

Flexible Quantity Contract applied in a Small Agricultural Producers Supply Chain

Contrato de Cantidad Flexible aplicado en una Cadena de Suministro de Pequeños Productores Agrícolas

D. L. Peña-Orozco  ; S. Palomino-Rengifo  ; J. A. Álvarez  ; L. Rivera-Cadavid 

DOI: <https://doi.org/10.22517/23447214.24503>

Artículo de investigación científica y tecnológica

Abstract—Flexible quantity contract has been widely used as a coordination mechanism in decentralized supply chains. Its application it allows to determinate purchase and sale quantities and variability limits in order to reduce the losses risk and improves the supply chain overall profit. However, this one is not focused on the income distribution, because this kind of contract seeks to improve the overall profit through agreements in the supplier-buyer relationship, without analyzing the behavior of revenues. This article proposes a hybrid method including the asymmetrical Shapley value as a contract model complement. The proposed model is validated in the case of study in a small farmer citrus supply chain with three echelons: producer, intermediary and retailer. Supply chain is decentralized, uncoordinated and intermediary is a dominant player. The model of application allows to obtain optimal transfer quantities between echelons to get the maximum global profits together with an equitable profits distribution using Shapley value. Subsequently, profit is translated in terms of income, both general and for each echelon in the supply chain. It is concluded that it is possible from the game theory approach, to balance the dominant positions between echelons to improve the distribution of income between each one of them.

Index Terms— Agricultural products, Contract management, Coordinate measuring, Supply chain management

Resumen—El contrato de cantidad flexible ha sido utilizado ampliamente como mecanismo de coordinación en cadenas de suministro descentralizadas. Su aplicación permite determinar las cantidades de compra y venta y los límites de variabilidad que reducen el riesgo de pérdidas y mejora la utilidad global de la cadena. Sin embargo, existe un vacío en cuanto la distribución de ingresos, debido a que este tipo de contratos busca mejorar la utilidad global a través de acuerdos en la relación proveedor-comprador, sin analizar el comportamiento de los ingresos. Este artículo propone un método híbrido que incluye el uso del valor de Shapley asimétrico como complemento al modelo de contrato. El modelo propuesto se valida en el caso de estudio de una cadena de suministro cítrica de pequeños productores de tres eslabones: productor, intermediario y detallista; la cadena es

descentralizada, está descoordinada y presenta al intermediario como jugador dominante. A partir de la aplicación del modelo se determinan las cantidades óptimas de transferencia entre los eslabones que permiten la ganancia global máxima junto con una distribución equitativa de la utilidad utilizando el valor de Shapley. Posteriormente la utilidad se traduce en términos de ingreso, tanto global como para cada eslabón de la cadena. Se concluye que es posible desde el enfoque de teoría de juegos, equilibrar las posiciones de dominancia entre los eslabones de la y mejorar la distribución de los ingresos entre cada uno de ellos.

Palabras claves— Gestión de contratos, gestión de la cadena de suministro, medición coordinada, productos agrícolas.

I. INTRODUCCIÓN

LA agricultura es uno de los sectores económicos que ofrece mayor empleabilidad en el planeta, el 12% de las tierras cultivables son propiedad de pequeños productores que generan cerca del 80% de los alimentos a nivel mundial y a cuyas actividades están vinculadas cerca de 2500 millones de personas. Estas pequeñas parcelas están representadas en 500 millones de pequeñas granjas [1], sin embargo, de acuerdo con [2], más del 55% de los hogares de estos pequeños agricultores están por debajo de la línea de pobreza.

De acuerdo con [3], en Colombia el sector agropecuario es el principal generador de empleos en las zonas rurales y en el contexto general es el tercer sector que mayor empleo genera en el país después del sector comercial y los servicios comunales, lo que equivale al 16,9% de la población ocupada. Con respecto a las zonas rurales, la agricultura representa un 62,6% de los ocupados con más de 2,9 millones de empleados.

El sector cítrico objeto de estudio en este documento, ha mostrado en Colombia un incremento en la participación en el

This manuscript was sent on October 02, 2020 and accepted on September 25, 2021.

"This work was supported by the Corporacion Universitaria Minuto de Dios and Universidad del Valle, under doctoral project of investigation titled: La distribución del ingreso entre los eslabones de una cadena frutícola descentralizada de tres niveles con el uso de un mecanismo de integración".

D.L. Peña-Orozco, is Associate professor of the Industrial Engineering Program, of the Engineering Faculty of the Corporacion Universitaria Minuto de Dios en Buga, Colombia. (dpenaorozco@uniminuto.edu.co).

S. Palomino-Rengifo: Industrial Engineer graduated from the Universidad del Valle. Currently linked to the industrial sector. (santiago.palomino@correounivalle.edu.co).

J. A. Alvarez, Industrial Engineer graduated from the Universidad del Valle. Currently linked to the industrial sector. (juliana.alvarez@correounivalle.edu.co)

L. Rivera PhD. Professor and Director of Postgraduate Programs at the School of Industrial Engineering of the Universidad del Valle en Cali-Colombia. (leonardo.rivera.c@correounivalle.edu.co)



sector agrícola general, que a pesar de las ventajas competitivas que ofrecen las condiciones del país, acorde con [4], existe una alta dispersión en la producción, bajo grado de asociatividad entre los productores y falta de acceso a crédito y tecnología lo que se traduce en un bajo grado de integración, y poca coordinación en la cadena de abastecimiento. Este fenómeno es un problema que se presenta en cualquier tipo de cadena, lo que ha permitido que autores como [5] presenten una clasificación, en la cual agrupan los tipos de coordinación en: coordinación a través de las funciones de la cadena de suministro, coordinación a través de las interfaces de la cadena de suministro y mecanismos de coordinación. Éste último, se divide en mecanismos relacionados con la toma de decisiones conjunta, la información compartida, las tecnologías de información y los contratos.

Uno de los tipos de contratos que han sido identificados en la literatura por autores como [6], es el contrato de cantidad flexible, en el cual, se definen una serie de parámetros entre el vendedor y el comprador como cantidad, precio y calidad en un horizonte de tiempo determinado que media la relación comercial entre las partes.

En el desarrollo de este documento, se estudia la distribución de ingresos, a través del uso de un modelo de contrato de cantidad flexible al que se le incluye el valor de Shapley como mecanismo de coordinación, en el contexto de una cadena de abastecimiento frutícola en un país en vía de desarrollo. Para evaluar su desempeño se formula un caso de estudio, en una cadena cítrica de pequeños productores, que opera en una región del Valle del Cauca en Colombia. La cadena está compuesta por tres eslabones: productor, intermediario y detallista. Se realiza un análisis de escenarios, para estudiar el comportamiento de la distribución del ingreso frente a cambios en las diferentes variables del modelo para finalmente concluir sobre la conveniencia de la utilización de este tipo de contrato.

II. MODELO DE CONTRATO DE CANTIDAD FLEXIBLE

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 [7]. En ellos se determinan parámetros como cantidad, precio, tiempo y calidad que un proveedor debe cumplir para satisfacer la demanda de un comprador [8]. En particular, [6] plantea que los contratos definen la forma en que el riesgo se comparte entre los agentes de la cadena de suministro e identifican los diferentes modelos de contrato que se han desarrollado en la literatura. Estos incluyen contratos de descuento por cantidad planteados en [9], contratos de cantidad flexible (QF) propuestos en [10], acuerdos de seguridad [11], políticas de devolución [12], mecanismos de incentivos [13], reglas de asignación [14] y

contratos de distribución de ingresos (RS) presentados en [15].

El contrato de cantidad flexible, es definido por [10] como un método de coordinación en las cadenas de suministro, en la que el cliente se compromete a no comprar ningún elemento por debajo del valor pronosticado y el proveedor garantiza entregar hasta cierto porcentaje máximo de variabilidad del monto anterior. En su estudio demuestra que el contrato de cantidad flexible puede ser usado para lograr un resultado óptimo en el sistema, que es validado por [16], quienes demostraron que la aplicación del contrato de cantidad flexible en una cadena de dos eslabones, compuesta por productor y minorista, permite lograr los máximos beneficios para cada eslabón a partir de la sinergia que se genera con base en los acuerdos establecidos.

Por otro lado, autores como [17] analizan el caso de una cadena de suministro descentralizada con un solo minorista y un solo productor, donde el minorista vende múltiples productos en un solo período; concluyendo que existe una mejora del beneficio esperado del minorista en la incertidumbre de la demanda, lo cual depende en gran medida del descuento en el precio de venta de los productos. Así mismo, el fabricante también puede beneficiarse sustancialmente de la flexibilidad proporcionada al minorista ya que aumenta la incertidumbre que enfrenta el fabricante (riesgo compartido).

Otro tipo de problema que se pretende solucionar a través de los contratos de cantidad flexible corresponde a la decisión de transferencia entre un fabricante a un minorista, planteada por [18], donde proponen un modelo de cantidad flexible en una cadena compuesta por un fabricante y un minorista, en el cual estudian el problema de decisión de cantidad y el efecto de la flexibilidad (denotado como η), los costos de inventario y costos de transferencia, para una cadena que presenta una demanda aleatoria de un producto de corto ciclo de vida. Esta situación es muy pertinente con el enfoque del contrato de cantidad flexible que busca compartir el riesgo entre las partes, proponiendo una cantidad de flujo flexible como respuesta a la variabilidad de la demanda y determinando un porcentaje máximo de esa variabilidad. Con este mecanismo, el minorista ofrece un contrato al fabricante acordando una cantidad inicial propuesta a partir del pronóstico de la demanda, proporcionando una estimación de la cantidad que debe fabricar. Por su parte, el fabricante prevé que el minorista propondrá en el contrato una cantidad q suficiente para satisfacer la demanda del mercado.

En [18] se menciona que debido a que el minorista puede devolver productos después de afinar la información del pronóstico de la demanda, probablemente propondrá una cantidad mayor a la que comprará finalmente. Por su parte, el fabricante conoce la inclinación del minorista y debido a que

su ganancia disminuye cuando la demanda actual Q del cliente es menor que la cantidad q propuesta inicialmente por el detallista para satisfacer la demanda del mercado ($Q > q$), el fabricante escoge producir la cantidad obligatoria del contrato. Estas situaciones atentan contra los ingresos totales en la Cadena de Suministro, por lo tanto, el modelo de cantidad flexible involucra una escala restringida de fluctuación donde el productor debe satisfacer la máxima demanda en caso de escasez, mientras que el minorista debe ordenar una cantidad mínima para evitar una sobreproducción.

El minorista tiene dos oportunidades de realizar una orden, la primera se realiza a partir del pronóstico de la demanda y se denomina q_1 . En el horizonte de planeación el minorista puede recolectar más información acerca del comportamiento de la demanda y efectúa una orden por una cantidad q_2 . Por ende, el modelo de contrato está determinado por (q_1, q_2, η) . Para el proceso de implementación del contrato de cantidad flexible se debe realizar lo siguiente:

- El minorista pronostica la cantidad de pedido a partir de la función que describe la demanda del mercado y se la comunica al fabricante.
- Para la cantidad de pedido, el fabricante provisiona una cantidad $(1+\eta)Q$, mientras que el minorista garantiza comprar al menos una cantidad $(1-\eta)Q$.
- El minorista recopila la información actual de la demanda y puede actualizar su orden a la cantidad que realmente necesita.

En el desarrollo del estudio se determinan las cantidades de compra y venta entre los eslabones, el costo total del inventario en la cadena de suministro, precios de transferencia y variabilidad máxima; concluyendo que el contrato de cantidad flexible puede ser usado para proveer algunos incentivos en busca de coordinar la cadena de suministro y reducir los costos operacionales, lo que influye en una mejora en el desempeño de todo el sistema.

III. DISTRIBUCIÓN DE INGRESOS

Cuando se habla de la distribución de ingreso, se aborda un concepto económico que se refiere a la forma cómo la riqueza que se genera en una región o país es distribuida entre los diferentes segmentos de la población, medido en un periodo de tiempo determinado [19]. La distribución de ingresos se mide en términos relativos y permite establecer la concentración de la riqueza y la desigualdad dentro de la sociedad. De acuerdo con [20], uno de los indicadores más frecuentes para medir la desigualdad es el coeficiente de Gini que permite establecer una medida relativa de la repartición del ingreso entre los miembros de una sociedad. En las cadenas de abastecimiento, el concepto de distribución de ingresos se circunscribe al comportamiento de la distribución de los ingresos entre sus eslabones, que sugiere la utilización de mecanismos de la coordinación como

los contratos de distribución de ingresos mencionados arriba. En [21] se plantea que estos contratos definen una fracción a priori para que los ingresos de la cadena sean repartidos entre los eslabones. Esta fracción puede estar definida de manera dependiente o independiente de los ingresos. Los contratos requieren el acuerdo entre los miembros de la cadena y en ese sentido plantean relaciones que pueden sugerir roles determinantes entre los eslabones, por lo que pueden configurar escenarios que deben ser estudiados por la teoría de juegos.

Existen dos tipos de interacciones clasificadas como:

- Los juegos cooperativos o coaliciones: corresponden a una estructura donde los agentes tienen cierta información a priori de las coaliciones y realizan acuerdos de cooperación en busca de obtener un mejor beneficio en comparación con su trabajo individual.
- Los juegos no cooperativos: están compuestos por un conjunto de jugadores, cada uno con estrategias individuales en busca de la maximización del rendimiento individual con base en el estudio de sus oponentes y sus posibles estrategias a desarrollar.

En los juegos cooperativos se aumenta la probabilidad de obtener una ganancia superior en comparación con la obtenida al actuar individualmente en un entorno competitivo; así mismo, en un juego cooperativo no es necesario analizar las estrategias de los jugadores como ocurre en los juegos no cooperativos; basta solo con conocer la utilidad que puede obtener cada coalición y el vector pagos asociado a los resultados del juego [25]. Uno de los principales interrogantes en la teoría de juegos cooperativos corresponde a cómo distribuir el valor de un bien de forma equitativa entre los jugadores. En el caso particular de este estudio ¿cómo distribuir los ingresos en una cadena de suministro agrícola de pequeños productores?

En la literatura se han desarrollado una gran variedad de mecanismos de distribución que pueden ser usados en una cadena de suministro, tales como: teoría de juegos, programación matemática [26], y negociación en busca de determinar el precio de transferencia entre eslabones, que tiene como uno de sus objetivos principales determinarlos de forma equitativa. Se identifica en [27] los diferentes estudios que se han realizado al respecto, entre los cuales se destacan los siguientes: Valor de Shapley para determinar precios de transferencia [28]; mecanismo de obtención de precio de transferencia para una empresa de n -divisiones [29]; sistemas de control en las negociaciones de los precios de transferencia [30]; y [31], quienes examinan juicios de gerentes sobre la influencia de los precios de mercado en las negociaciones sobre precios de transferencia.

El valor de Shapley es definido por [25] Ferreira et al. (2015) como un mecanismo que busca establecer una única

asignación de recursos a los jugadores que participan en un juego con escenario cooperativo. A través de este mecanismo se intenta distribuir los ingresos de forma equitativa garantizando que se cumplan una serie de axiomas previamente establecidos (eficiencia, simetría, jugador nulo, aditividad), determinando un coeficiente de distribución para cada uno de los miembros o coaliciones que integran el juego, el cual dependerá de su aporte individual a la cadena de suministro [32].

Para el valor de Shapley de acuerdo con [33] existen dos variaciones, el valor proporcional de Shapley que satisface algunos axiomas clásicos como eficiencia, igualdad de trato, jugador ficticio y, en segundo lugar, el valor asimétrico de Shapley que no cumple estas propiedades. El valor proporcional de Shapley está bien definido para los juegos en los que el valor de todas las coaliciones únicas tiene el mismo signo. Por otra parte, el Valor asimétrico de Shapley (no tan restrictivo) incluye varias aplicaciones, como juegos de aeropuerto [34], problemas de viaje compartido [35], juegos de intercambio de datos [36], problemas de costo compartido de la carretera [37] y varios otros problemas de costo compartido mencionados en [38].

El método de Valor de Shapley [39] asume que (G, v) es un juego cooperativo y $G = \{1,2,3\}$ representa el conjunto de jugadores, como son el proveedor, el fabricante y el minorista. Si para algún subconjunto de G , su función de ingresos $v(g)$ satisface $\tau'_i(v) \geq v(i)$, $\sum_{i=1}^3 \tau'_i(v) = v(G)$, entonces el valor de Shapley para la distribución de ingresos entre todos los eslabones de la cadena de suministro bajo el esquema de cooperación de G es:

$$\tau'_i(v) = \sum_{i \in g, g \subset G} w(|g|)[v(g) - v(g \setminus i)], \quad i = 1,2,3.$$

Donde $v(g \setminus i)$ es el ingreso del subconjunto g después de eliminar el jugador i , $w(|g|) = \frac{(3-|g|)!(|g|-1)!}{3!}$ es el factor de ponderación; y $|g|$ representa el número de elementos del subconjunto g .

La conclusión de éste estudio es que, para facilitar la cooperación entre los miembros de la cadena de suministro, el método del Valor de Shapley asimétrico está configurado para alentar la respuesta positiva de los participantes. Los resultados teóricos muestran que esta estrategia puede dar como resultado un mayor ingreso para los miembros involucrados en la cooperación frente a los generados en la toma de decisiones no cooperativa. Por lo tanto, se logra la optimización global y la coordinación perfecta de la cadena de suministro.

IV. CASO DE ESTUDIO

Las cadenas agrícolas colombianas, han trabajado de forma aislada, pues no existe un manejo integrado de los procesos entre los agentes que las componen [40]. Uno de los principales problemas está relacionado con el perfil descentralizado de la cadena, que se caracteriza por el conflicto de intereses que surge entre los eslabones principalmente en la búsqueda de optimizar su desempeño individual [32]. En cuanto a las cadenas frutícolas, un alto volumen de frutas proviene de pequeños productores, lo que implica mayores tiempos de consolidación y teniendo en cuenta la condición perecedera y las fluctuaciones de la demanda, se aumenta el riesgo de pérdida de los agentes [41]. Por su parte, los cítricos han tomado un papel importante en el sector frutícola Colombiano en los últimos años debido a las ventajas comparativas que presenta el país, por su temperatura, pluviosidad, condiciones agroecológicas y de suelo, que generan mayores rendimientos por hectárea en comparación con otras regiones del mundo; sin embargo, a pesar de estas ventajas, existen factores que limitan la competitividad del sector como la falta de escalas comerciales, falta de gestión empresarial y desarrollo tecnológico [42].

Estos fenómenos afectan directamente las negociaciones del productor en cuanto al establecimiento de precios y cantidades de venta, frente a estas condiciones, en [43] se mencionan algunas medidas para mejorar este escenario tales como: tener un contrato de venta para la producción aumenta los ingresos con relación a aquellos productores que no tienen asegurada la venta de sus productos. El ingreso promedio per cápita de las UPAs (Unidad Productiva Asociativa) de pequeños productores que tienen contrato de venta para sus productos es 1,81 veces superior al ingreso promedio per cápita de las UPAs que no tienen contrato de venta para sus productos. Aplicar acuerdos contractuales permite desarrollar asociaciones más eficientes y más incluyentes, generando mayores niveles de crecimiento económico, tal como lo comprueban [44,45].

Para el desarrollo de este estudio se selecciona una cadena de abastecimiento cítrica ubicada en la zona rural del Norte del departamento del Valle del Cauca, Colombia, compuesta por tres eslabones: productor, intermediario y detallista, que actualmente ejecutan sus funciones de forma descoordinada. En primer lugar, se determina el comportamiento de los ingresos y costos actuales de la cadena, y se identifican las restricciones y supuestos que se tienen en cuenta para la aplicación efectiva del modelo propuesto. A continuación, se determina el valor de cada uno de los parámetros utilizados en el modelo y se concluye con el resultado de la aplicación de las ecuaciones de cantidades óptimas, ganancias y distribución de ingresos.

La cadena objeto de estudio está compuesta por una gran

cantidad de pequeños productores cítricos, que en su mayoría producen menos de 15 toneladas de cítricos por mes. No llevan ningún registro de sus costos y gastos, sin embargo, reconocen que al momento de realizar las negociaciones con los intermediarios existe una importante variación en los precios de transferencia correspondiente a las fluctuaciones de la demanda y a las temporadas de cosecha de la fruta. En cuanto a las características del segundo eslabón, se caracteriza porque además de ejecutar las labores correspondientes al transporte, pesaje, lavado y empaquetado de fruta, también posee tierras cultivadas de cítricos, es decir, que realiza actividades de productor. Sin embargo, para el caso de estudio se considera sólo como intermediario. Por su parte, los detallistas se encuentran ubicados en los centros urbanos de ciudades aledañas, y registran una alta variabilidad en los precios ofrecidos al consumidor, que responden al comportamiento general del mercado.

V. FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

El modelo de contrato que se propone se presenta en dos etapas: la primera, corresponde a la aplicación del modelo de contrato de cantidad flexible convencional que permite determinar las cantidades de compra y venta y los límites de variabilidad permitidos con el objetivo de optimizar el desempeño de la cadena en términos de utilidad. La segunda etapa consiste en realizar la distribución de ingresos incluyendo en el modelo de contrato el Valor de Shapley, el cual, con base en la participación de cada uno de los jugadores, establece una asignación de recursos de forma equitativa, permitiendo un escenario de coordinación. Para su aplicación en la cadena de abastecimiento objeto de estudio, es necesario realizar una serie de supuestos y consideraciones que se presentan a continuación:

- Para efectos de asociación, se considera al productor, como la suma de los productores de la cadena estudiada.
- Se considera al intermediario como único proveedor del detallista para abastecerse de producto.
- Los datos utilizados en el modelo corresponden a los valores de precios y cantidades de temporadas altas, debido a que es la temporada en la que se obtienen las menores ganancias y es el escenario adecuado para buscar la maximización de los ingresos.
- El precio de venta del detallista se calcula como el promedio de los precios de venta de los periodos considerados.
- Para efectos de considerar el valor de salvamento, el ciclo de vida del producto se toma como el ciclo de vida comercial, es decir, el período en el que el producto se encuentra en buenas condiciones para ser vendido, y por lo tanto, se le puede asignar un precio.
- El valor de salvamento se considera como el valor mínimo al que un eslabón vende el producto antes de que pierda

su valor de comercialización.

- Los agentes que conforman la cadena realizan una toma de decisiones cooperativa en cuanto a las cantidades a distribuir y comercializar, en busca de maximizar el rendimiento global.
- No se considera inventario, la totalidad de producto es vendida o se pierde en la etapa de producción.
- En ningún caso el productor podrá vender sus productos por fuera de cadena de suministro.
- El costo de pérdida del producto deteriorado por no venta en el primer eslabón es cargado a las unidades vendidas al intermediario.
- El detallista, con la información histórica de la demanda pronostica la cantidad de pedido del cliente.
- La totalidad de productos adquirida por el detallista es vendida al cliente final, ya sea a precio de venta normal o a precio de salvamento.
- En la coalición productor-intermediario, el intermediario no puede vender ninguna cantidad al cliente final.

A. Contrato de cantidad flexible

El primer modelo referente es el contrato de cantidad flexible propuesto por [18], el cual se utiliza para observar el comportamiento de la variabilidad en las cantidades a pedir por parte del detallista, limitando la escala de fluctuación en busca de mejores condiciones de comercialización, ya que en un entorno de competitividad, el minorista tiende a comprar cantidades que maximicen su rendimiento individual, lo cual puede ir en detrimento del rendimiento global; así mismo, el intermediario sólo comprará las cantidades estrictamente necesarias y puede no percibir la rentabilidad óptima por el porcentaje de ventas perdidas; y el productor al conocer esta situación, puede no vender al intermediario la totalidad de su producción, sino que preferirá vender los productos directamente al consumidor final, ya que éste le ofrece mejores precios que los obtenidos en su propia cadena.

A continuación, se presentan los parámetros que componen el modelo propuesto:

$p(t)$: Precio de venta unitario del minorista (el cual varía en función del tiempo).

m_1 : Precio unitario de transferencia entre el productor y el intermediario.

m_2 : Precio unitario de transferencia entre el intermediario y el detallista.

v : Valor unitario de salvamento del detallista.

v_2 : Valor unitario de salvamento del intermediario.

c_p : Costo unitario de producción.

c_{int} : Costo unitario del intermediario.

c_{det} : Costo unitario del detallista.

Q_1 : Cantidad a ordenar del detallista.

Q_2 : Cantidad vendida del intermediario al detallista.
 Q_3 : Cantidad vendida del intermediario a valor de salvamento.
 Q_4 : Cantidad vendida del detallista a valor de salvamento.
 Q_5 : Cantidad vendida del detallista al consumidor final.
 T : Ciclo de vida del producto.
 η : Escala de fluctuación de la cantidad a ordenar $0 < \eta < 1$.
 H : Límite superior de la cantidad a ordenar.
 L : Límite inferior de la cantidad a ordenar.
 x : Variable aleatoria que representa la demanda del cliente.
 $f(x)$: Función de densidad de probabilidad de la demanda del consumidor final.
 $F(x)$: Distribución de probabilidad de la demanda del consumidor final.

Estos parámetros están restringidos como sigue:

$$\begin{aligned} p(t) &> m_2 > m_1 \\ p(t) &> v \\ m_2 &> v_2 \end{aligned}$$

Se define la cantidad a ordenar por el detallista en la (1) como:

$$Q_1 = \begin{cases} L = (1 - \eta)Q & \text{si } x \leq L & (a) \\ x & \text{si } L < x < H & (b) \\ H = (1 + \eta)Q & \text{si } x \geq H & (c) \end{cases} \quad (1)$$

Esta cantidad a ordenar debe ser positiva, es decir, se debe encontrar entre 0 e ∞ . Se determina como una variable aleatoria que depende de la demanda del cliente, multiplicada por la probabilidad de ocurrencia como se muestra en la (2).

$$Q_1 = \int_0^\infty xf(x)dx \quad (2)$$

En segundo lugar, la (3) define la cantidad vendida del intermediario al detallista como:

$$Q_2 = H - \int_0^H F(x)dx \quad (3)$$

A continuación, en la (4) se define la cantidad vendida del intermediario a precio de salvamento.

$$Q_3 = \int_0^H F(x)dx \quad (4)$$

Por parte del detallista, se tienen dos cantidades (Q_5 y Q_4) que corresponden a la cantidad vendida al cliente final y la cantidad vendida del detallista a precio de salvamento, respectivamente, es decir:

$$Q_2 = Q_4 + Q_5 \quad (5)$$

Las ganancias tanto del productor como del intermediario y detallista, se calculan como la diferencia entre los ingresos por venta menos los costos asociados a cada eslabón, es decir:

$$* \prod_p = (m_1 - C_p)H \quad (6)$$

$$* \prod_i = m_2Q_2 + v_2Q_3 - m_1H - C_{int}H \quad (7)$$

$$* \prod_d = p(t)Q_5 + vQ_4 - m_2Q_2 - C_{det}Q_2 \quad (8)$$

Como el precio de venta del detallista al cliente final depende del ciclo de vida del producto, se calcula el precio en un instante del tiempo durante el ciclo de vida del producto T , como se observa en la (9):

$$p(t) = p_0 - \frac{p_0 - v}{T}t, \quad t \in [0, T]$$

Se determina la ecuación de ganancia propuesta para el modelo de cantidad flexible entre el detallista y el intermediario como:

$$\prod_{id} = m_2Q_2 + v_2Q_3 - m_1H - C_{int}H + p(t)Q_5 + vQ_4 - m_2Q_2 - C_{det}Q_2 \quad (10)$$

Considerando el ciclo de vida del producto, se calculan las utilidades del período de comercialización como:

$$\prod_{id} = \left(\frac{p_0 + v}{2}\right)TQ_5 + v_2TQ_3 - m_1HT - C_{int}HT + vQ_4T - C_{det}Q_2T \quad (11)$$

Se deriva dos veces la ecuación de utilidades de la coalición intermediario-detallista con respecto a H para determinar si existe un valor positivo de H tal que se encuentre un valor máximo para las utilidades. Debido a que $p_0 > v \rightarrow \frac{\partial^2 \Pi}{\partial H^2} < 0$, por lo tanto, existe un valor positivo H que maximiza la función. Por lo tanto $\frac{\partial \Pi}{\partial H} = 0$, entonces:

$$H = F^{-1} \left(\frac{0,95 \frac{(p_0 + v)}{2} - m_1 - c_{int} + 0,05v - c_{det}}{0,95 \frac{(p_0 + v)}{2} + 0,05v - v_2 - c_{det}} \right) \quad (12)$$

Como se sabe: $H = (1 + \eta)Q$, se tiene que:

$$\eta = \frac{F^{-1} \left(\frac{0,95 \frac{(p_0 + v)}{2} - m_1 - c_{int} + 0,05v - c_{det}}{0,95 \frac{(p_0 + v)}{2} + 0,05v - v_2 - c_{det}} \right)}{Q} - 1 \quad (13)$$

Se calcula la ganancia global de la cadena de suministro como la suma de las ganancias de los eslabones, es decir:

$$* \prod_{cs} = p(t)Q_5 + vQ_4 - C_{det}Q_2 + v_2Q_3 - C_{int}H - C_pH \quad (14)$$

Considerando el ciclo de vida del producto, se propone calcular las utilidades del período de comercialización como:

$$\prod_{cs} = \int_0^T \left[\left(p_0 - \frac{p_0 - v}{T}t \right) Q_5 + vQ_4 - C_{det}Q_2 + v_2Q_3 - C_{int}H - C_pH \right] dt \quad (15)$$

Una vez calculada la ganancia global de la cadena de

suministro, es necesario considerar un complemento que determine la distribución óptima de las utilidades a cada eslabón con base en el aporte marginal que realizan en la cadena.

B. Valor de Shapley en el contrato de cantidad flexible

El Valor de Shapley establece el porcentaje de distribución para cada eslabón de la cadena, y está determinado por la (16) propuesta por [39].

$$\tau'_i(v) = \sum_{i \in g, g \subset G} w(|g|)[v(g) - v(g \setminus i)], \quad i = 1, 2, 3. \quad (16)$$

Con el uso del factor de ponderación del valor de Shapley explicado arriba, a cada coalición le corresponde un peso porcentual determinado por $v(G)$, como sigue:

$$v(G) = \begin{cases} 1, & \text{si } G \in \{1, 2, 3\} \\ 0,44, & \text{si } G \in \{1, 2\} \\ 0,0435, & \text{si } G \in \{1, 3\} \\ 0, & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

Esto quiere decir que la coalición tiene valor cuando se conformen dos o más actores que al sumarse, tengan las características de producir y vender o distribuir los productos.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para tres escenarios estudiados: El actual que se caracteriza por ser descentralizado; el propuesto con el uso del contrato de cantidad flexible; y un último escenario, que corresponde a la aplicación de contrato de cantidad flexible con el complemento de la aplicación del valor de Shapley para mejorar la distribución de ingresos

A. Análisis del escenario actual

Para efectos de hacer el análisis comparable con los escenarios que se estudiarán a continuación, se utiliza como cantidad de pedido el obtenido mediante la suavización exponencial doble que arrojó el menor error cuadrático medio del pronóstico de la demanda para el productor ($Q_1 = 327 \text{ Kg}$). La Tabla I presenta los valores obtenidos para cada parámetro en el escenario de la situación actual de la cadena.

TABLA I.
PARÁMETROS CASO DE ESTUDIO

Parámetro	Valor
p_0	\$2 222/kg
m_1	\$333/kg
m_2	\$1 382/kg
v_1	\$909/kg
v_2	\$609/kg
c_p	\$411/kg
c_{int}	\$375/kg
c_{det}	\$150/kg
Q_1	327kg
Q_{2o}	258.5kg

Q_{3o}	68.5kg
Q_{4o}	12.92kg
Q_{5o}	245.57kg

Fuente: Los autores

Con base en los resultados obtenidos, se observa que los precios de transferencia entre productor-intermediario (m_1) e intermediario-detallista (m_2) presentan una diferencia del 415%, es decir el precio (m_2) es 4,15 veces mayor que el (m_1). Adicionalmente los precios de venta del productor (m_1) y los precios de venta del detallista al cliente final (p_0) presentan una diferencia aún más pronunciada correspondiente al 667,26%. Esta situación refleja la gran distorsión de precios, causada básicamente porque en la actualidad la cadena se encuentra desintegrada, es decir, cada agente trabaja bajo sus propios fines, y el intermediario es el agente dominante en la estrategia de comercialización.

Con relación a las cantidades de compra y venta entre los eslabones en la situación actual presentadas en la Fig. 1., son tomadas a partir de los resultados obtenidos del estudio de campo realizado a los pequeños productores de cítricos en el departamento del Valle del Cauca. Se observa que la cantidad transferida del productor al intermediario se distribuye entre la cantidad vendida a precio normal (correspondiente a cerca del 80% del total) y la cantidad vendida a precio de salvamento (correspondiente al 20% restante). Por su parte, el intermediario transfiere 258.5kg al detallista; el cual vende el 95% del producto a precio normal y 5% a precio de salvamento.

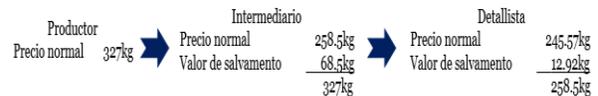


Fig. 1. Relación de cantidades entre eslabones.

Fuente: Elaboración propia.

B. Análisis del escenario coordinado

Figures Como resultado de la aplicación del modelo de contrato de cantidad flexible y el valor de Shapley se obtienen las cantidades de transferencia entre los eslabones, los límites del contrato y el porcentaje en que se distribuyen las utilidades en la cadena de abastecimiento:

Aplicando el contrato de cantidad flexible se obtienen los valores de transferencia entre eslabones junto con los límites y el porcentaje de variabilidad de la cantidad a ordenar por parte del detallista, lo cual se presenta en la Table II.

TABLE II.
PARÁMETROS CONTRATO DE CANTIDAD FLEXIBLE

Parámetro	Valor
Q_1	327kg
Q_2	306.4kg
Q_3	132.1kg
Q_4	15.3kg
Q_5	291.1kg
H	438.6kg
L	215.4kg
η	34.14%

Como resultado de la aplicación del valor de Shapley con base en el aporte marginal de utilidad de cada eslabón a las ganancias totales de la cadena se obtienen los porcentajes de distribución de ingresos presentados en la Table III.

TABLE III.
PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN DE UTILIDAD

Parámetro	Valor
$\tau'_p(v)$	0.4133
$\tau'_i(v)$	0.3933
$\tau'_d(v)$	0.1933

Con base en el modelo de contrato de cantidad flexible propuesto por [18], se toma la función de utilidad intermediario-detallista, la cual activa el modelo al recibir la orden de demanda del consumidor final, se deriva dos veces la función con respecto al límite superior H (Ec. 11) para determinar si la función es cóncava o convexa. Al tener que $p_0 > v \rightarrow \frac{\partial^2 \Pi}{\partial H^2} < 0$ lo que significa que la función Π_{id} es cóncava, por lo tanto, existe un valor positivo de H tal que maximiza la función de utilidades (Ec. 12). Por lo tanto, los valores de las cantidades Q_n al resultar de H garantizan que éstas maximizan la utilidad de la cadena de suministro. Los valores son mostrados en la Table 2.

Con base en la configuración de las cantidades que resultan a partir de la aplicación del contrato de cantidad flexible (límites de variabilidad), se encuentra que las cantidades óptimas de transferencia para satisfacer la demanda, deben ser mayores en comparación con las cantidades actuales, lo que supone, un aumento en los ingresos totales la cadena de suministro.

En la Fig. 2. se muestra la relación de las cantidades al aplicar el contrato de cantidad flexible. Se presenta una variación en las cantidades de compra y venta entre los eslabones que garantiza la máxima utilidad de la cadena de suministro. Estas variaciones están soportadas con base en el análisis del comportamiento de la demanda, su respectivo pronóstico y por la configuración de las cantidades presentadas en las (3), (4) y (5) del modelo de contrato de cantidad flexible. La variación en los montos no sólo afecta las cantidades vendidas a precio normal, sino también las cantidades vendidas a valor de salvamento, ya que éstas también hacen parte del alcance del modelo. En este caso, la configuración del contrato de cantidad flexible para la cadena objeto de estudio determina que el productor debe transferir al intermediario la cantidad

correspondiente al límite superior del contrato, es decir, 438.64kg, esto debido a que antes de conocer la demanda real, el productor debe garantizar al intermediario satisfacer la cantidad máxima de pedido (determinada por H) en caso de un aumento de la demanda, evitando pérdidas por demanda no servida; el intermediario debe vender al detallista una cantidad Q_2 a precio normal, es decir, 306.47kg correspondiente al 70% del total de la cantidad entregada por el productor y una cantidad Q_3 a precio de salvamento, equivalente a 132.17kg, es decir, el 30% de la cantidad entregada por el productor. El detallista recibe 306.47kg, de los cuales vende una cantidad Q_5 (291.15kg) a precio normal, correspondiente al 95% de los cítricos y una cantidad Q_6 (15.32kg), es decir, el 5% de los cítricos a precio de salvamento.

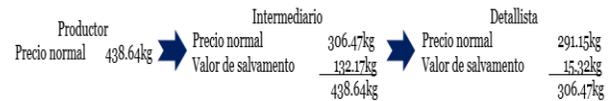


Fig. 2. Relación de cantidades entre eslabones aplicando el contrato de cantidad flexible

A Las cantidades expuestas anteriormente están soportadas con base en el comportamiento de la demanda, es decir, la configuración permite que el productor garantice la máxima cantidad permitida por el contrato de cantidad flexible H , en caso de un aumento súbito de la demanda, evitando generar pérdidas por demanda no satisfecha. Así mismo, esta cantidad H permite que en caso de que la demanda sea más baja, tanto el intermediario como el detallista puedan vender el excedente a precio de salvamento, lo que se traduce en mayores ganancias, debido a que no sacrifican las unidades de venta a precio normal, sino que cuentan con unidades adicionales para ofrecerlas a precio de salvamento al término del período de venta. Esta situación garantiza la flexibilidad en las cantidades, ya que los agentes no se limitan a ofrecer las cantidades estrictamente necesarias para cumplir con el pronóstico de venta.

A continuación, con base en las cantidades expuestas anteriormente, se obtienen las ganancias de cada eslabón junto con la ganancia global de la cadena de suministro para los escenarios: actual, el propuesto aplicando el contrato de cantidad flexible y por último el contrato de cantidad flexible aplicando el valor de Shapley como estrategia de distribución de utilidades.

TABLE IV.
GANANCIAS EN LA CADENA DE SUMINISTRO POR ESCENARIO.

GANANCIAS EN LA CADENA DE SUMINISTRO			
Eslabón	Situación Actual	Resultado contrato tradicional	Resultado aplicando el valor de Shapley
Productor	-\$51 594	-\$69 208	\$131 430
Intermediario	\$334 714	\$386 770	\$125 070
Detallista	\$349	\$413	\$61 475
Global	\$283 469	\$317 975	\$317 975

Se observa en la Tabla IV el cálculo de los valores de las ganancias totales de la cadena de suministro en las condiciones de operación actuales, y las asignaciones correspondientes a cada uno de los eslabones con las negociaciones vigentes. En el segundo escenario, se encuentran los resultados asociados a la cadena de suministro con la aplicación del contrato de cantidad flexible, donde se ha maximizado la utilidad global. Por último, a esta maximización de utilidades global, se le aplica una distribución para cada uno de los eslabones, con base en su respectivo aporte a la cadena, con la implementación del valor de Shapley.

En el primer escenario, se observa que, en la situación actual, la forma en que se realizan las negociaciones favorecen notablemente al intermediario, debido a que se realizan a partir de la ley de oferta y demanda, y los productores entregan las frutas a precios bajos con el fin de materializar la venta, ocasionando que trabajen a pérdida. En el caso del detallista, apenas logra pasar el punto de equilibrio, pues las unidades vendidas soportan los costos asociados a su actividad como detallista. En este escenario el jugador dominante es el intermediario, pues es quien tiene información de la demanda del detallista y al tener la capacidad de comprar frutas a diferentes productores, puede establecer los precios que más le convienen.

En el segundo escenario se aplica el modelo de contrato de cantidad flexible donde se determinan las cantidades óptimas de transferencia entre los eslabones, así como los límites máximo y mínimo de variabilidad en que se puede encontrar la cantidad de pedido por parte del detallista. Su aplicación permite maximizar la función de utilidad global de la cadena, así como la toma de decisiones conjunta al coordinar las cantidades de transferencia. En comparación con el escenario actual, se logra un aumento del 12% en la utilidad global, lo que permite mayores oportunidades de inversión en busca de la optimización de las operaciones de producción y distribución. Sin embargo, en este escenario el intermediario se posiciona como jugador dominante al acaparar casi la totalidad de los ingresos de la cadena. Con respecto al productor se observa que su ganancia disminuye un 34%, esto se debe al fenómeno de la estacionalidad, pues se analizó la temporada alta donde ocurre una sobreproducción que genera la disminución de los precios de venta y ocasiona pérdida de producto por no venta. Por su parte, el detallista sufre una disminución de 6% pues en primer lugar el intermediario propone un precio de transferencia alto lo cual impacta en el costo del detallista, por ende, en su rentabilidad; y en segundo lugar, la condición de perecibilidad contribuye a que la cantidad vendida a precio de salvamento no aporte lo suficiente para mitigar el alto costo de compra.

En el tercer escenario es derivado del segundo, del cual se toma la ganancia global maximizada y se aplica el valor de Shapley para distribuir las utilidades entre los jugadores de

acuerdo a su aporte marginal, con el objetivo de equilibrar los poderes en la negociación y eliminar jugadores dominantes que incentiven la competencia. En este escenario todos los jugadores obtienen una ganancia, el productor percibe cifras positivas y el detallista aumenta su utilidad, mientras que el intermediario se equilibra con base en sus operaciones.

Finalmente se traduce esta distribución Shapley de utilidades en distribución de ingresos por eslabón. Para esto de usa la siguiente expresión:

$$I_p = \tau'_p(v) * \prod_{cs} + c_p * Q_p \quad (17)$$

$$I_i = \tau'_i(v) * \prod_{cs} + c_{int} * Q_{int} \quad (18)$$

$$I_d = \tau'_d(v) * \prod_{cs} + c_{det} * Q_{det} \quad (19)$$

Donde:

- I_p = Ingreso del productor
- I_i = Ingreso del intermediario
- I_d = Ingreso del detallista
- Q_p = Cantidad vendida por el Productor
- Q_{int} = Cantidad vendida por el intemediario
- Q_{det} = Cantidad vendida por el detallista

Los resultados obtenidos son los siguientes:

TABLA IV.
INGRESOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO POR ESCENARIO APLICANDO VALOR DE SHAPLEY.

Eslabón	Distribución de Ingresos	% del total
Productor	\$ 311.711	44%
Intermediario	\$ 289.560	41%
Detallista	\$ 107.446	15%
Global	\$ 708.717	

Los resultados en términos de ingresos por eslabón para la situación actual y los arrojados después de aplicar el modelo de contrato de cantidad flexible se obtiene mediante la siguiente formulación:

$$I_p = \prod_p + c_p * Q_p \quad (17)$$

$$I_i = \prod_i + c_{int} * Q_{int} \quad (18)$$

$$I_d = \prod_d + c_{det} * Q_{det} \quad (19)$$

Donde:

- I_p = Ingreso del productor



$$I_i = \text{Ingreso del intermediario}$$

$$I_d = \text{Ingreso del detallista}$$

$$Q_p = \text{Cantidad vendida por el Productor}$$

$$Q_{int} = \text{Cantidad vendida por el intemediario}$$

$$Q_{det} = \text{Cantidad vendida por el detallista}$$

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

TABLA VI.
INGRESOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO POR ESCENARIO

DISTRIBUCIÓN DE INGRESOS				
Eslabón	Situación Actual	% del total	Resultado contrato cantidad flexible tradicional	% del total
Productor	\$ 82.803	14,3%	\$ 110.810	15,6%
Intermediario	\$ 457.339	79,0%	\$ 551.260	77,8%
Detallista	\$ 39.123	6,8%	\$ 46.384	6,5%
Global	\$ 579.265		\$ 708.454	

El resultado obtenido en términos de distribución del ingreso que se presenta en la tabla VI, refleja el comportamiento en cada uno de los eslabones, en la situación actual y después de aplicar el contrato de cantidad flexible. Se observa que, aunque el desempeño global de la cadena en términos del ingreso mejora; el ingreso en cada uno de los eslabones expresado como porcentaje del ingreso global, no cambia sustancialmente. En la tabla 5, se pueden ver los datos obtenidos aplicando el valor de Shapley donde se observa la mejor distribución de los ingresos obtenidos una vez realizado el procedimiento. Lógicamente estos resultados sugieren un ambiente de negociación colaborativo, dado que las utilidades y por tanto los ingresos mejoran para el productor y el detallista, siendo el intermediario el afectado una vez se aplica el valor de Shapley, lo que se convierte en una limitación para su implementación.

VII. CONCLUSIONES

Los eslabones de una cadena de suministro se pueden coordinar a través del uso de contratos mediante la administración de riesgos y las relaciones proveedor-comprador [5]. El contrato de cantidad flexible permite maximizar el rendimiento global de la cadena y compartir el riesgo entre los agentes que la componen a través de la determinación de cantidades de transferencia. Sin embargo, se presenta un vacío en cuanto a cómo se debe distribuir la ganancia entre los agentes, el cual es solucionado mediante la aplicación del valor de Shapley.

De la presente investigación surge un nuevo modelo de contrato que combina dos propuestas que permiten la integración de una cadena de abastecimiento del sector frutícola a partir de la toma de decisiones conjunta en cuanto a cantidades de compra y venta, aumentando el rendimiento global en un escenario descoordinado. La distribución equitativa de los ingresos entre los jugadores permite realizar mayores inversiones en la producción, almacenamiento y distribución, lo

que influye directamente en la competitividad de la cadena, mejorando la calidad de los productos. Además, la condición de equilibrio de poderes, favorece el mejoramiento de las relaciones entre los agentes.

La aplicación del contrato de cantidad flexible en cadenas de abastecimiento se debe llevar a cabo bajo ciertas condiciones que pueden disminuir la dominancia de algún agente, en busca del equilibrio de poderes para la toma de decisiones conjunta. El éxito radica en los acuerdos de compra y venta que involucran cantidades y precios de transferencia entre los agentes, ya que permite compartir el riesgo en toda la cadena y no consolidarlo en un solo agente como sucede en las cadenas frutícolas descentralizadas y descoordinadas. Estos acuerdos garantizan una compra mínima por parte del intermediario en caso de escases y una cantidad suficiente por parte del productor que responda a un aumento de la demanda, permitiendo reaccionar de forma flexible a las fluctuaciones aleatorias que se presentan y especialmente al fenómeno de estacionalidad propio de las cadenas frutícolas.

REFERENCIAS

- [1] UNCTAD o Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. "Informe sobre el Comercio y el Desarrollo". 2015.
- [2] Altieri M. A. and Nicholls, C. "Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas". Agroecología 3: 7-28. 2008.
- [3] DANE. "Comunicado de prensa censada". 2016.
- [4] Espinal, C. F., Martínez, H.J. & Peña, Y. "La Cadena de los Cítricos en Colombia- Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005". Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Obs. Agrocadenas Colombia (2005) 40. 2005.
- [5] Arshinder, K., and Deshmukh, S.G. "Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions". International Journal of Production Economics, 1115 (2008) 316-335. 2008.
- [6] Giannoccaro, I. and Pontrandolfo, P. "Supply chain coordination by revenue sharing contracts". International Journal of Production Economics (2004) 121-139. 2004.
- [7] Cachon, G.P. "Supply Chain Coordination with contracts". Handbooks in Operations Research and Management Science, North Holland Press. 2004.
- [8] Gan, X., Sethi, S.P., & Yan, H. "Channel Coordination with a Risk-Neutral Supplier and a Downside-Risk-Averse Retailer". Production and Operations Management (14). 2009.
- [9] Weng, Z. "Channel Coordination and Quantity Discounts". Management Science, 41(9), 1509-1522. 1995.
- [10] Tsay, A.A. "The Quantity Flexibility Contract and Supplier-Customer Incentives". Department of Operations y Management Information Systems. 1339-1358. 1999.
- [11] Eppen, G. and Iyer, A. "Backup Agreements in Fashion Buying—The Value of Upstream Flexibility". Management Science, 43(11), 1469-1484. 1997.
- [12] Emmons, H. and Gilbert, S. Note. "The Role of Returns Policies in Pricing and Inventory Decisions for Catalogue Goods". Management Science, 44(2), 276-283. 1998.
- [13] Lee, H. and Whang, S. "Decentralized Multi-Echelon Supply Chains: Incentives and Information". Management Science, 45(5), 633-640. 1999.
- [14] Cachon, G.P. and Larivière, M.A. "Capacity choice and allocation: Strategic behavior and supply chain performance". Management Science 45 (8), 1091–1108. 1999.
- [15] Cachon, G.P. and Larivière, M.A. "Supply Chain Coordination with Revenue-Sharing Contracts: Strengths and Limitations". Handbooks in Operations Research and Management Science, (June 200) 229-339. 2000.

- [16] Xin, L., Zhaotong, L., Choong, K.K., & Liu, X. "A quantity-flexibility contract with coordination", *International Journal of Production Economics* 179. (2016) 273-284. 2016.
- [17] Karakaya, S. and Bakal, I. "Joint quantity flexibility for multiple products in a decentralized supply chain". *Computers & Industrial Engineering*, 64(2), 696-707. 2012.
- [18] Bei-lin, L. and Wen-hui, M.A. "Application of Quantity Flexibility Contract in Perishable Products Supply Chain Coordination". *Chinese Control and Decision Conference (CCDC 2008)* 2758-2761. 2008.
- [19] Sánchez, G.V. "Introducción a la Teoría Económica un enfoque Latinoamericano". Pearson education. 2006.
- [20] Medina, F. "Consideraciones sobre el índice de Gini para medir la concentración del ingreso", *Santiago de Chile: Naciones Unidas*. 2001.
- [21] Palsule-Desai, O.D. "Supply chain coordination using revenue-dependent revenue sharing contracts". *Omega*, 41(4), 780-796. 2013.
- [22] Monsalve, S. "John Nash y la teoría de juegos". *Lecturas Matemáticas*, 24, pp.137-149. 2003.
- [23] Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1965). *Teoría de juegos y del comportamiento económico*.
- [24] Cerdá, E., Pérez, N., & Jimeno, L. "Teoría de Juegos", Madrid: PEARSON EDUCATION. 2004.
- [25] Ferreira Vega, J.C., Acuña Granados, G., Carrillo Sierra, J.E. "El valor de Shapley como estrategia de optimización de recursos sobre Power Line Communication (PLC)". *Ingeniería y Ciencia*. Vol. 11 (julio-diciembre 2015) 189-211. 2015.
- [26] Merville, L. and Petty, J. "Transfer Pricing for the Multinational Firm". *The Accounting Review*, 53(4), 935-951. 1978.
- [27] Rosenthal, E. "A game-theoretic approach to transfer pricing in a vertically integrated supply chain". *International Journal Of Production Economics*, 115(2), 542-552. 2008.
- [28] Si, X., Aksu, C., & Rosenthal, E.C. Profit sharing: "A new approach to transfer pricing". Working Paper, School of Business, Temple University. 1993.
- [29] Wettstein, D. "Allocation of resources in a divisionalized firm". *Mathematical Social Sciences*, 28(1), 51-58. 1994.
- [30] Alles, M., Newman, P., & Noel, J. "The value of information in internal management communication". *Journal of Economic Behavior and Organization*, 36 (3), 295-317. 1998.
- [31] Luft, J., and Libby, R. "Profit Comparisons, Market Prices and Managers Judgments about Negotiated Transfer Prices". *The Accounting Review*, 72(2), 217-229. 1997.
- [32] Zhang, C., and Liu, L. "Research on coordination mechanism in three-level green supply chain under non-cooperative game". *Applied Mathematical Modelling*. 37 (2013) 3369-3379. 2013.
- [33] Béal, S., Ferrières, S., Rémila, E., & Solal, P. "The proportional Shapley value and applications". *Games and Economic Behavior*. 2017.
- [34] Littlechild, S. and Owen, G. "A Simple Expression for the Shapley Value in a Special Case". *Management Science*, 20(3), 370-372. 1973.
- [35] Naor, M. "On fairness in the carpool problem". *Journal Of Algorithms*, 55(1), 93-98. 2005.
- [36] Dehez, P. and Tellone, D. "Data Games: Sharing Public Goods with Exclusion". *Journal Of Public Economic Theory*, 15(4), 654-673. 2013.
- [37] Kuipers, J., Mosquera, M., & Zarzuelo, J. "Sharing costs in highways: A game theoretic approach". *European Journal Of Operational Research*, 228(1), 158-168. 2013.
- [38] Moulin, H. and Laigret, F. "Equal-need sharing of a network under connectivity constraints". *Games and Economic Behavior*, 72(1), 314-320. 2011.
- [39] Shapley, L. "A value for n-person games". *Contributions To The Theory Of Games*, 2(28), 307-317. 1953.
- [40] Vianchá Martínez, L., Montoya Restrepo, L.A., & Ballesteros J. "Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia". *INNOVAR, revista de ciencias administrativas y sociales*. (Enero a junio 2005). 103-119. 2005.
- [41] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. "Plan Frutícola Nacional. Diagnóstico y análisis de los recursos para la fruticultura en Colombia". 1-88. 2006.
- [42] Peña, D.L., Pantoja, B.M., Franco, G.A., et al. "Microcaracterización de La Cadena de Abastecimiento. Recopilación Teórica." *Manuscrito No Publicado*. 2017.
- [43] Perfetti, J.J., Balcázar, A., Hernández, A., & Leibovich, J. "Políticas para el desarrollo de la Agricultura en Colombia". 1-247. 2013.
- [44] Deininger, K. and L., Squire. "New Ways of Looking at Old Issues: Inequality and Growth." *Journal of Development Economics* 57 (2): 259-87. 1998.
- [45] Deininger, K. and Olinto, P. "Why Liberalization Alone Has Not Improved Agricultural Productivity in Zambia: The Role of Asset Ownership and Working Capital Constraints." *Policy Research Working Paper Series*. 2000.



Diego León Peña-Orozco PhD. in Engineering emphasis Industrial Engineering, Universidad del Valle. Industrial Engineering in 1992, Sp. degree in total quality and productivity in 1995 and MSc. degree in Industrial Engineering with emphasis in logistics in 2013, all of them from the Universidad del Valle. MSc. degree in Business Administration from Universidad ICESI in Cali, Colombia and Tulane University in New Orleans, USA, in 2014. He worked as a teacher and coordinator of the Industrial Engineering program at the University of Valle - Buga, for 23 years. (1992-2016). He is currently associate professor in Industrial Engineering Program at the Corporacion Universitaria Minuto de Dios-Buga.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4301-0271>



Santiago Palomino-Rengifo: Industrial Engineer graduated from the Universidad del Valle. Currently linked to the industrial sector.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2193-7540>



Juliana Andrea Alvarez: Industrial Engineer graduated from the Universidad del Valle. Currently linked to the industrial sector.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0107-8937>



Leonardo Rivera-Cadavid PhD. in Industrial & Systems Engineering, Virginia Tech. Blacksburg, Virginia. M.S.I.E., Georgia Tech. Atlanta. Is BSc. in Industrial Eng., Universidad del Valle, Colombia. Between 1997 and 2014 he was a full-time

professor at ICESI University. He held the positions of director of the Industrial Engineering Program (1998-2003 and 2007-2009), director of the Master's degree in Industrial Engineering (2010-2012) and director of the Industrial Engineering Department (2009-2013). Between 1997 and 1998 he was director of Technological Development at the Pacific Productivity Center. Since the second semester of 2017 he has been the postgraduate coordinator of the Industrial Engineering School in the Universidad del Valle.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9942-5188>