = \prod_i^d + \frac{\Delta}{n} \quad para \quad i = 1, \dots, n \quad ec.7.21$$

De esta manera todas las entidades obtienen el mismo beneficio adicional positivo en comparación con el escenario descentralizado.

2. Si $i = 2$

$$\Phi_2^s = \frac{\tilde{c}Q^c(\Pi_{sc}^d - \Pi_1^d) + \Pi_2^d \Pi_{sc}^c}{(\tilde{c}Q^c + \Pi_{sc}^c)\Pi_{sc}^d} \quad ec.7.22$$

Y para $i = 3, \dots, n$

$$\Phi_i^s = \left(\frac{\Pi_i^d}{\Pi_{sc}^d} \right) \cdot \left(\frac{\Pi_{sc}^c}{\tilde{c}Q^c + \Pi_{sc}^c} \right) \quad ec.7.23$$

Las utilidades de la CA bajo el contrato están dadas por

$$\prod_i^s = \left(1 + \frac{\Delta}{\Pi_{sc}^d} \right) \prod_i^d, \quad para \quad i = 1, \dots, n \quad ec.7.24$$

Todas las entidades reciben un porcentaje positivo adicional de utilidad comparado con el escenario descentralizado. Para este caso el supuesto (7.18) asume que los precios son iguales al precio de costo de cada eslabón. Esto elimina el riesgo de que se puedan fijar precios con margen negativo y permite que el eslabón uno (1) obtenga las mayores utilidades posibles en la cadena. El resultado de ganar-ganar se logra redistribuyendo la ganancia como se menciona en (7.21).

7.2.5. Sobre la caracterización de cadenas de abastecimiento

En la literatura existen algunos trabajos que involucran la caracterización de cadenas agrícolas donde vale la pena mencionar a Ballesteros (2017), quien caracterizó una cadena de abastecimiento de plátano donde a través de encuestas y entrevistas se evaluaron tres grandes procesos logísticos: abastecimiento, almacenamiento y distribución. Por otra parte Guarín(2013), caracterizan una cadena de abastecimiento de frutas y verduras que incluyen a productores, intermediarios, mayoristas, minoristas y consumidores, bajo un enfoque de cadena de valor, a partir de fuentes de información secundaria complementadas con entrevistas a profundidad y entrevistas semiestructuradas. Orjuela (2008), quien plantea una metodología de caracterización de una CA de pequeños productores agrícola que involucra diagramas causales, diagramas de flujo y toma como referencia diferentes métodos que incluye el de integración productiva y Logística (BID/INTAL 2009); el modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference) (Stewart 1997) entre otros. En Orjuela, Arturo, Díaz y Bernal (2017) y en Orjuela, Arturo, Morales y Mejía (2017), utilizaron la dinámica de sistemas para estudiar el comportamiento de una cadena de abastecimiento del mango, para evaluar su gestión. En el desarrollo de este trabajo se propone una caracterización de tipo descriptiva con propósito de cuantificación de información empírica, que consulta fuentes primarias. Para hacerlo se plantean encuestas para diligenciar con el apoyo de entrevistas estructuradas a diferentes actores de la cadena de abastecimiento de pequeños productores frutícolas.

7.3. MATERIALES Y MÉTODOS

Una vez definidos los aspectos teóricos que permiten entender cómo opera el contrato para garantizar el escenario ganar – ganar, así como lograr la claridad sobre la estrategia

planteada en la literatura para motivar a los miembros de la cadena a que se vinculen al contrato garantizando ingresos adicionales para cada eslabón, se trabaja a continuación la validación del contrato propuesto desde tres lineamientos:

1. La formulación de un caso de estudio con base en la caracterización de una CA citrícola de pequeños productores. Se describe la cadena y se reportan los datos disponibles obtenidos de manera directa o de fuentes secundarias. El resultado de la caracterización se presenta con base en la consulta realizada a 99 pequeños productores agrícolas del centro del Valle del Cauca en Colombia.

2. Con los datos disponibles se diseña el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido, se obtienen resultados y se discuten los mismos, en torno a la coordinación lograda en la CA a partir de la corrida de los datos. Los datos son manejados con el uso de la aplicación R y la interfaz R-Studio, que permite presentar resultados y gráficas de soporte para el análisis.

3. Se presenta un análisis de sensibilidad de los parámetros del contrato, para detallar las incidencias que puede traer en el desempeño del contrato, la variación de algunos de ellos. Se hace uso del software Wolfram Mathematica (Wolfram Research, Inc., Mathematica, Version 12.0, Champaign, IL, 2019), que permite a través de su interfaz gráfica apoyar el análisis de los resultados.

La validación con el caso de estudio permite presentar a continuación los resultados obtenidos y su discusión.

7.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El Registro Único de Usuarios de la Asistencia Técnica Directa Rural – RUAT, en Colombia es un instrumento en el cual se registran los pequeños y medianos productores que estén interesados en acceder al servicio de asistencia técnica directa rural de conformidad considerado en la Ley 607 del 2000. (Espinosa, David, González y Molina, 2016).

La información utilizada para la caracterización fue proporcionada por la Secretaria de Desarrollo Económico de la Alcaldía Municipal de Andalucía, que tenía disponible en el Registro Único de Usuarios de la Asistencia Técnica Directa Rural – RUAT, el cual reporta un total de 588 pequeños y medianos productores agrícolas ubicados en ocho (8) corregimientos en la zona plana del Municipio de Andalucía, correspondientes a: El salto, Campo alegre, Tamboral, Zanjón de Piedras, El oriente, Monte Hermoso, Madre vieja, Zabaletas. Del total de productores inscritos los que se dedican a la producción de cítricos que incluyen el limón de manera exclusiva o con otros productos como naranjas y mandarinas suman un total de 283 productores, ubicados geográficamente como se presenta a continuación (Ver tabla 7.1):

Tabla 7.1. Población de pequeños productores de limón registrados en el RUAT

El Salto		Zanjón de Piedras		Monte Hermoso	
Producto	# de Cultivadores	Productos	# de cultivadores	Productos	# de cultivadores
Limón	70	Limón	43	Limón-Mandarina-Arrayana	1
Limón-Mandarina	4	Limón-Aguacate-Plátano	1	Limón-Mandarina-Arrayana-Pasto	1
Total general	74	Limón-Arrayana	1	Limón-Mandarina-Naranja	4
Campoalegre		Limón-Arrayana-Plátano		Total general	6
Producto	# de cultivadores	Limón-Maíz	1	Madre Vieja	
Limón	3	Limón-Mandarina	3	Producto	# de cultivadores
Limón-Aguacate-Plátano	1	Limón-Mandarina-Arrayana	7	Limón-Aguacate-Plátano	1
Limón-Arrayana-Zapote-Plátano	1	Limón-Mandarina-Arrayana-Maracuyá	1	Limón-Mandarina	1
Limón-Mandarina	4	Limón-Mandarina-Arrayana-Naranja	1	Limón-Mandarina-Arrayana	4
Limón-Mandarina-Arrayana	1	Limón-Mandarina-Arrayana-Naranja-Zapote	1	Limón-Mandarina-Arrayana-Plátano	7
Limón-Mandarina-Arrayana-Naranja	4	Limón-Mandarina-Naranja	22	Limón-Mandarina-Naranja	1
Limón-Mandarina-Arrayana-Plátano	1	Limón-Mandarina-Plátano	2	Limón-Mandarina-Plátano	1
Limón-Mandarina-Naranja	11	Limón-Maracuyá	4	Total general	15
Limón-Pastos	1	Limón-Maracuyá-Plátano	1	Zabaletas	
Limón-Plátano	2	Limón-Maracuyá-Plátano	1	Productos	# de cultivadores
Total general	29	Limón-Plátano	2	Limón-Mandarina-Arrayana	2
Tamboral		Total general	93	Limón-Mandarina-Naranja	22
Etiquetas de fila	Cuenta de Nombre	El Oriente		Total general	24
Limón	1	Productos	# de cultivadores	Total general	283
Limón-Mandarina	1	Limón-Aguacate-Mandarina	1		
Limón-Mandarina-Arrayana	1	Limón-Arrayana	3		
Limón-Mandarina-Arrayana-Naranja-Plí	1	Limón-Mandarina-Arrayana	4		
Limón-Mandarina-Arrayana-Plátano	2	Limón-Mandarina-Naranja	24		
Limón-Mandarina-Naranja	4	Total general	32		
Total general	10				

Fuente: El autor con base en el RUAT del Municipio de Andalucía

Una vez realizado el censo se procedió al levantamiento de información sobre la base de consultar al 100% de la población. Se organizó un grupo de 22 encuestadores, y con el apoyo de la Secretaria de Economía y Desarrollo Rural del Municipio se hicieron las visitas programadas a los predios, sin embargo, de la población total solo se logró encuestar a 99 productores del total que corresponde a al 34,98 % de la población total, debido a que en las dos visitas programadas no se encontraban en el predio o no estaban disponibles. Los predios están ubicados en la zona rural plana de Andalucía, entre los municipios de Tuluá y Bugalagrande (Ver figura No.7.3).

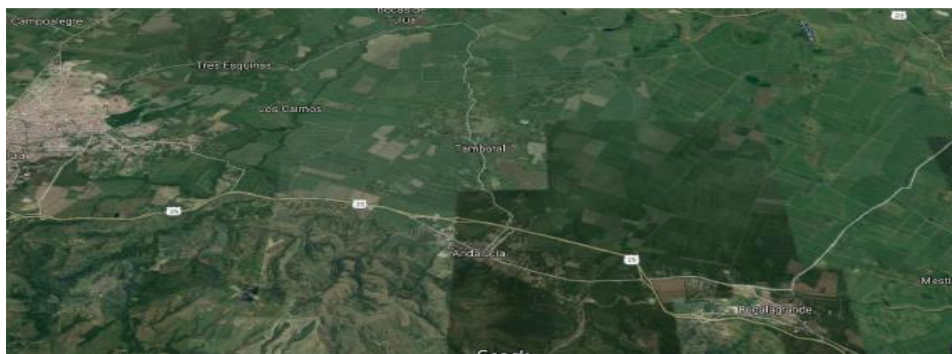


Figura 7.3. Mapa de ubicación de los precios de los pequeños productores.
Fuente: autor usando la aplicación Google Maps.

La entrevista se realizó con base en una encuesta que consta de 67 preguntas que indagaron sobre los siguientes aspectos:

1. Aspectos estratégicos: Se indago sobre las decisiones de localización de cultivos, en términos de ubicación, tipo de fruta a cultivar y temporada de siembra. Adicionalmente sobre presupuestos de insumos y recursos, planes de manejo ambiental.

2. Aspectos tácticos: Se indaga sobre aspectos relacionados con preparación para la siembra, programación de cosecha, modelos de negociación, control de la trazabilidad del producto, planeación de transporte y ventas.

3. Aspectos operativos: Se indaga sobre procesos de cosecha, contratación de personal, fijación de precio, política de inventarios, entre los aspectos más importantes.

A continuación, los datos más relevantes relacionados con la CA seleccionada como objeto de estudio:

a. La decisión sobre que sembrar está influenciada mayormente por los factores clima (37,20%), demanda (32,77%) y facilidad de uso y manejo del producto y la planta (30,03%).

b. En cuanto a la infraestructura de riego la mayor parte de los agricultores usan el riego con manguera (51,6%), seguido de riego por goteo (17,7%), riego por aspersión (12,9%), zanja de riego (9,7%) y riego subterráneo (8,1%). Otros sistemas implementados son

riego por gravedad y riego con surtidor. Solo 67 del total de productores entrevistados informaron tener algún sistema de riesgo.

c. Los mayores costos de operación en esta cadena frutícola son generados por la mano de obra (37,98%), en tanto el inductor que genera los costos más bajos es el transporte (2,67%).

d. De los 99 productores encuestados el 86% (85 productores) informan no llevar control de insumos para sus cultivos; el 12% realiza algún control de los insumos para las actividades de siembra y cosecha.

e. La venta de producto semanal varía entre los 3 kg y los 750 kg de acuerdo al fruto obtenido, con un promedio de venta de 377 kg/semana.

f. El precio de venta depende de la temporada, con un valor promedio de \$1.523. El promedio de vida útil del producto es de 26 días.

g. En cuanto al almacenamiento de los productos, 52 productores informan almacenar el producto no más de un día, 3 productores almacenan por 2 días.

h. El 70,71% de los agricultores no conoce sus costos de producción. El valor de salvamento se estima en un valor promedio de 228 \$/kg.

i. El 98,99% de los agricultores consultados indican que venden sus productos en zonas aledañas como Tuluá, Cali, Zarzal, Andalucía, Buenaventura y El Cerrito. Informan que el 91,59% de los productos es vendido a los intermediarios, 3,25% a un almacén detallista y el 5,16% se entrega al consumidor final.

j. El 30,30% de los productores de la zona no almacenan, el 69,70% de los productores restantes almacena en canastillas.

k. El 22,22% de los productores se encargan del transporte de los productos hasta su cliente; de estos, el 54,55% utilizan vehículo propio, el 40,91% utiliza un medio de transporte contratado y el 4,55% utiliza el transporte público.

l. Los medios de información más utilizados por los agricultores para conocer datos de demanda, clientes y precios son en orden de utilización: otros productores (65,35%), datos históricos (15,84), reportes del sector (11,88%) y prensa (6,93%).

m. En el 80% de los casos el precio de venta es definido por el comprador, en 10,48% depende de la competencia, pero define el comprador, en el 4,76% de los casos el precio de venta es definido por el agricultor y en el 4,76% restante define el agricultor basado en la competencia.

n. En el 70,83% de los casos el productor determina la cantidad de demanda conforme a su experiencia, 19,44% conforme a la demanda del mes anterior y el 9,72% de los agricultores utiliza un sistema de pronóstico

o. El 86,32% de los agricultores considera que sus utilidades serían más altas en caso tal de lograr vender sus productos a almacenes o al consumidor final.

p. El 98,99% de los agricultores desconoce las guías de trazabilidad y no la implementan. Solo el 1,01% lo que equivale a un solo agricultor de la zona conoce y aplica la guía de trazabilidad.

q. De los agricultores participantes del estudio ninguno indica conocer las normas ISO 9000:2015, ISO 22000:2005, FSSC: 2010. El 6,06% de los agricultores indica conocer a cerca de las buenas prácticas agrícolas (BPA).

r. El 8,08% de los agricultores indica aplicar 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.

En general el resultado de la consulta indica que en la cadena existen debilidades en torno al conocimiento de costos, esquemas de planeación a largo y mediano plazo, lo que significa grandes vacíos en la planificación de la cadena. La fijación de precio es dominada por el intermediario. El conocimiento del comportamiento de los precios del mercado es limitado. No se tienen políticas de inventario claras y los sistemas de

trazabilidad son inexistentes. Por otra parte, las normas de calidad no son conocidas, así como las BPA (Buenas prácticas agrícolas). Los productos son vendidos mayormente en sitio, y los intermediarios recogen el producto en los predios. Es preciso anotar que el acceso a información sobre costos marginales en el intermediario y en el detallista, fue muy limitada.

7.4.1. Caso de estudio para una cadena de abastecimiento de pequeños productores de cítricos

Dadas las características expuestas previamente, se formula a continuación un caso de estudio con base en la información disponible de los pequeños productores cítricos del norte del valle del cauca, con el objeto de validar el modelo de integración propuesto en este documento. La CA cítrica de pequeños productores, se caracteriza por comercializar productos sin transformación vendidos mayormente a un intermediario, que a su vez vende a un detallista. Es una CA para objeto de este análisis conformada por tres eslabones: Pequeños productores-Intermediarios- Detallistas. En esta CA se presentan los flujos de información, producto y financiero, con se describen a continuación (véase fig. 7.4):

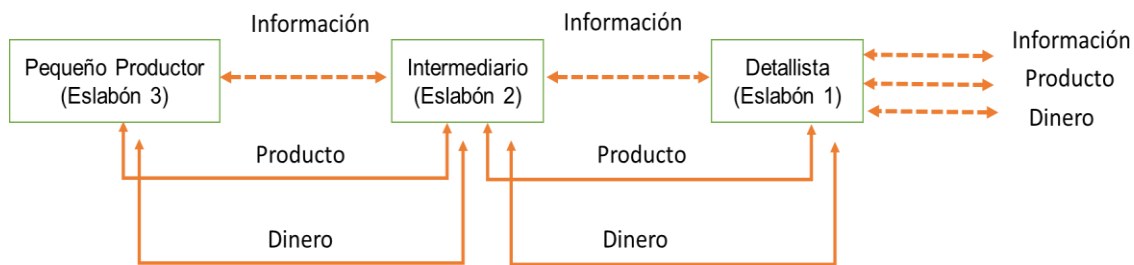


Figura 7.4. Representación de los flujos en la cadena de cítricos
Fuente: Elaboración propia

Flujos de intercambio del Detallista (Eslabón 1) con el mercado: El detallista tiene el contacto directo con el mercado. Este eslabón recibe la información de las expectativas del cliente, traducidas en tipo de empaque, demandas y precios competitivos del mercado. Regularmente sus ventas son de contado y el recaudo es corriente. Las demandas de los productos son en cantidades menores y se venden en el punto de venta. Sus clientes son consumidores finales.

Flujos de intercambio entre el Intermediario (Eslabón 2) y el Detallista (Eslabón 1):

En este intercambio se define una relación dominada por el Detallista quien, de acuerdo a los requerimientos de sus clientes, transfiere al intermediario la información con respecto a cantidades requeridas, tiempos de entrega, empaque, precios y plazos de pago. El intermediario acepta condiciones, acopia el producto, consolida, empaca, y entrega el producto al detallista. Los plazos de pago son regularmente entre 60 a 90 días fecha de entrega. Existen convenios de devolución por deterioro del producto para su disposición final. De la misma forma el intermediario, pierde oportunidades de venta por falta de producto y vende con descuento o a precio de salvamento si tiene producto sobrante sobre la cantidad demandada.

Flujos de intercambio entre el Productor (Eslabón 3) y el Intermediario (Eslabón 2):

La relación entre estos dos eslabones se caracteriza por el rol dominante del intermediario, quien dispone de la información de demanda y precios del mercado. Transfiere al productor la información sobre sus requerimientos en términos de cantidad, plazo de entrega y define el precio de compra. Recoge la cantidad comprometida por parte del productor directamente en la parcela y la lleva a su centro de acopio, para realizar las operaciones de empaque y alistamiento. El Intermediario, paga al productor contra entrega y en máximo una semana. El productor puede no disponer de toda la cantidad demanda por el intermediario, lo que implica pérdida de ventas. Cuando tiene producto excedente está dispuesto a vender a menor precio o de salvamento. No maneja devoluciones. Para efectos del caso de estudio los eslabones consolidan a los pequeños productores en el eslabón tres, a los intermediarios en el eslabón dos y a los detallistas en el eslabón uno. Lo anterior significa que se consideran como centros consolidados conformados por cada una de las entidades participantes de cada rol y se trabaja con valores promedio de precios, costos, producción y demanda. La secuencia de toma de decisiones en la cadena, la dominancia mayor la tiene el detallista, seguido del intermediario y por ultimo del productor. Las decisiones son descentralizadas, donde cada eslabone busca optimizar su propio beneficio, sin considerar los demás eslabones. (véase fig. 7.5)

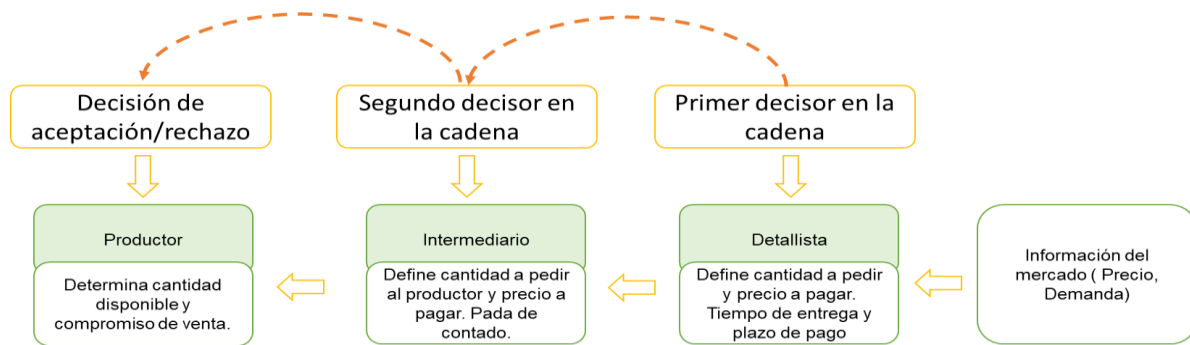


Figura 7.5. Secuencia de toma de decisiones en la cadena citrícola
Fuente: Elaboración propia

Se dice entonces que la mayor dominancia en la toma de decisiones se ubica en el eslabón más aguas abajo en la cadena, cada uno de los cuales asume su rol de manera independiente y planteando las condiciones que individualmente juzgan las más convenientes para el logro de sus objetivos de optimización.

Definición de parámetros comerciales

Para definir los datos de comportamiento de la demanda y los precios, se hace uso de la información recolectada en las entrevistas a los pequeños productores. Los datos recolectados y su ajuste se presentan a continuación:

1. **Demanda en kilogramos:** Los pequeños productores de cítricos reportan información sobre la demanda semanal de limón en kilogramos, donde se pueden observar algunos datos atípicos que dificultan el análisis. (véase fig. 7.6)

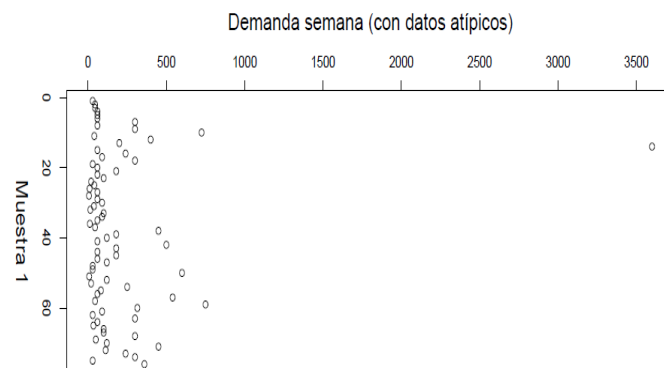


Figura 7.6. Diagrama de dispersión de la demandad con datos atípicos
Fuente: El autor con información de demanda reportada por productores

Para la eliminación de atípicos, para cada uno de los parámetros de esta sección, se implementa el siguiente procedimiento con el apoyo del lenguaje de programación R: Se definen el primer y tercer Cuartil con el universo de datos disponibles, se estima el rango intercuartílico (IQR) como estadístico para estimar la dispersión de los datos, en un rango igual a la diferencia entre el cuartil tres (75% de los datos) y el cuartil uno (25% de los datos). Se asume por el analista valores extremos (mínimos y máximos) iguales a una variación del 1,5 del IQR, lo que significa que se aceptan datos por debajo y por encima en esa cantidad del cuartil uno y tres respectivamente. Una vez implementado el procedimiento, los siguientes diagramas de caja, muestran el resultado del procedimiento de eliminación de datos atípicos. (Ver figura 7.7).

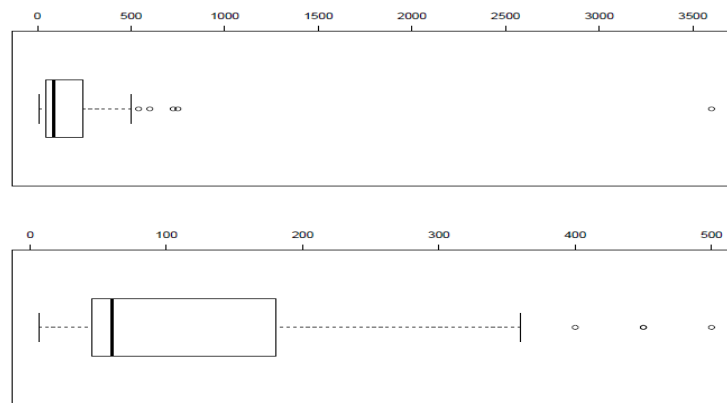


Figura 7.7. Diagrama de cajas para eliminación de datos atípicos

Fuente: Elaboración propia con información de demanda reportada por productores

Una vez realizado este procedimiento se obtiene el siguiente gráfico de dispersión para los datos de demanda semanal (Ver figura 7.8)

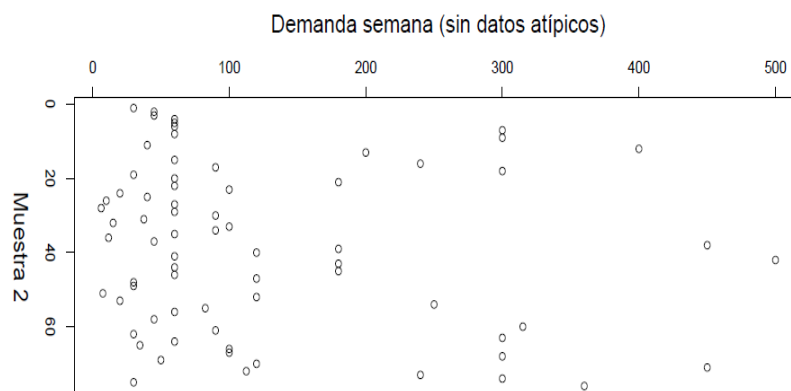


Figura 7.8. Diagrama de dispersión de la demanda sin datos atípicos

Fuente: Elaboración propia con información de demanda reportada por productores

La dispersión de los datos mejora sustancialmente con el procedimiento de eliminación de datos atípicos realizado. Con el apoyo del software RStudio, se calcula la demanda media por productor que arroja una cantidad de 125,4286 kilogramos semanales, que se aproxima a 125,43 kilos por semana.

2. Precios del productor: Realizando el mismo procedimiento explicado arriba para la eliminación de datos atípicos, se obtienen las siguientes graficas de dispersión. (Ver figura 7.9)

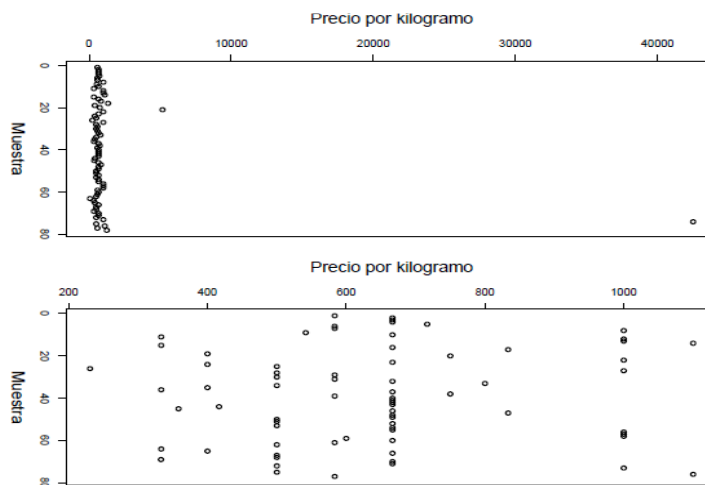


Figura 7.9.Diagramas de dispersión del precio por kilo en el mercado con datos y sin datos atípicos
Fuente: Elaboración propia con base en datos de precios reportados por productores

Como se observa el ultimo diagrama de dispersión que representa el comportamiento de los datos sin los atípicos, presenta una mejor distribución. El precio promedio del mercado por kilo obtenido con la ayuda de la interfaz RStudio del lenguaje de programación R es de \$ 638,7731 por kilo. Por otra parte, el precio de transferencia del productor al intermediario esta menos disperso y en promedio es de \$583,30 por kilo. (Ver Figura 7.10)

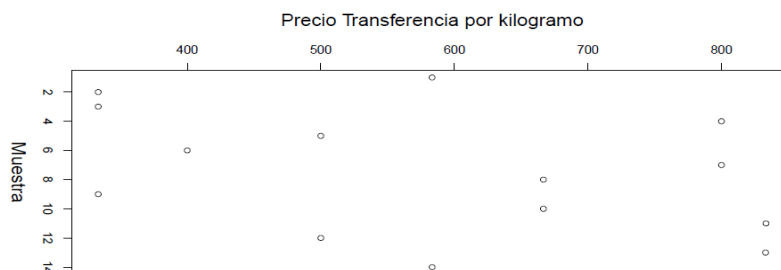


Figura 7.10. Precio de transferencia por kilo Productor-Intermediario

Fuente: Elaboración propia con base en datos de precios de transferencia reportados por productores

3. Producción en kilos por mes por productor: El dato de producción reportado por los pequeños productores es muy variable, como se puede ver a continuación, a pesar de que las áreas cultivadas con son de tamaño similar. (véase fig. 7.11)

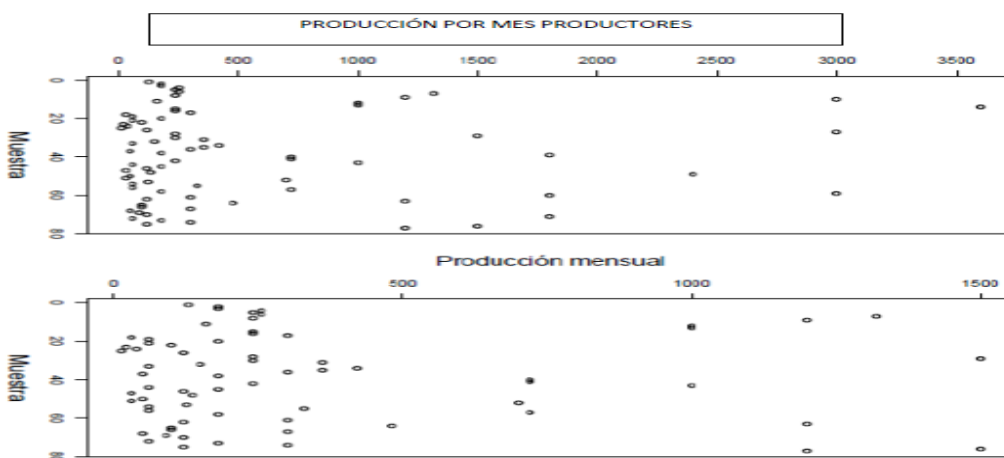


Figura 7.11. Diagramas de dispersión de producción con datos y sin datos atípicos
Fuente: Elaboración propia con base en datos reportados por productores

Se obtiene una producción media mensual por productor de 334,7826 kilos por mes, que equivale a una media de 83,69 kilos por semana.

4. Costo de producción por kilo: Los datos de costos de producción por kilo presentan alta variabilidad. De los 99 productores consultados solo 30 productores reportaron algún dato de costo de producción (los otros informaron no conocerlo). Se realizó el procedimiento de eliminación de datos atípicos y se obtienen los siguientes diagramas de dispersión (véase fig. 7.12).

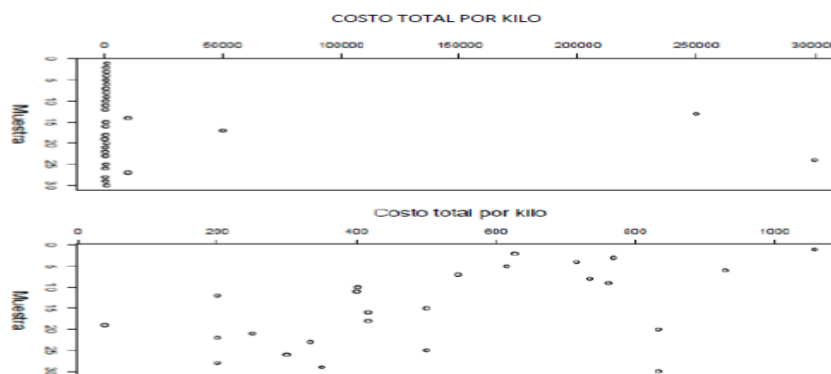


Figura 7.12. Diagramas de dispersión de costos con datos y sin datos atípicos
Fuente: Elaboración propia con base en datos reportados por productores

El costo total promedio arroja un resultado de \$ 517,188 por kilo, para el productor.

5. Precio de salvamento: Con respecto al precio de salvamento, muy pocos productores reportaron precios de salvamento, manifestando en general que el precio para no perder el producto era de aproximadamente el 50% del precio original. Se lograron obtener 17 datos de precios conocidos por los productores. Los otros informaron no conocer o no trabajar con precios de salvamento. Muchos de ellos venden al precio que les compran sin estimar mayormente las implicaciones en costos. (véase fig. 7.13)

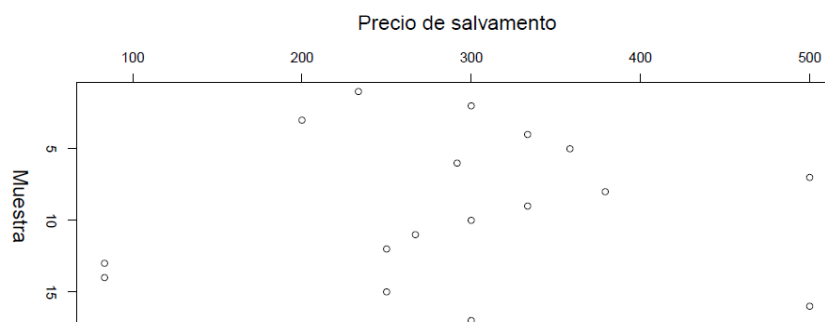


Figura 7.13. Diagramas de dispersión precio de salvamento por kilo
Fuente: Elaboración propia con base en datos reportados por productores

El precio de salvamento obtenido como promedio de los datos es de \$291,9314 por kilo.

6. Precio por kilogramo al público: Como punto de referencia para obtener información histórica consistente de precios al público, se utilizó como fuente de datos los precios históricos reportados por corabastos (para mayor detalle, los precios pueden ser consultados en <https://www.corabastos.com.co/aNuevo/index.php/features/servicios->

[web/historico-de-precios](http://www.corabastos.com.co/web/historico-de-precios)), considerada como la mayor central de abastos en Colombia. Los precios consultados corresponden al precio de venta promedio por mes para el limón común (Ver Tabla 7.2)

Tabla 7.2. Precios de venta al público por kilo

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2016	\$ 1.936	\$ 1.491	\$ 1.754	\$ 1.857	\$ 1.541	\$ 1.000	\$ 845	\$ 803	\$ 1.231	\$ 1.189	\$ 1.004	\$ 982
2017	\$ 842	\$ 812	\$ 1.088	\$ 1.692	\$ 1.603	\$ 1.157	\$ 1.154	\$ 1.888	\$ 2.893	\$ 2.580	\$ 1.970	\$ 1.030
2018	\$ 901	\$ 831	\$ 1.820	\$ 2.090	\$ 1.392	\$ 975	\$ 1.166	\$ 1.207	\$ 1.811	\$ 1.855	\$ 1.460	\$ 1.144

Fuente: <https://www.corabastos.com.co/aNuevo/index.php/features/servicios-web/historico-de-precios>

Se toman como referencia los precios promedio informados para 36 meses, entre enero del 2016 y diciembre del 2018. El precio promedio obtenido es de \$1416,5 por kilo. El comportamiento del precio se observa en la Figura 7.14.

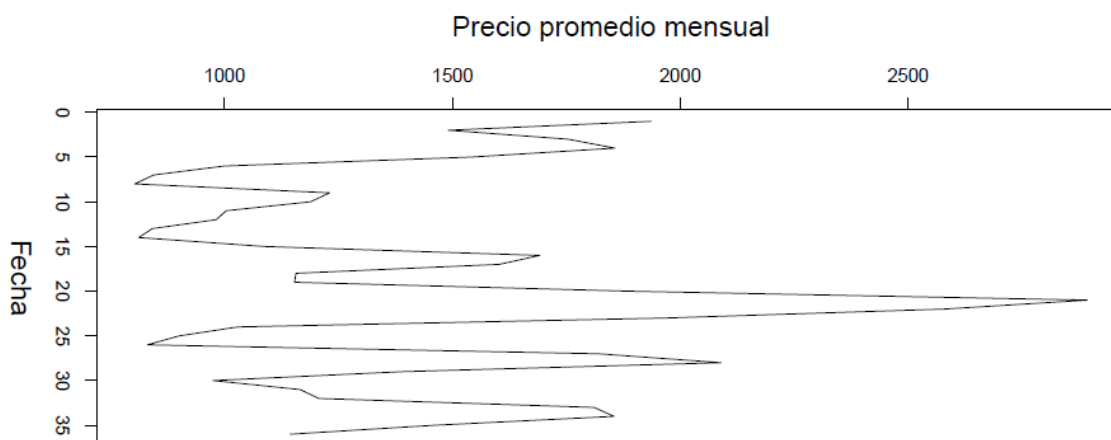


Figura 7.14. Comportamiento histórico del precio promedio al público por kilo

Fuente: <https://www.corabastos.com.co/aNuevo/index.php/features/servicios-web/historico-de-precios>

7. Costos variables intermediario y precios de transferencia: Para la determinación de los costos variables para el intermediario, de los siete más importantes intermediarios identificados en la zona, seis de ellos informaron no tener interés en compartir información sobre sus costos. Se utilizó como referencia los datos obtenidos de la Finca el Palmar, que además de producir, también compra a otros productores para realizar el proceso de comercialización de sus productos a almacenes detallistas. Se obtuvo información de treinta y dos (32) meses con respecto a precios de venta a detallistas y a los costos del intermediario. Estos costos están mayormente representados por transporte, limpieza,

encerado y empaque del producto. El precio de transferencia del intermediario al detallista se estima en \$953,55 por kilo. El costo variable estimado es de \$370,25 por kilo.

8. Costos variables detallista y demanda estimada: De acuerdo con la información proporcionada por un detallista de la región quien accedió a proporcionar algunos datos. Estos datos fueron revisados de tal manera que mantuvieran coherencia con los datos del productor y detallista. Los costos variables estimados para el detallista fueron de \$370,25 por kilo. El mismo detallista informa que la demanda por semana se estima entre 1000 a 1500 kilogramos. Adicionalmente el precio de salvamento arroja un promedio de \$ 476,775 por kilo.

Los parámetros comerciales del detallista se resumen a continuación (Ver Tabla 7.3).

Tabla 7.3. Parámetros comerciales detallista

Parámetro	DETALLISTA
Precio de venta	\$ 1416,5 /kilo
Precio de Salvamento	\$ 476,77 /kilo
Demanda Mínima y Máxima	[1000 - 1500] Kilos/Semana
Costo marginal	\$ 179,65/kilo

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros comerciales del intermediario y productor se resumen a continuación (Ver Tabla 7.4)

Tabla 7.4. Parámetros comerciales intermediario y productor

Parámetro	INTERMEDIARIO	PRODUCTOR
Precio de venta	\$ 953,55	\$ 583,3
Precio de salvamento		\$ 291,93
Demanda Mínima y Máxima		
Costo marginal	\$370,25	517,18

Fuente: Elaboración propia

7.4.2. Aplicación del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido propuesta, en la cadena de abastecimiento citrícola caso de estudio

Una vez afinados los datos producto de la consulta a los pequeños productores citrícolas, intermediarios y detallistas consultados, se procede con la aplicación del modelo de

contratos de alcance extendido. Para hacerlo se procede siguiendo los pasos definidos en la propuesta de contrato, estos son:

1. Aplicar las ecuaciones del modelo propuesto en el escenario centralizado para obtener: Cantidad optima de pedido en el escenario centralizado, Utilidad de la CA, la diferencia entre el Q centralizado y el de la CA en cantidad y en porcentaje, así como la utilidad de la CA del centralizado y la cadena en valor y porcentaje que corresponde a las notaciones siguientes $(Q^c, \Pi_{zc}, \Delta Q, \Delta Q\%, \Delta \Pi_{sc}, \Delta \Pi_{sc} \%)$, respectivamente.
2. Aplicar las ecuaciones del modelo propuesto en el escenario descentralizado para obtener los resultados para los mismos parámetros del centralizado.
3. Aplicar las ecuaciones del modelo propuesto para el Contrato de ingresos del alcance extendido y obtener resultados.
4. Realizar comparaciones y concluir sobre el desempeño de la CA con el uso del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido.

Los resultados fueron obtenidos con el apoyo del lenguaje de programación en R y su interfaz RStudio. (R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.)

1. Resultados para el escenario centralizado (ver tablas 7.5 y 7.6).

Tabla 7.5. Datos de inicialización de la programación en R centralizado

Parámetro	DETALLISTA
Precio de venta	\$ 1416,5 /kilo
Precio de Salvamento	\$ 476,77 /kilo
Demanda Mínima y Máxima	[1000 - 1500] Kilos/Semana
Costo marginal	\$ 179,65/kilo

Fuente: elaboración propia

Tabla 7.6. Resultado centralizado

ESCENARIO CENTRALIZADO	
Q*	1185.92
Utilidad CS	\$ 381.901.2
D elta Q	0
D elta Q%	0
D elta Util	0
D elta Util %	0

Fuente: elaboración propia

2. Resultados para el escenario descentralizado (ver tabla 7.7).

Tabla 7.7. Resultado descentralizado

ESCENARIO DESCENTRALIZADO	
Q*	296.48
Utilidad CS	-\$361.516.3
D elta Q	889.44
D elta Q%	75%
D elta Util	743417.57
D elta Util %	195%

Fuente: elaboración propia

3. Resultados para el escenario con el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido (ver tabla 7.8)

Tabla 7.8. Resultados CIC-AE

ESCENARIO CIC- AE	
Q*	1185,92
Utilidad CS	\$ 381.901.2
D elta Q	0
D elta Q%	0
D elta Util	0
D elta Util %	0

Fuente: elaboración propia

Los valores del porcentaje de participación de cada uno de los eslabones calculados con el apoyo de lenguaje R, arrojan los siguientes resultados:

$$\Phi_1 = 25,07089 \% \quad \Phi_2 = 35,09925 \% \quad \Phi_3 = 39,82986 \%$$

4. Comparación de resultados (ver tabla 7.9)

Tabla 7.9. Comparación de resultados

COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS			
Parametros	Centralizado	Descentralizado	Contrato
Q*	1185.92	296.48	1185,92
Utilidad CS	\$ 381.901.2	-\$ 361.516.3	\$ 381.901.2
D elta Q	0	889.44	0
D elta Q%	0	75%	0
D elta Util	0	743417.57	0
D elta Util %	0	195%	0

Fuente: elaboración propia

En cuanto a las utilidades a continuación en la tabla 7.10, se muestran los resultados obtenidos en cuanto a las utilidades en el escenario descentralizado no coordinado de la CA y el escenario descentralizado coordinado de la CA.

Tabla 7.1056. Utilidades descentralizado

Eslabón	Descentralizado No coordinado	Descentralizado Coordinado	Deiferencial de utilidad en \$	Diferencial de utilidad en %
Eslabón 1	-\$ 857.128.0	-\$ 609.322.2	\$ 247.805.8	28,91%
Eslabón 2	\$ 165.203.9	\$ 413.009.8	\$ 247.805.9	150,00%
Eslabón 3	\$ 330.407.8	\$ 578.213.7	\$ 247.805.9	75,00%
Total Cadena	-\$ 361.516.3	\$ 381.901.6	\$ 743.417.6	205,64%

Fuente: elaboración propia

El escenario descentralizado coordinado arroja un mejor desempeño global para la cadena que se traduce una utilidad de \$ 381901,3 y equivale en un diferencial de utilidad total de \$ 743417,6 con respecto al escenario descentralizado no coordinado. Este valor es igual a la utilidad obtenida con el uso del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido. En este sentido, se puede afirmar entonces que el contrato logra coordinar la cadena.

7.4.3. Análisis de sensibilidad de parámetros del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido

Para realizar el análisis de sensibilidad se tomó como referentes a Hou , Wei, Li, Huang y Ashley (2017), quienes realizan en el modelo de contrato de ingresos compartidos propuesto para su caso, un detallado análisis analítico sobre el impacto en las utilidades de la variación de la demanda, paramentos de precios y porcentajes de distribución de ingresos. Por otra parte, también se hace referencia a Zhang,Liu,Zhang y Bai (2015),

quienes utilizan el contrato de ingresos compartidos en una cadena de productos perecederos, con el propósito de invertir en tecnología para la mejor conservación del producto. En su análisis realizan con la ayuda de gráficos tridimensionales comparaciones en el desempeño de los porcentajes de participación y los impactos de precios de venta y niveles de inversión en las utilidades de la cadena.

Para el análisis presentado a continuación se ha pretendido identificar elementos que aporten al estudio del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido, desde la validación, entendiendo que la aplicación de este contrato en una cadena de abastecimiento de pequeños productores frutícolas no se ha evidenciado en la literatura. Se realiza el análisis de sensibilidad buscando mostrar analítica y gráficamente, los impactos en las variaciones de parámetros claves que muestren la sensibilidad del contrato diseñado para esta cadena.

1. Análisis de la relación del tamaño de la orden con respecto al precio p y al valor de salvamento s

Con el propósito de conocer la relación entre el tamaño de la orden y los precios de venta al público (p) y los precios de salvamento (s), se estudia a continuación las variaciones frente estos parámetros y su impacto en el desempeño del contrato.

A continuación, se presentan los resultados del comportamiento del Q frente a variaciones en el precio. (Ver Tabla 7.11)

Tabla 7.11 Variaciones de Q_c y Q_d frente a variaciones de p

PRECIO	Q_c	Q_d	DIFERENCIA	DIFERENCIA(%)	Q_c/Q_d
\$ 1.417	1.185,9	296,5	889,4	0,75	4,0
\$ 1.418	1.186,2	296,6	889,7	0,75	4,0
\$ 1.428	1.189,5	297,4	892,2	0,75	4,0
\$ 1.438	1.192,8	298,2	894,6	0,75	4,0
\$ 1.448	1.195,9	299,0	897,0	0,75	4,0
\$ 1.458	1.199,0	299,8	899,3	0,75	4,0
\$ 1.468	1.202,1	300,5	901,6	0,75	4,0
\$ 1.478	1.205,1	301,3	903,8	0,75	4,0
\$ 1.488	1.208,0	302,0	906,0	0,75	4,0
\$ 1.498	1.210,8	302,7	908,1	0,75	4,0

\$ 1.508	1.213,6	303,4	910,2	0,75	4,0
\$ 1.518	1.216,4	304,1	912,3	0,75	4,0
\$ 1.528	1.219,1	304,8	914,3	0,75	4,0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos incrementos del precio equivalentes al 13.7% produce incremento en el Q centralizado y descentralizado del 4,5%. De igual forma se observa que el incremento en la Cantidad de pedido es proporcional en el escenario centralizado y descentralizado. (véase fig. 7.15)

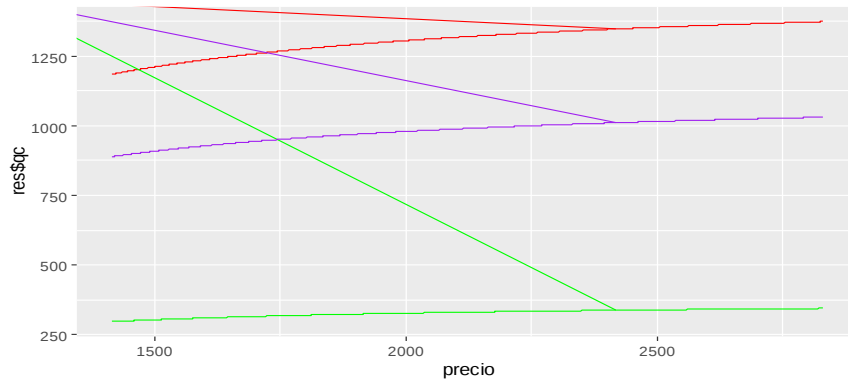


Figura 7.15. Representación de las variaciones de las Cantidades frente a variaciones del precio
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica, la línea superior corresponde a los valores de Q_c la línea inferior a los valores de Q_d y la línea del centro representa la diferencia entre cada uno de los datos de la cantidad de la orden, todos relacionados con el precio. Haciendo la referencia a la formulación que representa la cantidad optima en el escenario centralizado, la cantidad en equilibrio stackerlberg en el escenario descentralizado, alcanzado con el precio w_2^d , donde se puede observar la dependencia de las cantidades de pedido a los valores de p y q, así como a las variaciones de la demanda.

$$Q_c = L + (U - L) \left(\frac{p - \sum_i^n c_i}{p - s} \right) \text{ ec. 7.25,}$$

$$Q_d = L + (U - L) \left(\frac{p - c_1 - w_2^d}{p - s} \right) \text{ ec. 7.26,}$$

$$w_2^d = \frac{3(pU - sL) + (U - L)(c_3 + c_2 - 3c_1)}{4(U - L)} \text{ ec. 7.27}$$

El denominador cuatro (4) del precio w_2^d , define la proporcionalidad de la relación de las cantidades de Q , que refleja que el Q_d siempre será una cuarta parte del Q_c , como se observa en los resultados. Este mismo análisis se puede hacer con el precio de salvamento. (Ver Tabla 7.12)

Tabla 7.12. Variaciones de Q_c y Q_d frente a variaciones de S

Salvamiento	Q_c	Q_d	Diferencia	Diferencia (%)	Q_c/Q_d
476,77	1.185,92	296,48	880,44	0,75	4, 00
486,77	1.187,92	296,98	890,94	0,75	4, 00
496,77	1.189,96	297,49	892,47	0,75	4, 00
506,77	1.192,05	298,01	894,03	0,75	4, 00
516,77	1.194,18	298,55	895,63	0,75	4, 00
526,77	1.196,36	299,00	897,27	0,75	4, 00
536,77	1.198,60	299,65	898,95	0,75	4, 00
546,77	1.200,88	300,22	900,66	0,75	4, 00
556,77	1.203,22	300,80	902,41	0,75	4, 00
566,77	1.205,61	301,40	904, 20	0,75	4, 00
576,77	1.208,06	302,01	906,04	0,75	4, 00
586,77	1.210,56	302,64	907,92	0,75	4, 00
596,77	1.213,13	303,28	909,85	0,75	4, 00
606,77	1.215,76	303,94	911,82	0,75	4, 00
616,77	1.218,46	304,62	913,85	0,75	4, 00
626,77	1.221,23	305,31	915,92	0,75	4, 00
636,77	1.224,07	306,02	918,05	0,75	4, 00
646,77	1.226,98	306,74	920,23	0,75	4, 00
656,77	1.229,96	307,4	922,47	0,75	4, 00
666,77	1.233,03	308,26	924,77	0,75	4, 00
675,77	1.235,86	308,97	926, 00	0,75	4, 00

Fuente: Elaboración propia

El incremento de precios equivalentes al 38,51% produce incremento en el Q centralizado y descentralizado del 4,18%. De igual forma el incremento en la Cantidad de pedido es proporcional en el escenario centralizado y descentralizado. (véase fig.7.16).

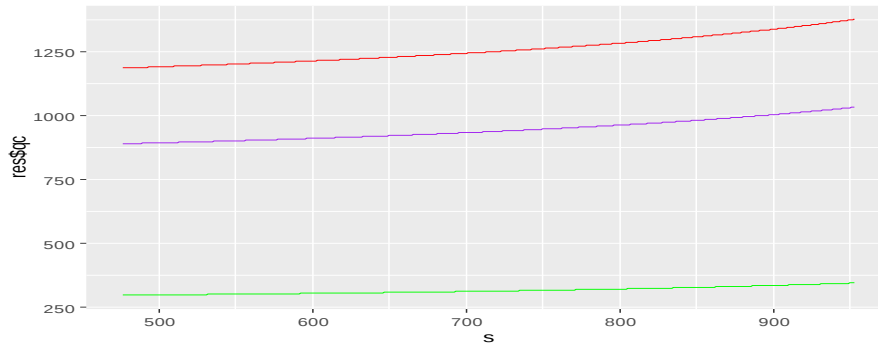


Figura 7.16. Representación de las variaciones de las Cantidades frente a variaciones del valor de salvamento

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el análisis anterior, en esta gráfica la línea superior corresponde a los valores de Q_c la línea inferior a los valores de Q_d y la línea del centro representa la diferencia entre cada uno de los datos de la cantidad de la orden, todos relacionados con el valor de salvamento. En general se mantiene la misma proporcionalidad, haciéndose evidente que la cantidad de la orden es más sensible a los cambios del precio, lo cual parece lógico debido a que esto determinará los ingresos en la cadena. Sin embargo, como se verá más adelante, no es posible afirmar que un incremento en la cantidad de la orden mejora la utilidad en la cadena; en este caso predomina la relación o diferencia entre el precio y el valor de salvamento, observándose que, si este último es muy cercano al precio, se mejora sustancialmente la utilidad. Lo anterior permite afirmar que en este caso la utilidad en la cadena es altamente sensible a la variación del valor de salvamento frente al precio de venta.

2. Análisis del comportamiento de la utilidad frente a variaciones de precio, valor de salvamento y en la demanda

El contrato de ingresos compartidos de alcance extendido considera un escenario ganar-ganar donde el precio de transferencia entre cada eslabón w_i^{rs} es igual a la sumatoria de los costos, es decir:

$$w_3 = c_3 \text{ y } w_2 = c_3 + c_2 \text{ ec. 7.28}$$

Donde

$w_3 =$ es el precio de venta del productor al intermediario

y

$w_2 =$ es el precio de venta del intermediario al detallista.

El detallista debe vender al consumidor final a un precio por encima de los costos de cada eslabón incluyendo los propios, generando la utilidad que permita distribuir entre los eslabones de la cadena. En este escenario, el precio de venta y el precio de salvamento en el eslabón detallista se vuelven críticos en el desempeño de la cadena en términos de utilidad. A continuación, se presenta el análisis del efecto sobre la utilidad que tienen los cambios en el precio de venta y en el valor de salvamento.

Variaciones de p: Las variaciones en el precio de venta afectan grandemente el desempeño de la utilidad en la cadena. Incrementos en el precio del 14,12% incrementa la utilidad en el 61,2% y disminuciones en este mismo porcentaje en el precio disminuyen drásticamente la utilidad en un 58,9%. (Ver Tabla 7.13)

Tabla 7.13. Comportamiento de la utilidad frente a cambios en el precio

Precio	\$ 1.216,50	\$ 1.316,50	\$ 1.416,50	\$ 1.516,50	\$ 1.616,50
Variación porcentual de p	-14,12%	-7,06%	0,00%	7,06%	14,12%
Utilidad	\$ 156.965	\$ 267.941	\$ 381.901	\$ 497.985	\$ 615.634
Variación porcentual de la utilidad	-58,90%	-29,84%	0,00%	30,40%	61,20%

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior tiene sentido, dado que entre mayor sea el precio, el margen de utilidad debe ser mayor, en la medida que los costos operativos de cada eslabón se mantengan estables. Al observar el comportamiento gráfico de la utilidad frente a cambios en el precio se puede observar (véase fig. 7.17) una relación proporcional con pendiente positiva, que indica incrementos en la utilidad cuando el precio se incrementa.

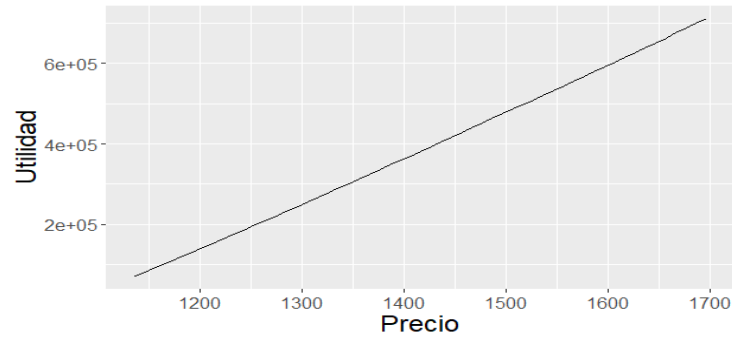


Figura 7.17. Relación entre la variación del precio p y la utilidad en la cadena
Fuente: Elaboración propia

Se puede afirmar que las unidades en la cadena de abastecimiento de pequeños productores citrícolas, es fuertemente dependiente del precio de venta del detallista en el escenario del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido.

Variaciones de s: Realizando el mismo análisis para la cadena con el valor de salvamento, se observa que su impacto es significativamente menor. (Ver Tabla 7.14)

Tabla 7.14. Comportamiento de la utilidad frente a cambios en el valor de salvamento

Valor de salvamento	\$ 376,77	\$ 426,77	\$ 476,77	\$ 526,77	\$ 566,77
Variación porcentual de s	-20,97%	-0,43%	0,00%	10,49%	18,88%
Utilidad	\$ 378.777	\$ 380.260	\$ 381.901	\$ 383.727	\$ 385.342
Variación porcentual de la utilidad	-0,82%	-0,43%	0,00%	0,48%	0,90%

Fuente: Elaboración propia

Un incremento en el valor de salvamento del 18,9% significa un incremento en las utilidades de solo el 0,9% (véase fig. 7.18). Aunque es una relación proporcional, es muy inferior en impacto sobre las utilidades.

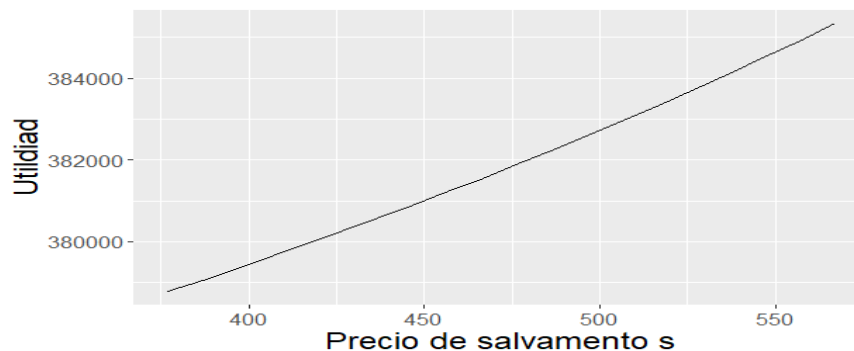


Figura 7.18. Relación entre la variación del valor de salvamento y la utilidad en la cadena

Fuente: Elaboración propia

Se puede afirmar que las utilidades en la cadena de abastecimiento de pequeños productores citrícolas, dependen de manera no significativa del valor de salvamento del detallista en el escenario del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido.

Variación de la demanda: Para estudiar el impacto en la utilidad frente a variaciones de la demanda, se retoma la expresión que representa la utilidad en la cadena bajo el escenario del contrato de ingresos compartidos de alcance extendido como sigue:

$$\prod_{sc}^{rs} = \left(p - \sum_i^n c_i \right) Q_{rs} + s[Q_{rs}F(Q_{rs}) - G(Q_{rs})] + p(G(Q_{rs}) - Q_{rs}F(Q_{rs})) \quad \text{ec. 7.29}$$

En este caso esta función de utilidad debe variar entre los límites inferiores y superiores de la demanda representados por L y U respectivamente, de tal forma que la expresión se puede representar como sigue:

$$\prod_{sc}^{rs}(L, U) = \left(p - \sum_i^n c_i \right) Q_{rs} + s[Q_{rs}F(Q_{rs}) - G(Q_{rs})] + p(G(Q_{rs}) - Q_{rs}F(Q_{rs})) \quad \text{ec. 7.30}$$

Con esta expresión se obtienen el comportamiento de las utilidades obtenidas del contrato para diferentes combinaciones de valores de demanda entre el rango de L y U, cuyos resultados se muestra a continuación (Ver Tabla 7.15)

Tabla 7.15. Utilidad en la cadena para diferentes valores de demanda

LÍMITE INFERIOR -L	LÍMITE SUPERIOR - U										
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
100	93.408,21	99.904,46	106.400,70	112.896,90	119.393,20	125.889,40	132.385,70	138.881,9	145.378,20	151.874,40	158.370,7
200	121.853,96	128.350,21	134.846,50	141.342,70	147.838,90	154.335,20	160.831,40	167.327,7	173.823,90	180.320,20	186.816,4
300	150.299,72	156.795,96	163.292,20	169.788,50	176.284,70	182.780,90	189.277,20	195.773,4	202.269,70	208.765,90	215.262,2
400	178.745,47	185.241,72	191.738,00	198.234,20	204.730,50	211.226,70	217.722,90	224.219,2	230.715,40	237.211,70	243.707,9
500	207.191,23	213.687,47	220.183,70	226.680,00	233.176,20	239.672,50	246.168,70	252.664,9	259.161,20	265.657,40	272.153,7
600	235.636,98	242.133,23	248.629,50	255.125,70	261.622,00	268.118,20	274.614,50	281.110,7	287.606,90	294.103,20	300.599,4
700	264.082,74	270.578,98	277.075,20	283.571,50	290.067,70	296.564,00	303.060,20	309.556,5	316.052,70	322.548,90	329.045,2
800	292.528,49	299.024,74	305.521,00	312.017,20	318.513,50	325.009,70	331.506,00	338.002,2	344.498,50	350.994,70	357.490,9
900	320.974,25	327.470,49	333.966,70	340.463,00	346.959,20	353.455,50	359.951,70	366.448,0	372.944,20	379.440,50	385.936,7

Fuente: Elaboración propia

Se pretende establecer el impacto de las variaciones de la distribución de la demanda en la utilidad a partir de diferentes combinaciones de los límites inferiores y superiores. Lo que se observa es que en la media que los valores de la demanda son mayores y se reduce la variación entre el límite inferior y el límite superior de la demanda, se logran

mejores resultados de utilidad. Aquí es importante precisar, que el rango de variación debe ser estrecho sobre el límite superior para lograr mejores utilidades. Esto se puede evidenciar al recorrer sobre la diagonal la tabla, empezando en el extremo superior izquierdo, donde se pueden ver los incrementos en la utilidad en la medida que se incrementan los valores de L y U, pero más aún cuando la variación entre L y U se hacen menores. Para observar más en detalle este comportamiento, se presenta a continuación el cálculo del coeficiente de variación de las demandad (L, U) (Ver tabla 7.16).

Tabla 7.16. Coeficiente de variación de la distribución de la demanda

LIMITE INFERIOR - L	LIMITE SUPERIOR - U										
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
100	54,5%	55,6%	56,4%	57,1%	57,8%	58,3%	0,5882	59,3%	59,6%	60,0%	60,3%
200	44,4%	46,2%	47,6%	48,9%	50,0%	51,0%	0,5185	52,6%	53,3%	54,0%	54,5%
300	35,9%	38,1%	40,0%	41,7%	43,1%	44,4%	0,4561	46,7%	47,6%	48,5%	49,3%
400	28,6%	31,1%	33,3%	35,3%	37,0%	38,6%	0,4000	41,3%	42,4%	43,5%	44,4%
500	22,2%	25,0%	27,5%	29,6%	31,6%	33,3%	0,3492	36,4%	37,7%	38,9%	40,0%
600	16,7%	19,6%	22,2%	24,6%	26,7%	28,6%	0,3030	31,9%	33,3%	34,7%	35,9%
700	11,8%	14,8%	17,5%	20,0%	22,2%	24,2%	0,2609	27,8%	29,3%	30,8%	32,1%
800	7,4%	10,5%	13,3%	15,9%	18,2%	20,3%	0,2222	24,0%	25,6%	27,2%	28,6%
900	3,5%	6,7%	9,5%	12,1%	14,5%	16,7%	0,1867	20,5%	22,2%	23,8%	25,3%

Fuente: Elaboración propia

Lo que se observa con el comportamiento de los datos de la tabla anterior, es que en la medida en que el rango del valor extremo de U se disminuye con respecto a L, la utilidad se incrementa. Por el contrario, si el valor superior de la demanda U es muy bajo, así como también el valor inferior de la demanda L, la utilidad es baja. Sin embargo, la utilidad en cualquier caso se incrementa de manera importante cuando el límite inferior toma un valor que reduce la diferencia entre los valores extremos de la distribución. Se puede decir que la utilidad de la cadena es más sensible a los cambios del extremo inferior de la demanda, lo que se traduce en que una alta variabilidad de la demanda afecta sustancialmente la utilidad de la CA si la demanda mínima está muy alejada de la demanda máxima de la distribución que la representa.

3. Medida de la conveniencia para los eslabones de participar en el contrato de ingresos compartidos.

Como se discutió en el capítulo anterior, se puede medir la conveniencia de participar en el contrato para los eslabones. Esta medida se expresa como

$$MC_p = \frac{\Pi_{rs} p}{\Pi_d p}, \quad MC_i = \frac{\Pi_{rs} i}{\Pi_d i}, \quad MC_p = \frac{\Pi_{rs} d}{\Pi_d d} \quad \text{donde,}$$

MC_p, MC_i, MC_p : es la medida de conveniencia para productor, intermediarios y detallista

Al realizar los cálculos se obtiene la siguiente información (Ver tabla 7.17), donde se hace evidente la conveniencia de participar en el contrato, para cada uno de los eslabones.

Tabla 7.17. Medida de conveniencia para participar en el contrato

Descripción	Detallista	Intermediario	Productor
Utilidad escenario descentralizado	-\$ 857.728	\$ 165.204	\$ 330.408
Utilidad escenario con contrato	-\$ 609.322	\$ 413.010	\$ 578.214
Medida de conveniencia	1,71	2,50	1,75

Fuente: Elaboración propia

Llama la atención con los resultados que, en el escenario descentralizado el eslabón detallista arroja pérdida tanto en el escenario descentralizado no coordinado como aun después de que la cadena es coordinada con el contrato. Sin embargo, su desempeño individual mejora en el escenario coordinado. Con los datos del caso de estudio, se obtienen estos resultados, que se alejan de lo planteado inicialmente sobre el comportamiento de los ingresos en el eslabón productor, que se define como el eslabón más débil de la cadena. Varios detalles habría que considerar en este aspecto:

1. Los datos que se obtuvieron desde el productor fueron muy diversos y al no contar con registro contables rigurosos, la información puede ser poco confiable.
2. Independiente de la precisión de los datos, los resultados permiten concluir que el contrato mejora el desempeño de la cadena, el desempeño individual y la estrategia de motivación para que los eslabones participen funciona.
3. Al hacer la sensibilidad de la utilidad en el eslabón detallista en el escenario del contrato, se pudo evidenciar que el resultado es mayormente sensible al valor de salvamento. De acuerdo con la sensibilidad para valores de salvamento inferiores al 95,88% del precio de venta, los resultados de utilidad se tornan negativos (Ver Tabla 7.18).

Tabla 7.18. Utilidad en eslabón detallista con variación valor de salvamento

Eslabón	Descentralizado No Coordinado	Descentralizado Coordinado	Diferencia
Detallista	\$ 6,5	\$ 174.723,1	\$ 174.716,5
Intermediario	\$ 116.477,7	\$ 291.194,2	\$ 174.716,5
Productor	\$ 232.955,4	\$ 407.671,9	\$ 174.716,5

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior evidencia que el valor de salvamento es determinante en este eslabón, por lo que lograr mayores niveles de demanda y mayor precisión en cantidad optima a pedir, implicaría menores cantidad de producto a ser vendido a precio de salvamento. El otro análisis que es también evidente, es que el precio de salvamento debe ser lo más cercano posible al precio de venta, para lograr en este caso alcanzar la mayor utilidad en el eslabón detallista y por ende en la cadena, en el escenario del contrato de alcance extendido. Realizando la sensibilidad para otros parámetros no se logra el efecto deseado de generar utilidad en el Detallista, para este caso.

8. RESUMEN DE RESULTADOS E IMPLICACIONES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

8.1. RESUMEN DE RESULTADOS

Esta investigación busca formular la propuesta de un modelo de distribución del ingreso para una cadena de abastecimiento de pequeños productores frutícolas. Los pequeños productores tienen un papel fundamental en la seguridad alimentaria, pero sin embargo su actividad no les permite ser sostenibles, y sobre todo no les proporciona una adecuada calidad de vida.

Uno de los temas más importantes en esta investigación tiene que ver con el proceso de caracterización. La caracterización se realizó en una cadena de pequeños productores de cítricos en la zona rural plana del municipio de Andalucía en el Valle del Cauca en Colombia, con el apoyo de funcionarios de la secretaria de desarrollo económico de la alcaldía y estudiantes de pregrado vinculados a través de su trabajo de grado a esta investigación. Durante el proceso de visitas para el levantamiento de información, se observan a campesinos trabajadores, en pequeñas áreas de tierra, con prácticas culturales distintas, y con grandes dificultades para comercializar sus productos, traducida en la mayoría de los casos en limitadas condiciones de trabajo y de vida.

8.1.1. La caracterización

En la caracterización se logró obtener información sobre la CA en varios aspectos:

1. Estructura productiva: Se puede decir que es limitada, con poco apoyo tecnológico y con prácticas culturales similares, pero no estandarizadas. Las actividades de producción son realizadas por los miembros de la familia. En época de cosecha pueden contratar informalmente personas externas por jornal. En general no conocen sus costos de producción y las actividades son predominantemente manuales.

2. Estructura organizacional: Es generalizada la actividad de trabajo individual como la alternativa para el sustento y oportunidad de ingreso para soportar los gastos familiares. Manifiestan mucho el interés por la asociatividad, pero su énfasis está muy orientado al

soporte técnico de las actividades de producción. No es evidente su fortaleza para la comercialización del producto.

3. Tecnologías de información: El internet es limitado, así como el soporte de tecnología para las actividades productivas y de comercialización.

4. Aspecto social: Los jóvenes tienen acceso a educación, pero los que optan por ella, tienen un enfoque que no está en la actividad de producción que realizan sus padres. En muchos casos la infraestructura de la vivienda no es la mejor y contrasta con un área disponible suficiente para el desarrollo de la actividad agrícola. En este sentido, se hizo evidente la relación financiera desigual que se presenta en esta CA.

Se evidencian diferentes problemas en esta CA, que van desde la limitada información de sus procesos productivos, la ausencia de programación de siembra, cosecha, trazabilidad de los productos y ausencia de las Buenas prácticas agrícolas. Todo lo anterior permitió definir trabajos concretos de investigación necesarios, complementarios y pertinentes para el objetivo de formular la propuesta de un modelo de distribución de ingresos. Sobre este particular se pueden mencionar los siguientes trabajos:

1. Análisis de la gestión de la cadena de abastecimiento de pequeños productores frutícolas, que se traduce en el siguiente artículo:

Peña-Orozco, D. L., & Rivera, L. (2017). Sensitivity analysis of the SCOR metrics selected for the measurement of the management of a fruit-growing supply chain. *Dyna*, 84(203), 306-315.

Se plantea una primera aproximación para la medición de la gestión en una CA de las características de la estudiada, debido a las grandes distancias entre la situación de la cadena y las condiciones ideales que soportan el SCOR como modelo de análisis de gestión. Este trabajo permite establecer de manera detallada las grandes restricciones de las cadenas de abastecimiento de pequeños productores y los grandes retos para mejorar su gestión. Propone una estructura inicial de medición con el propósito de iniciar su proceso de mejoramiento.

2. La planificación de la cosecha y la distribución, como un elemento que se identifica como determinante en la estabilidad que requiere la oferta del producto al mercado. Esto se traduce en un trabajo de grado de pregrado y en artículo postulado:

Harvest and distribution planning model for a fruit supply chain. Diego León Peña Orozco, Leonardo Rivera Cadavid, Juan José Bravo, Andrés Puertas, Yenny Tatiana Falla.

Postulado y en proceso de correcciones solicitadas por el journal: The Journal Tehnički vjesnik – Technical Gazette – Q2 Scimago 2017.

Se discute sobre el impacto en las decisiones de cosecha del producto perecedero, el precio del mercado y las decisiones de cuanto cosechar.

3. Desde el punto de vista del inventario y su gestión en una cadena de estas características, con variaciones en demanda, con producto perecedero, se definen condiciones especiales para lograr estabilidad en la oferta y en los ingresos. Este aspecto se tradujo en un trabajo de grado de pregrado, en un artículo publicado y un capítulo de libro publicado, como sigue:

Acosta, I. C. G., Cano, L. A. F., Peña, O. D. L., Rivera, C. L., & Bravo, B. J. J. (2018). Design of an inventory management system in an agricultural supply chain considering the deterioration of the product: The case of small citrus producers in a developing country. *Journal of Applied Engineering Science*, 16(4), 523-537

Diego León Peña-Orozco, Andrés Felipe Cano-Larrahondo, Cristhian Guillermo Acosta-Imbachi, Leonardo Rivera-Cadavid, Juan José Bravo-Bastidas. Perishable product sensitivity analysis in the design of an inventory control system in a three-echelon fruit supply chain. *Contribution in Techniques, Tools and Methodologies Applied to Global Supply Chain Ecosystems*. Springer.

4. Otro aspecto relevante identificado dentro de la caracterización de la cadena tiene que ver con la sostenibilidad. Los ingresos y su distribución son una las miradas del problema desde el punto de vista de la sostenibilidad que se debe complementar con el aspecto

social y ambiental. En este sentido se abordó desde un trabajo de grado de pregrado y se desarrolló un artículo en proceso de postulación titulado:

Sustainability fruit supply chain design: Small farmers case in a developing country. Peña Diego León-Salazar Leidy Tatiana- Arena Mayra Alejandra-Rivera Leonardo

5. En la CA se identificaron, además, debilidades con el uso de las buenas prácticas agrícolas y los procesos de trazabilidad. En este sentido se propuso y desarrolló una guía práctica de trazabilidad para la cadena a partir del desarrollo de un trabajo de pregrado.

6. Finalmente se desarrolló un documento a manera de libro que contiene la información recolectada, de fuentes primarias y secundarias sobre la caracterización de la cadena. Se trata de un documento de trabajo que sigue en proceso de revisión para postularlo a publicación. Se hace un recorrido sobre diferentes aspectos que afectan la actividad frutícola, desde las políticas públicas, normativas gubernamentales, así como aspectos sociales, y operativos. Se destaca las limitaciones de infraestructura y las evidentes debilidades en los procesos de comercialización.

8.1.2. Selección de un modelo de integración

En el proceso de caracterización y en la revisión de la literatura se definen dos aspectos claves, la integración como estructura organizativa que a través de modelos de asociatividad permiten consolidar esfuerzos en términos de realizar ofertas consolidadas y poder dar cumplimiento a exigencias de calidad cuando se trata de mercados formales. El otro aspecto de la integración tiene que ver con las relaciones entre los eslabones de la cadena y la integración en términos de decisiones que permitan un relacionamiento estable, ordenado y con información compartida que busque mejores desempeños globales particulares para cada eslabón. En este sentido se aplican dos metodologías, la primera el proceso analítico jerárquico, para consultar a expertos sobre el mejor modelo de asociativo organizacional para los pequeños productores, que permitan su vinculación a cadenas de abastecimientos eficientes y, la aplicación de un modelo de madurez para medir la disposición de la cadena hacia la integración y la pertinencia del uso de los contratos como mecanismos de coordinación en cadenas descentralizadas como la que

se estudia en este caso. Desde la integración en la cadena, se mide el nivel de madurez de la CA frente a la integración con el uso de un modelo CMMI (Capability Maturity Model Integration), y posteriormente se utiliza la lógica difusa con el apoyo del toolbox de Matlab para definir la pertinencia del uso de contratos en esta cadena. Dadas las características de la cadena y los aspectos relacionados con su capacidad operativa el modelo de contratos como mecanismo de integración se define como pertinente. Se estructura un proceso de consulta con siete expertos, se definen siete (7) criterios y cinco alternativas y se obtienen como el modelo de organización desde el punto de vista de los expertos, la sociedad limitada como el más conveniente para atender los criterios definidos. Como resultado de este proceso se formula un artículo postulado a International Journal of Logistics Management:

Integration maturity analysis in a small citrus producers supply chain in a developing country
Diego L Peña-Orozco, Jusus Gonzalez-Feliu, Leonardo Rivera, Camilo Mejía-Ramírez

8.1.3. Diseño de un modelo de distribución de ingresos

A partir de la definición del mecanismo de integración del contrato definido como mecanismos de coordinación pertinente, se diseña un contrato de distribución de ingresos de alcance extendido. Se definen las características de la cadena, se plantean los supuestos y se desarrolla el modelo de contratos. Se desarrollan tres etapas, la primera se trata de determinar los resultados de la utilidad representando la cadena como centralizada, la cual se toma como el desempeño óptimo. La segunda, determina el desempeño en términos de utilidades de la cadena representada como descentralizada no coordinada y la tercera etapa desarrolla el modelo de contrato donde se logra mejorar el desempeño llevando la cadena descentralizada al desempeño de la descentralizada. Como resultado de este proceso se desarrolló el artículo siguiente, el cual ha sido publicado:

D. Peña Orozco, S. Agudelo and L. Rivera, Análisis del comportamiento del contrato de distribución de ingresos en una cadena de abastecimiento frutícola, Rev. Internacional de

métodos numéricos, cálculo y diseño en ingeniería. (2019). Vol. 35, (2), 31 URL https://www.scipedia.com/public/Pena_Orozco_et_Al_2019

8.1.4. Validación de un Modelo de integración y distribución de ingresos

Para la validación del modelo se desarrolla un caso de estudio que considera los datos obtenidos en el proceso de caracterización en torno a la CA de pequeños productores citrícolas. Se aplica el modelo y se obtienen resultados que validan los beneficios del contrato. Por otro lado, se hace un análisis de sensibilidad que muestra entre otros aspectos, el impacto de la variación del precio y el valor de salvamento en la utilidad de la cadena, la relación de los límites inferiores y superiores de la distribución de la demanda en el desempeño de la utilidad y la relación de las cantidades de la cantidad de pedido en el escenario centralizado y descentralizado y los precios.

Como resultado se desarrolla un artículo en proceso de postulación titulado:

Análisis de sensibilidad de variables críticas en el diseño de un contrato de ingresos compartidos de alcance extendido en una cadena de suministro agrícola multieslabon. Diego León Peña-Orozco, Stiven Andrés Viedman-Agudelo, Leonardo Rivera

8.2. IMPLICACIONES ACADÉMICAS Y PRÁCTICAS

Las implicaciones de este trabajo de investigación se pueden valorar tanto en el ámbito académico como en el práctico. Desde el punto de vista académico, este estudio ha permitido:

- a. Consolidar una revisión de la literatura en torno a los modelos de integración que han sido planteados para proponer soluciones a los problemas de integración de las cadenas de abastecimiento.
- b. Aportar desde el punto de vista teórico la consolidación de las características de las cadenas de abastecimiento de pequeños productores agrícolas, a partir de la descripción de los elementos externos e internos que determinan su desempeño.

c. Poner en primer plano el uso de mecanismos de coordinación particularmente el uso de contratos de distribución de ingresos para integrar una cadena de pequeños productores agrícolas, plantear sus beneficios y también sus limitaciones.

d. Contribuir a suplir un vacío empírico en torno al uso de otro tipo de contratos más allá del convencional de compra y venta, en un sector sensible de la producción de alimentos y en particular de pequeños productores. Lograr ofrecer herramientas alternas de tipos de contratos se valora como una contribución importante, al evidenciar en la revisión de la literatura consultada, que este tipo de mecanismos no han sido utilizados en cadenas de pequeños productores agrícolas.

e. Ofrecer elementos complementarios, alternativos e incluso contingentes, desde un punto de vista teórico y práctico para abordar el problema de desempeño y sostenibilidad de las cadenas de abastecimiento de pequeños productores agrícolas, sobre todo en países en vía de desarrollo.

f. Se considera revelador desde el punto de vista teórico dos condiciones particulares, la necesidad de que los pequeños productores se organicen o asocien, lo cual no es necesariamente nuevo, pero si el hecho de que puedan explorarse modelos de organizaciones distintas a las cooperativas y asociaciones, más allá de los casos de éxito registrados; y la segunda condición, la validación de que este contrato tiene la capacidad de coordinar la CA de los pequeños productores tomada como caso de estudio.

Desde el punto de vista práctico esta investigación ofrece una mirada alternativa más amplia para el fomento y apoyo para la actividad de los pequeños productores. En este sentido se identifican implicaciones prácticas como las siguientes:

a. Desde el punto de vista de las políticas públicas, esta investigación puede servir de soporte para generar incentivos que promuevan la integración con el uso de contratos de ingresos compartidos, lo que puede asegurar la sostenibilidad y un mejor desempeño de la CA y sus eslabones.

b. Más allá incluso de la implementación del contrato de ingresos compartidos, este estudio ofrece la oportunidad de explorar otro tipo de modelos de organización asociativa

que pueden ajustarse a las particularidades de las cadenas de comercialización consolidadas.

c. Desde la gestión de la CA, la investigación realizada pone en evidencia las complejidades de las CA agrícolas, lo que ofrece una oportunidad para que productores, intermediarios y detallistas, consideren en sus procesos de negocio, aspectos como la planificación de siembra, cosecha, precios del mercado entre otros.

d. En el ámbito de la seguridad alimentaria, se evidencia una vinculación estrecha de los diferentes mecanismos de coordinación con estrategias para el suministro de alimento a través de los Food Hubs estudiados en (Arguello, Morgantu y Gonzalez-Feliu, 2017). Estos centros colaborativos entre productores, distribuidores y/o comerciantes buscan mejorar el desempeño de las cadenas alimentarias con servicios complementarios. Un mecanismo de coordinación como el contrato de ingresos compartidos podría ser propuesto en el contexto de un escenario colaborativo que involucre actores con funciones comerciales y logísticas dentro de los Food Hubs.

e. Una implicación práctica que incluso es restrictiva para el uso de este tipo de herramientas, tiene que ver con los aspectos tributarios y fiscales que, aunque no son incluidos aquí, son aspectos a tener en cuenta, sobre todo cuando se trata de un contrato donde se transfiere a precio de costo y el eslabón más aguas abajo es quien declara las utilidades. Lo anterior hace necesario profundizar en las implicaciones tributarias.

f. En la misma dirección del punto anterior, el resultado obtenido en este trabajo en particular en lo relacionado con el modelo de organización para los pequeños productores agrícolas, plantea un modelo asociativo complementario en la estructuración de los Food Hubs, en cuanto al fortalecimiento de la oferta y la agregación de valor.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo de investigación doctoral desarrollado aborda una problemática compleja que tiene no solamente implicaciones económicas, si no también sociales y ambientales. Aunque este trabajo no se enfoca en los aspectos sociales, la solución en torno al aspecto económico tratado, implica impactos a nivel social e incluso ambiental. La motivación de este trabajo se fundamenta precisamente en asuntos socioeconómicos que se abordan desde la ingeniería para plantear una solución holística. Para hablar de conclusiones en este trabajo, vale la pena hacer referencia a que, en el sector de actividad agrícola, el papel de las instancias gubernamentales es de la mayor importancia, más aún si se trata de pequeños productores, que deben enfrentar algunas condiciones que no necesariamente dependen de ellos, pero sí de la capacidad de inversión que el gobierno tenga para generar condiciones en infraestructura adecuada. No se trata de ninguna manera de trasladar el problema al estado, sino más bien evidenciar que algunos aspectos como la infraestructura de carreteras, infraestructura tecnológica y de comunicaciones, así como la oferta de educación, dependen más de la política de inversión del gobierno que de los pequeños productores. La caracterización de las CS de pequeños productores, deja ver que el problema del sector y sus condiciones económicas, tiene que ver incluso con aspectos macroeconómicos.

La organización de los pequeños productores es un factor fundamental para lograr una actividad de comercialización eficiente. Lo anterior tiene que ver con la gestión adecuada de la cadena, el manejo de datos e información confiables es una condición necesaria para la adecuada gestión de la cadena. Una estructura de organización permite implementar procesos administrativos que ofrezcan mayor confiabilidad.

En la búsqueda de la validación del modelo asociativo para la organización de los pequeños productores, se pudo evidenciar una gran debilidad en la relación de los pequeños productores con la cadena de comercialización y se trata de la confianza en la estabilidad de la oferta y en la calidad. Es necesario que cualquiera que sea el tipo de organización, esta se pueda vincular de manera sólida y consistente con los canales de comercialización, para que pueda cumplir requerimientos exigidos por el cliente.

En este sentido se puede decir que se deben hacer esfuerzos importantes para lograr consolidar la organización de los pequeños productores, debido a que se observa una relación de negociación de desventaja para el productor. La información es asimétrica y el poder de negociación evidencia esta situación. De la misma forma existe una marcada necesidad de trabajar en la coordinación de actividades de producción, cosecha y conocimiento del mercado por parte de los productores. Lo anterior es posible observarlo en el análisis de madurez realizado sobre la cadena, además del análisis de la gestión de la misma, donde la ausencia de procesos medibles e incluso de técnicas de medición y registro predominan.

El desestimulo de los pequeños productores para fortalecer su actividad de producción y oferta de productos se relaciona directamente con el nivel de ingreso. El contrato de ingresos compartidos que se diseña para la CA de pequeños productores, permite coordinar la cadena. La coordinación de la cadena garantiza que el desempeño global y particular de cada eslabón mejore. Sin embargo, un factor determinante en el desempeño del contrato de alcance extendido diseñado, es el comportamiento de la demanda y su distribución de probabilidad. Al presentarse una gran variabilidad en la demanda la distorsión en el tamaño de la orden puede generar un alto costo de salvamento que le resta utilidad a la gestión de la cadena y puede generar pérdida en el eslabón detallista. Es de gran importancia afinar adecuadamente el pronóstico de la demanda por parte del detallista, debido a que en la secuencia de toma de decisiones este eslabón es el que determina la cantidad de pedido. Altas ventas a precio de salvamento restan la utilidad a la cadena y en particular puede generar desempeños negativos en la utilidad en este eslabón. Por otra parte, el contrato de ingresos compartidos de alcance extendido, exige igualar la cantidad de pedido óptimo del escenario descentralizado al del escenario centralizado, aquí es necesario precisar que la cantidad a ordenar debe ser igualdad en ese orden es decir, del escenario descentralizado al centralizado, dado que en el modelo se podría igualar las cantidades de la orden centralizada y descentralizada, llevando el monto de la primera al de la segunda, lo que generaría un comportamiento indeseable en la cadena en términos de desempeño de la utilidad, pues se estaría fomentando la ineficiencia con el uso del contrato.

El conocimiento de los costos en cada uno de los eslabones se requiere con la mayor exactitud posible, dado que el diseño del contrato define como condición para la coordinación que el precio de venta entre los eslabones correspondan al costo propio mas el costo de adquisición del producto, salvo en el eslabón productor. Esta condición sugiere la necesidad incluso de que la información de costos sea conocida por cada uno de los eslabones.

Como se discute a lo largo del documento, la confianza es una exigencia en la implementación del contrato, por lo que se hace indispensable contar con la voluntad de los eslabones para fomentar un escenario cooperativo que permita el éxito en el uso de la herramienta. Esta quizás es de las barreras más importantes que se deben superar, tal como lo menciona la literatura. No parece fácil entender intuitivamente que mediante un contrato como el propuesto, sea posible obtener mayores utilidades que el trabajar individualmente.

La distribución de los ingresos en una CA de pequeños productores es una estrategia que definitivamente mejora el desempeño de la cadena, sin embargo, se requiere otras intervenciones en la cadena incluso más allá del modelo asociativo. La comercialización exige, buenas prácticas agrícolas, procesos de trazabilidad, empaque y codificación, condiciones de almacenamiento, todos ellos que requieren ser implementados en estas cadenas que todavía son muy artesanales. Sin embargo, el punto de partida debe ser el consolidar una organización que permita trabajar en función a la comercialización.

A la luz de los resultados y la caracterización de la cadena, es recomendable hacer mucho énfasis en los procesos de comercialización, hoy por hoy la asistencia técnica para la producción es una predominante actividad en la cadena, pero se desconocen aspectos relacionados con los sistemas de costeo, fijación de precios y estrategias de comercialización. Es necesario alinear este requerimiento con la vinculación de los entes gubernamentales para la generación de políticas de fomento para la comercialización técnica y sostenible de estos productos vinculándolos a los canales tradicionales de venta y distribución.

De manera precisa se definen a continuación los resultados obtenidos con el desarrollo de cada uno de los objetivos:

Objetivo No.1: Seleccionar un modelo de integración conveniente para una cadena de abastecimiento frutícola. Se logra con la aplicación del modelo de madurez y la lógica difusa determinar que el estado de evolución de la cadena de abastecimiento frente a la integración es del 0,2 para la negociación abierta, de cero (0,0) para cooperación, coordinación y colaboración y por último el estado de evolución general de la cadena de abastecimiento es de 0,05. Estos resultados se interpretan como un estado incipiente para la evolución frente a la integración de la cadena de abastecimiento y una fortaleza frente al uso de contratos dado su fuerte perfil de negociación abierta que caracteriza su énfasis transaccional. Por otra parte, al estudiar el modelo de organización se obtiene como resultado las sociedades limitadas frente al consorcio, cooperativas, asociación de productores y microempresas en su orden. Este resultado se obtiene con base los siguientes criterios evaluados: Facilidad para hacer parte de cadenas de valor incluyentes, equidad, estabilidad en el tiempo, sostenibilidad financiera, fiabilidad de cumplimiento contractual, cumplimiento de requisitos frente a un mercado formal y promoción del uso de las TICs.

Objetivo No.2: Diseñar el modelo de distribución de ingresos sujeto al modelo de integración seleccionado. Se presenta el desarrollo del contrato de distribución de ingresos de alcance extendido, donde se presentan dos aportes: El diseño de un contrato para el contexto de una cadena de abastecimiento de pequeños productores frutícolas, el cual no se encuentra reportado en la literatura hasta ahora consultada. El segundo aporte se trata de la inclusión del valor de salvamento en el diseño del modelo de contrato para la integración de la cadena de abastecimiento objeto de estudio a través de un mecanismo de coordinación, que de igual forma no se encuentra documentado en la literatura consultada.

Objetivo No.3: Validar el modelo de integración y distribución de ingresos en un caso de estudio. Se formula un caso para una cadena de abastecimiento típica donde se aplica el contrato de distribución de ingresos de alcance extendido donde se logra: Demostrar que la cadena de abastecimiento se logra coordinador obteniendo un valor de utilidad

global para el caso de \$381.901,20 que es igual a la utilidad en el escenario centralizado que se toma como óptimo. Se logra un incremento en la utilidad por cada eslabón de 28,9%, 150% y 75% respectivamente. Se mejora la distribución del ingreso por cada eslabón pasando en el eslabón 1 del 63,36% al 25,07%, en el eslabón 2 del 12,21% al 35,10% y en el eslabón 3 del 24,43% al 39,83%. Se logra demostrar que el contrato de ingresos compartidos coordina la cadena.

10. LIMITACIONES E INVESTIGACIONES FUTURAS

Esta investigación permitió un acercamiento al comportamiento de una CA de pequeños productores frutícolas, que sin embargo tiene algunas limitaciones que se enumeran a continuación:

- a. En el proceso de consulta a los agentes de la CA en la caracterización. A pesar del apoyo recibido por parte de la Secretaria de Desarrollo Económico de la localidad donde se realizó el estudio, el censo reportaba 283 pequeños productores registrados, de los cuales solo fue posible encuestar a 99 debido a diversas dificultades para localizarlos. En cuanto a los intermediarios y detallistas la apertura de estos eslabones fue limitada lo que dificultó la obtención de información.
- b. El otro aspecto limitante en relación con la información obtenida, tiene que ver con el conocimiento de los pequeños productores con respecto a información crítica para la implementación del contrato. Se observó un importante desconocimiento de los costos de producción, y la información reportada de producción, precios de venta, entre otros, fue muy diversa lo que afecta la precisión y exactitud de los datos y puede generar distorsión en los resultados. Sin embargo, vale la pena resaltar que se obtuvo información general muy valiosa para el estudio.
- c. Uno de los aspectos más complejos tienen que ver la cultura de la relación de negocios, esto es, ¿qué tan fácil es la implementación de un mecanismo de coordinación como este entre los eslabones, sobre todo cuando tiene que ver con la confianza de que todos pueden ganar incluso mejor que si actúan solos? Esto se podría llamar la limitación cultural frente al cambio de enfoque para hacer negocios.
- d. Una de las grandes limitaciones que se mencionó en las implicaciones prácticas, tiene que ver con los aspectos fiscales de las transacciones de compra venta entre los eslabones de la cadena. Es necesario precisarlas toda vez que las normas fiscales, pueden convertirse para el caso de cada país en un desestimulo para la implementación de este tipo de mecanismos.

A partir de las limitaciones mencionadas arriba, se pueden enumerar algunas futuras investigaciones que permitan responder nuevas preguntas surgidas durante el proceso de investigación. Son estas:

a. Abordar una investigación preliminar que permite establecer los costos reales de producción en el eslabón productor, para obtener datos más ciertos. De la misma manera hacerlo a lo largo de la cadena en términos de los costos operativos, como elementos importantes en el diseño del contrato.

b. Estudiar desde un enfoque de riesgo la implementación del contrato de ingresos compartidos en la cadena, ofrecería una visión complementaria de las implicaciones del uso de este tipo de contratos.

c. En la investigación se aborda la demanda como estocástica y se representó como una función de distribución uniforme continua. Ampliar el análisis para representar la demanda con otras funciones de distribución podría ampliar el conocimiento sobre el desempeño del contrato.

d. Un estudio más detallado sobre la madurez de la cadena para la implementación de los modelos de contratos de ingresos compartidos, sería un muy interesante complemento que permitiría definir líneas de acción para abordar los problemas de resistencia al cambio y la desconfianza.

e. Las estrategias fiscales y tributarias para los eslabones en una cadena que implemente el contrato de ingresos compartidos, es un trabajo necesario. El resultado puede proponer estrategias para su implementación exitosa.

f. Estudiar el desempeño de la cadena y de sus eslabones con el uso de otro tipo de contratos, resulta relevante para evaluar comparativamente el desempeño de la cadena con el uso de cada uno de ellos. Se trata de explorar complementariamente otros modelos de contratos definidos en la literatura.

g. Es importante medir el nivel de aceptación del contrato de distribución de ingresos de alcance extendido entre los intermediarios y los detallistas, para fortalecer la estrategia

ganar-ganar que se plantea como incentivo para que los eslabones participen en el contrato.

h. La formulación de un contrato de ingresos compartidos en un escenario de Food Hubs, sería de interés para lograr coordinar una cadena que involucre los diferentes actores incluidos los prestadores de servicios logísticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, I. C. G., Cano, L. A. F., Peña, O. D. L., Rivera, C. L., & Bravo, B. J. J. (2018). Design of an inventory management system in an agricultural supply chain considering the deterioration of the product: The case of small citrus producers in a developing country. *Journal of Applied Engineering Science*, 16(4), 523-537.

Aksoy, M., & Beghin, J. (2005). *Global agricultural trade and developing countries*. World Bank Publications.

Aldana, J & Bernal, C. (2018). Factores Blandos en la Gestión de Integración de las Cadenas y/o Redes de Abastecimiento: Aproximación a un Modelo Conceptual. *Inf. tecnol.* vol.29 no.2.

Alicante Federación de Asociaciones de vecinos de Valladolid, (2007) Biblioteca general, Apuntes prácticos Asociatividad recuperado el 25 de Junio de 2018 de: http://www.alicante.es/p_ciudadana/portal/documentos/apuntes_practicos_f_valladolid.pdf

Altieri, M., & Nicholls, C. (2008). Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. Department of Environmental Science, Policy and Management.

Amusquibar, G. (2006). Apuntes sobre asociativismo rural en la Argentina y Mercosur. Obtenido de www.caei.com.ar/es/programas/recursosn/06.pdf.

Aramyan, L. H., Oude Lansink, A. G., Van Der Vorst, J. G., & Van Kooten, O. (2007). Performance measurement in agri-food supply chains: a case study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 12(4), 304-315.

Argote-Cusi, M. L. (2018). El uso de lógica difusa en proyecciones de población: el caso de México. *Papeles de población*, 24(95), 273-301.

Argüello, Laura Palacios, Eleonora Morganti, and Jesús González Feliú. "Food hub: Una alternativa para alimentar las ciudades de manera sostenible." *Transporte y Territorio* 17 (2017): 10-33.

Arshinder, Arun Kanda, and S. G. Deshmukh. (2009). "A Framework for Evaluation of Coordination by Contracts: A Case of Two-Level Supply Chains." *Computers and Industrial Engineering* 56 (4).

Arshinder, K., Kanda, A., & Deshmukh, S. G. (2011). A review on supply chain coordination: coordination mechanisms, managing uncertainty and research directions. In *Supply chain coordination under uncertainty* (pp. 39-82). Springer, Berlin, Heidelberg.

Arshinder, Kanda, A., & Deshmukh, S.G. (2008). Supply chain coordination: perspectives, empirical studies and research directions. *International journal of production Economics*, 115(2), 316-335.

ASOHOFRUCOL. (2014). *Frutas y Hortalizas*.

Attaran, M., & Attaran, S. (2007). Collaborative supply chain management. *Business Process Management Journal*.

Ballesteros Gómez, C. Estrategias para la reducción de pérdidas de productos perecederos en el proceso de distribución. caso de estudio plátano en la región de Cundinamarca. *Ingeniería Industrial*.

Barney, J. (1991), "Firm resources and sustained competitive advantage", *Journal of Management*, Vol. 17 No. 1, pp. 99-120.

Bernstein, F., & Federgruen, A. (2005). Decentralized supply chains with competing retailers under demand uncertainty. *Management Science*, 51(1), 18-29.

Borodin, V., Bourtembourg, J., Hnaien, F., & Labadie, N. (2016). Handling uncertainty in agricultural supply chain management: A state of the art. *European Journal of Operational Research*, 254(2), 348-359.

Breiter, A., Hegmanns, T., Hellingrath, B., & Spinler, S. (2009). Coordination in supply chain management-review and identification of directions for future research. *Logistik Management*, 1-35.

Cabezas, M. (2017). Alianzas entre pequeños productores son clave para que crezca el agro. Obtenido de <http://www.elcampesino.co/alianzas-pequenos-productores-clave-crezca-agro>

Cachon, G. P., & Lariviere, M. A. (2005). Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: strengths and limitations. *Management science*, 51(1), 30-44.

Cachon, G., & M. A. Lariviere. (2000). Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths & limitations. Working paper, University of Pennsylvania, Philadelphia.

Cachon, G.; Lariviere, M.A. (1999). Capacity choice and allocation: Strategic behavior and supply chain performance. *Management Science*, Vol. 45, pp. 1091-1108

Cachon, Gerard. (2004). "Supply Chain Coordination with Contracts. *Handbooks in Operations Research and Management Science*. Supply Chain Management (11)11. 229–339.

Camargo, E. (2016). Consolidación de negocios de pequeños productores. Obtenido de [http://www.fomin.org/es-es/PORTADA/FOMINblog\(es-ES\)/Blogs\(es-ES\)/DetailsBlog\(es-ES\)/ArtMID/13858/ArticleID/7051/Consolidaci%C3%B3n-de-negocios-de-peque%C3%B1os-productores-.aspx](http://www.fomin.org/es-es/PORTADA/FOMINblog(es-ES)/Blogs(es-ES)/DetailsBlog(es-ES)/ArtMID/13858/ArticleID/7051/Consolidaci%C3%B3n-de-negocios-de-peque%C3%B1os-productores-.aspx)

Cao, X., Qin, Y., & Lu, R. (2009). Quantity Flexibility Contract with Effort Cost Sharing in Perishable Product's Supply Chain. 2009 Second International Symposium On Knowledge Acquisition And Modeling.

Carbajal, L. M. B., Tovar, L. A. R., & Zimmerman, H. F. L. (2017). Model of associativity in the production chain in Agroindustrial SMEs. *Contaduría y Administración*, 62(4), 1118-1135.

Cardenas, D., Serna J. & Londoño, C. (2017). Modelo de abastecimiento colaborativo en una empresa Frutícola en el Valle del Cauca. Universidad Santiago de Cali.

Cardós Carboneras, M. J., Guijarro Tarradellas, E., & Babiloni Griñón, M. E. (2014). El problema del vendedor de periódicos.

CELAC. (2016). Plan de acción de la CELAC. Quito.

CEPAL, FAO, & IICA. (2015). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2015-2016. H. Chavarría.

Charlotte, L. (2013). Agricultura Colombiana: Adaptación al Cambio Climático. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Childerhouse, P., Deakins, E., Böhme, T., Towill, D. R., Disney, S. M., & Banomyong, R. (2011). Supply chain integration: an international comparison of maturity. Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics.

Christen, R., & Anderson, J. (2013). Segmentación de hogares de pequeños agricultores: Cómo satisfacer el abanico de necesidades financieras de las familias agricultoras.

Combariza, J. (2013). Perfil nacional de consumo de frutas y verduras. Subdirección de Salud Nutricional Alimentos y Bebidas Ministerio de Salud y Protección Social Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO.

Concepts, evidence and implications”, Academy of Management Review, Vol. 20, pp. 65-91.

Cossío, N. S., Flores, J. L. M., Suárez, J. A. A., & Urquiaga, A. J. A. (2017). El plan de negocio conjunto, herramienta que facilita la planificación colaborativa en la cadena de suministro. Revista UNIANDES Episteme, 4(1), 117-134.

D. Simchi-Levi, P. Kaminski, E. Simchi-Levi. (2008). Designing and managing the supply chain: concepts, strategies, and case studies. McGraw-Hill/Irwin, New York, NY.

Dalkey, N.C. y Helmer, O. An experimental application of the Delphi method to the use of expert. *Management Science*, Vol. 9 (3), 1963, pp. 458-467

DANE. (2016). Comunicado de prensa censada.

Das, Sanchoy K., and Layek Abdel-Malek. (2003). "Modeling the Flexibility of Order Quantities and Lead-Times in Supply Chains. *International Journal of Production Economics*. 85 (2): 171–81.

De Paula, L. B., & Lafuente, A. M. G. (2018). UNA CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS EMPRESAS A PARTIR DE LÓGICA BORROSA. *Cuadernos del CIMBAGE*, 1(20), 51-83.

De Vito, E. L. (2006), Introducción al razonamiento aproximado: lógica difusa. *Revista Americana de Medicina Respiratoria*, 6(3).

DINERO. (2015). Datos curiosos de las regiones y los departamentos de Colombia.

Doering , O., Randolph, J., & Southworth , S. (2002). Effects of climate change and variability on agricultural production systems. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Donaldson, T. and Preston, L.E. (1995), "The stakeholder theory of the corporation:

Dyer, J.H. and Singh, H. (1998), "The relational view: cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage", *Academy of Management Review*, Vol. 23 No. 4, pp. 660–679.

Echeverry, C. y Montanez, D. (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. Pontificia universidad Javeriana.

Eisenhardt, K.M. (1989), "Agency theory: an assessment and review", *The Academy of Management Review*, Vol. 14 No. 1, pp. 57-74.

EL ESPECTADOR. (2016). año para revolucionar el agro. El espectador.

El País. (2014). El país. Obtenido de <http://www.elpais.com.co/valle/cultivo-de-frutas-sigue-creciendo-en-el-del-cauca.html>

El Tiempo. (2013). Agricultores del Valle del Cauca hablan sobre la realidad del sector.

El Tiempo. (2017a). En diciembre, exportaciones colombianas crecieron un 32,7 por ciento.

El Tiempo. (2017b). Colombia tiene 26 productos agrícolas con potencial exportador.

Elgue, M., & Chiaradía, C. (2007). Formas Asociativas para la Agricultura Familiar. Elementos para el análisis funcional y normativo de las distintas formas jurídicas.

ELLA. (2013). Expansión de las microfinanzas en zonas rurales de américa latina.

Emmons, H. & S. Gilbert. (1998). Returns policies in pricing & inventory decisions for catalogue goods. *Management Science* 44, (2): 276-83

Eppen, G. D., & A. V. Iyer. (1997). Backup agreements in fashion buying - the value of upstream flexibility. *Management Science* 43, (11): 1469-1484

Espinal, A. A. C., & Montoya, R. A. G. (2009). Cadena de suministro en el sector minero como estrategia para su productividad. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (25), 93-102.

Espinosa, A. (2017). Situación actual y perspectivas agropecuarias. Obtenido de <http://m.portafolio.co/opinion/andres-espinosa-fenwarth/situacion-actual-y-perspectivas-agropecuarias-2017-503226>

Espinosa, H. R., David, A. V. Ú., González, I. C. T., & Molina, S. G. (2016). Guía para la formulación del plan general de asistencia técnica (PGAT) y la implementación del registro único de usuarios de asistencia técnica (RUAT). Fondo Editorial Biogénesis, 1-34.

FAO. (2004). Uso de fertilizantes por cultivo en Argentina.

FAO. (2012). *FAO Statistical Yearbook 2012-World Food and Agriculture*.

FAO. (2013). Puntos críticos en financiamiento y comercialización agropecuaria.

FAO. (2014). Plan para la seguridad alimentaria, nutrición y erradicación del hambre de la CELAC 2025. Santiago de Chile: FAO.

FAO. (2015). Depósito de documentos de la FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/007/j4192s/j4192s07.htm>

FAO. (2015). The economic lives of smallholder farmers: An analysis based on household data from nine countries.

FAO. (2017). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Obtenido de <http://www.fao.org/about/es/>

Fawcett, S. E., & Magnan, G. M. (2002). The rhetoric and reality of supply chain integration. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.

Ferreira, J.C., Granados, G. and Sierra, J.E. (2015). El Valor de Shapley Como Estrategia de Optimización de Recursos Sobre Power Line Communication (PLC). 11 (22): 189–211.

Fielder, F. E. (1964), “A theory of leadership effectiveness”. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology*. New York: Academic Press

Fielder, F. E. (1964), “A theory of leadership effectiveness”. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology*. New York: Academic Press

FINAGRO. (2017). El momento del Agro. Obtenido de <https://www.finagro.com.co/noticias/el-momento-del-agro>

Flynn, Barbara B., Baofeng Huo, and Xiande Zhao. (2010). “The Impact of Supply Chain Integration on Performance: A Contingency and Configuration Approach. *Journal of Operations Management*. 28 (1): 58–71.

Freeman, R.E. (1984), *Strategic Management: A Stakeholder Approach*, Pitman, Boston, MA.

García Cascales , M. (2009). Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y “Soft Computing”. Cartagena: Departamento de Electrónica, Tecnología de computadoras y proyecto, Universidad Politecnica de Cartagena.

García Cascales , M. (2009). Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y “Soft Computing”. Cartagena: Departamento de Electrónica, Tecnología de computadoras y proyecto, Universidad Politecnica de Cartagena.

Giannoccaro, I., & Pontrandolfo, P. (2004). Supply chain coordination by revenue sharing contracts. *International journal of production economics*, 89(2), 131-139.

Giannoccaro, I., & Pontrandolfo, P. (2004). Supply chain coordination by revenue sharing contracts. *International journal of production economics*, 89(2), 131-139.

Gonzalez-Feliu, J., & Morana, J. (2011). Collaborative transportation sharing: from theory to practice via a case study from France. In *Technologies for supporting reasoning communities and collaborative decision making: Cooperative approaches* (pp. 252-271). IGI Global

Gonzalez-Feliu, J., Morana, J., Grau, J. M. S., & Ma, T. Y. (2013). Design and scenario assessment for collaborative logistics and freight transport systems. *International Journal of Transport Economics/Rivista internazionale di economia dei trasporti*, 207-240.

Grossman, Thomas A, Thomas R Rohleder, and Edward A. Silver. (2000). A Negotiation Aid for Fixed-Quantity Contracts with Stochastic Demand and Production. *International Journal of Production Economics* 66 (1): 67–76.

Guarín, A. (2013). The value of domestic supply chains: Producers, wholesalers, and urban consumers in Colombia. *Development Policy Review*, 31(5), 511-530.

Gutierrez, E. V., Zapata, S. C., & Posada, J. S. J. (2018). Design and Implementation of a Logistic Capability Maturity Model for Health Care Services at Home/Diseno e implementacion de un modelo de madurez de capacidades logisticas en servicios de

atencion medica domiciliaria/Desenho e implementacao de um modelo de maturidade de capacidades logisticas em servicos de atencao medica domiciliar. *Revista Gerencia y Politicas de Salud*, 17(35)

Homans, G.C. (1958), "Social Behavior as Exchange", *American Journal of Sociology*, Vol. 63 No. 6, pp. 597-606.

Hou, Y., Wei, F., Li, S. X., Huang, Z., & Ashley, A. (2017). Coordination and performance analysis for a three-echelon supply chain with a revenue sharing contract. *International Journal of Production Research*, 55(1), 202-227.

Huang, S. (2004). Global trade patterns in fruits and vegetables.

Hunt, S.D. and D.F. Davis. (2008), "Grounding Supply Chain Management in Resource–Advantage Theory", *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 44 No. 1, pp. 10-21.

Huo, B. (2012). The impact of supply chain integration on company performance: an organizational capability perspective. *Supply Chain Management: An International Journal*.

Hurtado, S. M. (2006). Estado de la cuestión acerca del uso de la lógica difusa en problemas financieros. *Cuadernos de administración*, 19(32), 195-223.

Jensen, M.C. and Meckling, W.H. (1976), "Theory of the firm: managerial behavior, agency costs and ownership structure", *Journal of Financial Economics*, Vol. 3 No. 4, pp. 305-60.

Jiménez, J. M. M. (2002). El proceso analítico jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones. Caballero, R. y Fernández, GM Toma de decisiones con criterios múltiples. RECT@. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA. Serie Monografías*, (1), 21-53.

Kanda, A., & Deshmukh, S. G. (2008). Supply chain coordination: perspectives, empirical studies and research directions. *International journal of production Economics*, 115(2), 316-335.

Karakaya, Selçuk, and Ismail Serdar Bakal. (2013). "Joint Quantity Flexibility for Multiple Products in a Decentralized Supply Chain. *Computers and Industrial Engineering*. 64 (2): 696–707.

Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial marketing management*, 29(1), 65-83.

Larsen, S. T. (2000). European Logistics beyond 2000. *International Journal of Physical Distribution & Logistics*. 30 (6): 377–87.

Lee, H., & S. Whang. (1999). Decentralized multi-echelon supply chains: incentives & information. *Management Science* 45, (5): 633-640

Lewin, K. (1951), *Field Theory in Social Science*, Harper & Row, London

Li, Xin, Zhaotong Lian, Kwee Keong Choong, and Xiaoming Liu. (2016). "A Quantity-Flexibility Contract with Coordination. *International Journal of Production Economics* 179: 273–84.

Lian, Zhaotong, and Abhijit Deshmukh. (2009). "Analysis of Supply Contracts with Quantity Flexibility." *European Journal of Operational Research*. 196 (2).

Liendo, M. G., & Martínez, A. M. (2001). Asociatividad. Una alternativa para el desarrollo y crecimiento de las PYMES.

Loo, R. (2002). The Delphi method: a powerful tool for strategic management. *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, 25(4), 762-769.

Lopera, M., Hornez, J., & Ordóñez, M. (2009). *Guía ambiental hortofrutícola de Colombia*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Asociación Hortofrutícola de Colombia–ASOHOFRUCOL.

López Lira, N. (2007). Elementos de integración de microempresas comerciales en el oriente del Estado de México en los primeros años del siglo XXI. *Contaduría y administración*, (221), 109-136.

López-Gómez, E. (2018). El método Delphi en la investigación actual en educación: una revisión teórica y metodológica. *Educación XX1*, 21(1), 17-40.

Management”, *Strategic Management Journal*, Vol. 18 No. 7, pp. 509-533.

Mason, A. N., & Villalobos, J. R. (2015). Coordination of perishable crop production using auction mechanisms. *Agricultural Systems*, 138, 18-30.

McLaren, Tim, Milena Head, and Yufei Yuan. (2002). Supply Chain Collaboration Alternatives: Understanding the Expected Costs and Benefits. *Internet Research* 12 (4): 348–64.

Mentzer, John T., William DeWitt, James S. Keebler, Soonhong Min, Nancy W. Nix, Carlo D. Smith, and Zach G. Zacharia. (2001). DEFINING SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. *Journal of Business Logistics*. 22 (1): 1–25.

Ministerio del Interior y de Justicia (2012) Biblioteca, contacto, Federaciones, recuperado 16 de febrero de 2013 de: <http://www.mininterior.gov.co/search/node/que%20es%20una%20federacion>

Mitchell, R.K., Agle, B.R. and Wood, D.J. (1997), “Toward a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts”, *The Academy of Management Review*, Vol. 22 No. 4, p. 853.

Morales Luna, G. (2002). Introducción a la lógica difusa. Centro de Investigación y Estudios Avanzados. México.

Morash, E. A., & Clinton, S. R. (1998). Supply chain integration: customer value through collaborative closeness versus operational excellence. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 6(4), 104-120.

Moreno, F. C., & Hervàs, J. C. (2009). Uso del método Delphi para la elaboración de una medida de la calidad percibida de los espectadores de eventos deportivos. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (15), 21-25.

ONU. (2014). The Road to Dignity by 2030. New York.

ONU. (2017). Hambre y seguridad alimentaria - Desarrollo Sostenible. Obtenido de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>

Orjuela Castro, J. A. (2008) Incidencia del diseño de la cadena de suministro alimentaria en el equilibrio de flujos logísticos (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá).

Orjuela Castro, J. A., Morales Aguilar, F. S., & Mejía Flórez, L. F. (2017). ¿Cuál es la mejor cadena de suministro para frutas perecederas, lean o ágil?.

Orjuela-Castro, J. A., Gamez, G. L. D., & Celemín, M. P. B. (2017, September). Model for logistics capacity in the perishable food supply chain. In Workshop on Engineering Applications (pp. 225-237). Springer, Cham.

Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B., & Weber, C. V. (1993). Capability maturity model, version 1.1. IEEE software, 10(4), 18-27.

Peña Orozco, D., Agudelo S. y Rivera L. (2019). Análisis del comportamiento del contrato de distribución de ingresos en una cadena de abastecimiento frutícola, Rev. int. métodos numér. cálc. diseño ing. (Online first). URL https://www.scipedia.com/public/Pena_Orozco_et_Al_2019a

Peña-Orozco, D. L., & Rivera, L. (2017). Sensitivity analysis of the scor metrics selected for the measurement of the management of a fruit-growing supply chain. Dyna, 84(203), 306-315.

Pérez, E. (2001). Hacia una nueva visión de lo rural. Una nueva ruralidad en América Latina.

Perez, J. (2018). Diseño de un modelo de gestión del conocimiento en cadenas de suministros colaborativas que imparten metodología VMI. Universidad Santo Tomas.

Pineda, C.A., and López, C.A. (2013). Una Revisión Al Estado Del Arte de La Integración de Toma de Decisiones En La Red Logística. *Ingeniería* 18 (1): 118–48.

Ploeg, V. (2014). Desigualdades de agricultura familiar.

Ramdas, K. & Spekman, R.E. (2000), “Chain or shackles: understanding what drives supply-chain performance”, *Interfaces*, Vol. 30 No. 4, pp. 3-21.

Ramirez , J., Salazar, M., & Jarvis, A. (2012). A way forward on adaptation to climate change in Colombian agriculture: perspectives towards 2050. *An international journal, Climatic Change*.

Rojas, F. (2014). Formas de asociatividad que prevalecen en la dinamización de las cadenas productivas agrícolas en Colombia.

Romero, R. (2009). Las formas asociativas en la agricultura y las cooperativas.

Ruiz, A.F., Caicedo, A.L. and Orjuela, J.A. (2015). Integración Externa En Las Cadenas de Suministro Agroindustriales : Una Revisión Al Estado Del Arte External Integration on Agri-Food Supply Chain : A Review to the State of the Art, 167–88.

SAC. (2014). Encuesta de opinión empresarial agropecuaria (EOEA). Medición: iv trimestre de 2014.

SAC. (2015). Balance preliminar de 2015 y perspectivas de 2016. Obtenido de <http://www.sac.org.co/es/estudios-economicos/balance-sector-agropecuario-colombiano/290-balance-y-perspectivas-del-sector-agropecuario-2012-2013.html>

Salas, K., Miguél, H., & Acevedo, J. (2017). Metodología de Gestión de Inventarios para determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministro. *Ingeniare. Rev. chil. ing.* vol.25 no.2.

Salcedo, O., & Guzman, L. (2014). Agricultura familiar en américa latina y el caribe: Recomendaciones de Política.

Sethi, S. P., H. Yan, and H. Zhang. (2004). Quantity Flexibility Contracts: Optimal Decisions with Information Updates. *Decisions Sciences* 35 (4): 691–712.

Shukla, Manish, and Sanjay Jharkharia. (2013). Agri-Fresh Produce Supply Chain Management : A State-of-the-Art Literature Review.

Simatupang, T. M., & Sridharan, R. (2002). The collaborative supply chain. *The international journal of logistics management*, 13(1), 15-30.

Soosay, C. A., & Hyland, P. (2015). A decade of supply chain collaboration and directions for future research. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(6), 613-630.

Sotomayor, O., Rodríguez, A., & Rodrigues, M. (2011). Competitividad, sostenibilidad e inclusión social en la agricultura. *Supply chain performance. Management Science*, Vol. 45, pp. 1091-1108.

Spekman, R. E., Kamauff Jr, J. W., & Myhr, N. (1998). An empirical investigation into supply chain management: a perspective on partnerships. *Supply Chain Management: An International Journal*, 3(2), 53-67

Spekman, R. E., Kamauff Jr, J. W., & Myhr, N. (1998). An empirical investigation into supply chain management: a perspective on partnerships. *Supply Chain Management: An International Journal*, 3(2), 53-67

Spence, M. (1973), "Job Market Signaling", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 87 No. 3, pp. 355- 74.

Teece, D.J., Pisano, G. and Shuen, A. (1997), "Dynamic Capabilities and Strategic

Teruel, M., & Cabrera, A. (2010). Frutas y hortalizas en España. Obtenido de <http://documents.mx/documents/frutas-y-hortalizas-en-espana.html>

Tornatzky, L.G. and Fleischer, M. (1990), "The Processes of Technological Innovation", Lexington Books, Lexington, MA.

Tsay, A. A. (1999). The quantity flexibility contract and supplier-customer incentives. *Management science*, 45(10), 1339-1358.

UNCTAD. (2015). *Commodities and Development Report 2015. Smallholder Farmers and Sustainable Commodity Development*.

Van Der Rhee, B., Van Der Veen, J. A., Venugopal, V., & Nalla, V. R. (2010). A new revenue sharing mechanism for coordinating multi-echelon supply chains. *Operations research letters*, 38(4), 296-301.

Van der Rhee, B., van der Veen, J. A., Venugopal, V., & Nalla, V. R. (2013). Corrigendum to “A new revenue sharing mechanism for coordinating multi-echelon supply chains” [*Oper. Res. Lett.* 38 (4)(2010) 296–301]. *Operations Research Letters*, 5(41), 562.

Varela-Ruiz, M., Díaz-Bravo, L., & García-Durán, R. (2012). Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud. *Investigación en educación médica*, 1(2), 90-95.

Vassilev, V., Genova, K., & Vassileva, M. (2005). A brief survey of multicriteria decision making methods and software systems. *Cybernetics and information technologies*, 5(1), 3-13.

Walsh, Patrick M., Peter A. Williams, and Cathal Heavy. (2008). Investigation of Rolling Horizon Flexibility Contracts in a Supply Chain under Highly Variable Stochastic Demand. *IMA J Management Math* 19 (2): 117–35.

Weng, Z. Kevin. (1995). Channel Coordination & Quantity Discounts. *Management Science* 41, (9): 1509-1523

Williamson, O.E. (2008), “Outsourcing: transaction cost economics and supply chain management”, *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 44 No. 2, pp. 5-15.

Xu, L., & Beamon, B. M. (2006). Supply chain coordination and cooperation mechanisms: an attribute-based approach. *Journal of Supply Chain Management*, 42(1), 4-12.

Xu, Ningxiong. (2005). Multi-Period Dynamic Supply Contracts with Cancellation. *Computers and Operations Research*. 32 (12): 3129–42.

Yuan, Qingnin, and Peng Chen. (2010). Research on the Agricultural Supply Chain Management and Its Strategies. *IEEE International Conference on Emergency Management and Management Sciences (ICEMMS)*, 173–76.

Zhang, J., Liu, G., Zhang, Q., & Bai, Z. (2015). Coordinating a supply chain for deteriorating items with a revenue sharing and cooperative investment contract. *Omega*, 56, 37-49.

Zhou, Y. W., & Yang, S. (2008). Pricing coordination in supply chains through revenue sharing contracts. *Information and Management Sciences*, 19(1), 31-51.

Zhu, Xiang. (2006). Replenishment Strategy and Coordination with Quantity Flexibility in a Rolling-Horizon Environment, 94.