



Collaborative Logistics Model for the Unified Management of Small and Large Agro-Producers in the Department of Atlántico-Colombia

Jennifer Arellana Guzman, Julián Arellana Ochoa,
Victor Cantillo Maza and Carlos Otero Palencia

EasyChair preprints are intended for rapid
dissemination of research results and are
integrated with the rest of EasyChair.

February 26, 2024

MODELO LOGÍSTICO COLABORATIVO PARA LA GESTIÓN UNIFICADA DE PEQUEÑOS Y GRANDES AGRO-PRODUCTORES DEL DEPARTAMENTO ATLÁNTICO-COLOMBIA

COLLABORATIVE LOGISTICS MODEL FOR THE UNIFIED MANAGEMENT OF SMALL AND LARGE AGRO-PRODUCERS IN THE DEPARTMENT OF ATLÁNTICO-COLOMBIA

Arellana-Guzman, Jennifer¹, Arellana-Ochoa, Julián², Cantillo-Maza, Víctor³, Otero-Palencia, Carlos⁴

1. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental/egresada, U. Norte, Colombia, arellana@uninorte.edu.co
2. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental/decano, U. Norte, Colombia, jarellana@uninorte.edu.co
3. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental/profesor, U. Norte, Colombia, victor.cantillo@uninorte.edu.co
4. Department of civil and environmental Engineering/profesor, UC Davis, California, U.S.A, cjotero@uninorte.edu.co

Resumen

En América Latina, frecuentemente los agro-productores enfrentan dificultades para acceder a mercados con precios competitivos, dificultándoles su desarrollo en el mercado y crecimiento económico. En el departamento Atlántico-Colombia, esto es debido principalmente a que la gran mayoría de agro-productores son pequeños productores que carecen de técnicas de producción y tecnologías, además, puesto que comercializar los productos en grandes mercados implican costos adicionales como transporte y logística, a la mayoría no les es rentable. En consideración, esta investigación propone el diseño de un modelo logístico basado en colaboración y apoyado en TICs, que permite reducir costos logísticos y de transporte mediante explotación conjunta de economías de escala. Las sinergias entre productores permitirían aumentar el acceso a grandes mercados, facilitar procesos de consolidación y agregación de valor sobre los productos. Se realiza un modelo lineal entero mixto que consiste en una red de centros de acopio(CA) compartidos donde se considera multi-agentes, multi-periodos de tiempo, multi-productos, con opción de viajes directos o viajes con consolidación de carga. El modelo asigna las ganancias individualmente de forma justa por medio del Valor de Shapley. El sistema está apoyado en una plataforma web prototipo que permitirá mayor participación y poder de negociación comercial, del que se sirven agro-productores del Departamento Atlántico-Colombia. Este estudio comprobó que es conveniente la estrategia colaborativa tanto para pequeños como para grandes productores, con potenciales beneficios económicos para el sistema y una división de las recompensas equitativas. Los principales factores que influyen son, nivel de producción, distancia transportada y calidad de productos.

Palabras clave: Shapley; sinergia; transporte; economía de escala; centros de acopio.

Abstract

In Latin America, agro-producers often have difficulties in accessing markets with competitive prices, hindering their market development and economic growth. In the department of Atlántico-Colombia, this is mainly due to the fact that the vast majority of agro-producers are small producers who lack production techniques and technologies, and also, the fact that commercializing products in large markets implies additional costs such as transportation and logistics, making it unprofitable for most of them. In consideration of this, this research proposes the design of a logistics model based on collaboration and supported by TICs, which would reduce logistics and transportation costs by jointly exploiting economies of scale. The synergies between producers would increase access to large markets, facilitate consolidation processes and add value to the products. A mixed linear integer model is used, consisting of a network of shared consolidation centers where multi-agents, multi-periods of time, multi-products, with the option of direct trips or trips with load consolidation are considered. The model allocates profits individually in a fair way through Shapley Value. The system is supported by a prototype web platform that will allow greater participation

and commercial negotiation power, which is used by agro-producers in the Department of Atlántico-Colombia. This study proved that the collaborative strategy is desirable for both small and large producers, with potential economic benefits for the system and an equitable division of rewards. The main influencing factors are production level, distance transported and product quality.

Key words: Shapley; synergy; transportation; economy of scale; consolidation centers.

1. Introducción

El sector agropecuario es un pilar esencial para la seguridad alimentaria y representa un activo valioso para cualquier economía. UPRA(2017) afirma que en el departamento del Atlántico-Colombia, el sector agropecuario constituye un factor de trascendental importancia y que el campesino representa un elemento de equilibrio económico, social y político en el desarrollo departamental, pero a pesar de ello, presentan diversas problemáticas como, el poco acceso a los mercados grandes, altos costos de transporte de carga, bajo acceso a nuevas tecnologías(TIC) y bajo desempeño logístico en el transporte de carga consolidada e integrada. Además, por medio de los datos de Agronet(2019) se identificó que el nivel de producción por municipio del Atlántico para los productos derivados de cultivos(los priorizados en este estudio), el 50% de la producción lo aporta entre 2 a 3 municipios productores de los 21 que tiene el departamento. Por lo tanto, los agro-productores en el departamento son, en su gran mayoría, pequeños productores.

En atención a este problema, la presente investigación busca proponer mejoras en la logística para movilizar los agro-productos a los mercados más competitivos de una forma rentable e integrada, por medio de un modelo logístico colaborativo(MLC) apoyado en TIC. La estrategia consiste en que los pequeños productores puedan asociarse ya sea con pequeños o grandes productores, para movilizar mayores volúmenes. La utilización de centros de acopio(CA) permite alcanzar economía de escala, además de servir para mantener la calidad de los productos transportados, asimismo, reduce pérdidas por manipulación y/o almacenamiento. Para solucionar el MLC se resuelve un problema de localización de instalaciones de CA, con respecto a los municipios del departamento del Atlántico. El modelo consiste en una red que permite tanto envíos directos(sin consolidación) como envíos con paradas en CA(con consolidación), que consideran incentivos de precios sobre los costos de transporte basados en el volumen. Posteriormente, se realiza la asignación de los beneficios de una forma equitativa que incentive a los miembros de la coalición(los jugadores¹) a ser parte de la estrategia colaborativa. En este proyecto se incorpora la función del Valor de Shapley de teoría de juegos cooperativos, por su imperante concepto de justicia en la asignación de las ganancias resultantes, se situó en el núcleo o no. Esto se ha argumentado en estudios como el elaborado por Otero-Palencia et al. (2019) y por Pratikakis (2021).

Correr el MLC requiere por su naturaleza alta capacidad computacional y un tiempo de corrida que aumentan exponencialmente por jugador adicional en el sistema. En consideración, para que sea un caso práctico y viable se optó por realizar agregación en la cantidad de agro-productores por municipios productores y en la cantidad de productos por familias de productos, además, realizar la distribución de los jugadores por subcoaliciones. Además, en busca de considerar la variabilidad que existe en algunos parámetros del modelo, se realiza un diseño experimental factorial para considerar diferentes situaciones(S). El MLC se resuelve para cada formación de subcoalición(SB) en cada situación(S) y para cada SB se analizan dos escenarios en el que se compara las ganancias de jugar de forma colaborativa haciendo uso de CA versus cuando se juega independientemente a los demás. En un escenario se compara cuando el jugador que juega individualmente hace uso de CA y en el otro cuando realiza envíos directos. Por último, El sistema propuesto se apoya en una plataforma web prototipo que servirá como una herramienta realizar comercio electrónico que permitirá aumentar la participación y poder de negociación de los pequeños agro-productores. El sistema facilita la asociación de manera que se puedan consolidar las ofertas de varios productores, utilizando para tal propósito los CA compartidos.

El sistema propuesto permitiría no sólo reducir el costo de transporte y de logística, sino también facilitar procesos de consolidación, manejar productos de calidad, mejorar la planificación del transporte de carga

¹ Jugadores, son aquellos que decidieron ser parte del juego, para este estudio se consideraron como jugadores los municipios productores del departamento del Atlántico.

a una forma más eficiente, aprovechar economía de escala, evitar intermediarios, facilitar promover los productos y aumentar el acceso a mercados más competitivos, donde podrán comercializar sus productos a un mejor precio. En síntesis, se busca facilitar el desarrollo de formas de comercialización más competitivas, lo cual permitirá avanzar hacia una agricultura más eficiente, equitativa y sostenible, con mayores posibilidades de mejorar su participación en los mercados a nivel local y departamental.

2. Metodología y procedimientos

Este estudio busca maximizar los beneficios tanto de grandes como de pequeños productores, razón por la que se destaca y posiciona entre los artículos, ya que considera a pequeños productores, que han sido poco estudiados a pesar de que representan la mayor población en el Atlántico, con mayores desventajas en el agro-sector. La estrategia colaborativa propuesta va acorde con las necesidades de este sector en dicho departamento e incluso la metodología planteada es suficientemente genérica de manera que pueda ser reproducida en otros contextos con características similares. La descripción y técnicas utilizadas para la recolección de la base datos, como también fuentes donde se recopilaban se pueden ver en el Anexo 6.

2.1. Modelo de localización de instalaciones de centros de acopio (CA)

Inicialmente se diseña una red logística que involucra resolver un problema de localización de instalaciones codificado en AMPL® con solver CPLEX, sus resultados identifican las mejores opciones para ubicar los CA.

2.1.1. Notaciones

se introduce la definición de las notaciones matemáticas utilizados en el modelo propuesto como los conjuntos, parámetros del modelo y variables de decisión, como se puede ver en la

Tabla 1. Notaciones utilizadas en el modelo de localización de instalaciones.

Conjuntos	
O	Conjunto de Orígenes de municipios productores.
A	Conjunto de CA totales
C	Conjunto de Clientes.
P	Conjunto de Familias de Productos Agropecuarios.
R	Conjunto de rangos de descuentos para el flujo de carga transportado.
T	Conjunto de periodos de tiempo en el año.
Parámetros del modelo	
CT_{oa}	Costo de transporte por tonelada del nodo o ($o \in O$) al nodo a ($a \in A$).
CT_{ac}	Costo de transporte por tonelada del nodo a ($a \in A$) al nodo c ($c \in C$)
CT_{oc}	Costo de transporte por tonelada del nodo o ($o \in O$) al nodo c ($c \in C$).
CF_a	Costos fijos de apertura y administración del centro de acopio ubicado en a ($a \in A$).
CM	Costos de manipulación por tonelada en los CA a ($a \in A$).
W	Capacidad límite de las bodegas de los CA a ($a \in A$).
M	Es un número muy grande.
D_{ct}^p	Demanda del cliente c ($c \in C$) de la familia de producto P ($p \in P$) para cada periodo t ($t \in T$).
V_{ot}^p	Oferta del origen o ($o \in O$) de la familia de producto p ($p \in P$) para cada periodo de tiempo t ($t \in T$).
L^r	Límite inferior del flujo de carga con descuento del rango r ($r \in R$) para un periodo de tiempo t ($t \in T$).
U^r	Límite superior del flujo de carga con descuento del rango r ($r \in R$) para un periodo de tiempo t ($t \in T$).
FD^{rt}	Factor de descuento del rango r ($r \in R$) para un periodo de tiempo t ($t \in T$).
XN^{rt}	Cantidad mínima negociada de la carga a transportar para aprovechar un descuento del rango r ($r \in R$) en un periodo de tiempo t ($t \in T$).
I^p	Importe o precio de la familia de producto p ($p \in P$) en el mercado.
α	Factor de calidad aplicados sobre los precios de las familias de producto p ($p \in P$) en viajes directos del nodo o ($o \in O$) al nodo c ($c \in C$).
Variables de decisión	
Y_a	1, sí el centro de acopio es abierto en a ($a \in A$); 0 sí no.
Z_{ac}^r	1, sí el flujo de carga transportado desde el centro de acopio a ($a \in A$) hasta el cliente ($c \in C$) tiene el descuento del rango r ($r \in R$) en un periodo de tiempo t ($t \in T$); 0 sí no.
X_{oa}^{pt}	Flujo de carga de la familia de producto p ($p \in P$) en toneladas que se transporta desde el origen o ($o \in O$) al nodo a ($a \in A$) en un periodo de tiempo t ($t \in T$).

X_{ac}^{pt}	Flujo de carga de la familia de producto p ($p \in P$) en toneladas que se transporta desde el centro de acopio a ($a \in A$) hasta el cliente c ($c \in C$) en un periodo de tiempo t ($t \in T$).
X_{ac}^{prt}	Flujo de carga de la familia de producto p ($p \in P$) en toneladas que se transporta desde el centro de acopio a ($a \in A$) hasta el cliente c ($c \in C$) con rango de descuento r ($r \in R$) en un periodo de tiempo t ($t \in T$).
X_{ac}^{rt}	Flujo de carga total cuando se consolidan varias familias de productos que se transporta desde el centro de acopio a ($a \in A$) hasta el cliente c ($c \in C$) con rango de descuento r ($r \in R$) en un periodo de tiempo t ($t \in T$).
X_{oc}^{pt}	Flujo de carga de la familia de producto p ($p \in P$) en toneladas que se transporta desde el origen o ($o \in O$) hasta el cliente c ($c \in C$) en un periodo de tiempo t ($t \in T$).
XD_{ac}^{rt}	Cantidad de flujo de carga transportada desde el centro de acopio a ($a \in A$) hasta un cliente ($c \in C$) con descuento del rango r ($r \in R$) y en un periodo de tiempo t ($t \in T$).

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2. Modelo matemático

Es un modelo lineal entero mixto que consiste en una red de CA compartidos donde se considera multi-jugadores, multi-clientes, multi-periodos de tiempo, multi-productos, límite de capacidad en CA y asignación de la carga en viajes directos y en viajes con paradas en CA bajo una demanda determinística. La formulación matemática y las notaciones utilizadas se presenta a continuación.

$$\text{Maximizar: (MLI)} = \left[\sum_o \sum_c \sum_p \sum_t \alpha * I^p * X_{oc}^{pt} + \sum_a \sum_c \sum_p \sum_t I^p * X_{ac}^{pt} \right] - \left[\sum_o \sum_a \sum_p \sum_t X_{oa}^{pt} * (CT_{oa} + CM) + \sum_a \sum_c \sum_r \sum_t CT_{ac} * XD_{ac}^{rt} + \sum_o \sum_c \sum_p \sum_t CT_{oc} * X_{oc}^{pt} + \sum_a CF_a * Y_a \right] \quad (1)$$

S.A.

$$\sum_r Z_{ac}^{rt} = 1 \quad \forall a \in A, c \in C, t \in T \quad (2)$$

$$X_{ac}^{pt} = \sum_r X_{ac}^{prt} \quad \forall a \in A, c \in C, p \in P, t \in T \quad (3)$$

$$X_{ac}^{rt} = \sum_p X_{ac}^{prt} \quad \forall a \in A, c \in C, r \in R, t \in T \quad (4)$$

$$-X_{ac}^{rt} + L^{rt} * Z_{ac}^{rt} \leq 0 \quad \forall a \in A, c \in C, r \in R, t \in T \quad (5)$$

$$X_{ac}^{rt} - U^{rt} * Z_{ac}^{rt} \leq 0 \quad \forall a \in A, c \in C, r \in R, t \in T \quad (6)$$

$$XN^{rt} * Z_{ac}^{rt} \leq XD_{ac}^{rt} \quad \forall a \in A, c \in C, r \in R, t \in T \quad (7)$$

$$X_{ac}^{rt} * (1 - FD^{rt}) \leq XD_{ac}^{rt} \quad \forall a \in A, c \in C, r \in R, t \in T \quad (8)$$

$$X_{ac}^{rt} \leq Z_{ac}^{rt} * M \quad \forall a \in A, c \in C, r \in R, t \in T \quad (9)$$

$$V_{ot}^p = \sum_a X_{oa}^{pt} + \sum_c X_{oc}^{pt} \quad \forall o \in O, p \in P, t \in T \quad (10)$$

$$\sum_a X_{ac}^{pt} + \sum_o X_{oc}^{pt} \leq D_{ct}^p \quad \forall c \in C, p \in P, t \in T \quad (11)$$

$$\sum_o X_{oa}^{pt} = \sum_c X_{ac}^{pt} \quad \forall a \in A, p \in P, t \in T \quad (12)$$

$$\sum_c \sum_p X_{ac}^{rt} \leq W * Y_a \quad \forall a \in A, t \in T \quad (13)$$

$$\sum_o \sum_p X_{oa}^{pt} \leq W * Y_a \quad \forall a \in A, t \in T \quad (14)$$

$$X_{oa}^{pt} \leq Y_a * M \quad \forall o \in O, a \in A, p \in P, t \in T \quad (15)$$

$$X_{ac}^{rt} \leq Y_a * M \quad \forall a \in A, c \in C, r \in R, t \in T \quad (16)$$

$$0 \leq X_{oa}^{pt}, X_{ac}^{prt}, X_{ac}^{pt}, X_{ac}^{rt}, X_{oc}^{pt}, XD_{ac}^{rt} \quad \forall o \in O, a \in A, c \in C, p \in P, r \in R, t \in T \quad (17)$$

$$0 \leq Y_a, Z_{ac}^{rt} \text{ binaria} \quad \forall a \in A, c \in C, r \in R, t \in T \quad (18)$$

La ecuación(1) es la función objetivo que maximiza los beneficios de los agro-productores. La ecuación(2) sujeta al modelo para indicar que por viaje con uso de CA solo se puede aplicar un factor de descuento. La ecuación(3) es usada para definir que X_{ac}^{pt} es la carga por familia de producto por periodo que se transporta desde un CA hasta un cliente. La ecuación(4) es usada para definir que X_{ac}^{rt} es la carga consolidada que se transporta desde un CA hasta un cliente con un descuento del rango r en un periodo de tiempo. La ecuación(5) y (6) sirven para identificar en que rango de descuento se encuentra la carga a transportar desde cada CA hacia cada cliente. La ecuación(7) indica la cantidad mínima que se puede cobrar para aprovechar el siguiente descuento en cada periodo de tiempo, aplicable en envíos desde CA hasta clientes. La ecuación(8) refleja el descuento aplicado sobre el flujo de carga transportado (XD_{ac}^{rt}) desde el CA hasta el cliente para cada periodo de tiempo. La ecuación(9) indica que cuando la variable binaria $Z_{a_i c_i}^{r_i t_i}$ es uno, existe un flujo de carga $X_{a_i c_i}^{r_i t_i}$ que aplica a un descuento del rango r_i ($r_i \in R$), de lo contrario, si $Z_{a_i c_i}^{r_i t_i}$ es cero, el flujo $X_{a_i c_i}^{r_i t_i}$ es cero también. La ecuación(10) garantiza que toda la oferta disponible en cada periodo de tiempo sea enviada, esto de considerar el caso de que el departamento del Atlántico aproveche toda la oferta interna. La ecuación(11) Permite al modelo que la oferta pueda ser menor o igual que la demanda de cada familia de producto para cada periodo de tiempo. La ecuación(12) es la restricción de conservación de flujo. La ecuación(13) y (14) restringen al modelo para que una bodega no pueda recibir o mandar más de su capacidad, además, asegura que los productos sean enviados hacia y desde un CA existente. La ecuación(15) y (16) limita al modelo para que el flujo enviado hacia y desde un CA solo tenga un valor mayor a cero cuando se abre un CA. La ecuación(17) previene que el flujo de carga a transportar no sea negativo y la ecuación(18) es una restricción de integridad para especificar las variables que son binarias.

2.2. Asignación de ganancias aplicando Valor de Shapley

El valor de Shapley busca analizar sistemáticamente la forma de como los agentes que hacen parte del juego se comportan en situaciones estratégicas para sacar el mayor beneficio individual desde un punto de vista matemático. Inicialmente, en cada juego los jugadores deben decidir si les conviene ser parte o no de una coalición, para ello, se considera que los jugadores son racionales y siempre están buscando maximizar sus beneficios (Myerson, 1991).

En esta investigación se pudo comprobar que la inclusión de ciertos jugadores a la coalición no siempre mejora las ganancias en el sistema, por lo que la gran coalición² en este caso de estudio no es la más conveniente para el sistema, asimismo, se identifica que no es un juego superaditivo³ y se opta realizar formación de subcoaliciones(SB). Elomri et al. (2012) confirma que la gran coalición puede que no siempre genere la mejor partición para los jugadores. Elomri et al. (2013) indica que el Valor de Shapley puede ser no estable en el sentido del núcleo⁴, excepto en los juegos convexos. No obstante, esto no quiere decir que el Valor de Shapley no tenga un buen rendimiento para encontrar asignaciones estables. Pratikakis (2021) señala que el Valor de Shapley a pesar de que no siempre garantiza estabilidad en sentido del núcleo, es un método conveniente. El autor encontró que sistemáticamente para una función matemática no superaditiva, y bajo diferentes instancias, Shapley garantizo asignaciones estables entre un 62.41% y 88.35% de las veces. Además, el autor afirma que, Shapley es deseable por el fuerte concepto de justicia inherente a él. En el presente estudio, no se persigue una asignación en el sentido del núcleo sino percepción de justicia y equidad, ya que esto es sumamente deseable para que sea atractivo actuar de

² La gran coalición, aquella compuesta por todos los jugadores de juego.

³ Juego superaditivo, en un juego donde al incorporar un jugador adicional dentro de la coalición siempre aumentará la utilidad. Consecuentemente, las ganancias asociadas a una coalición aumentan con el número de jugadores. En estos juegos la mejor partición de ganancias se encuentra en la gran coalición.

⁴ Estabilidad en el sentido del Núcleo, es cuando una asignación pertenece al núcleo del juego cuando el núcleo es no vacío. Además, se garantiza que existe al menos una asignación estable, es decir, que sea conveniente para todos los jugadores. Por lo tanto, los jugadores no tienen ningún incentivo económico para ser parte de una coalición diferente.

forma colaborativa y reafirmaría la decisión de formar la coalición. Esto se logra garantizando una asignación de beneficios que los jugadores perciben coherente con respecto a su inversión y esfuerzo (Otero-Palencia et al., 2019).

La escogencia del método se basa en tres supuestos: la percepción de justicia, la conveniencia económica (presente o futura), y el rendimiento de la técnica para encontrar el núcleo cuando el juego tiene núcleo no vacío. Por lo tanto, bajo estos supuestos se escogió como método de asignación el sentido de la equidad del valor de Shapley, ya que encaja muy bien con los intereses de este estudio. La fórmula que representa el Valor de Shapley es la siguiente:

$$\phi_i(v) = \sum_{i \in S \subseteq N_{SB}} \frac{(|N_{SB}| - |S|)! * (|S| - 1)!}{|N_{SB}|!} * [v(S) - v(S - \{i\})] \quad (19)$$

Donde “ N_{SB} ” es el conjunto de todos los jugadores en la sub-coalición SB, “ S ” es la coalición con S jugadores donde $S \subseteq N_{SB}$, “ i ” representa al jugador i que pertenece a la coalición S del conjunto N_{SB} y “ $v(S)$ ” es el valor obtenido del modelo MLI de la coalición $S \subseteq N_{SB}$. Al terminar de realizar todas las corridas con el Valor de Shapley se obtendrán la asignación de las ganancias de cada jugador (ϕ_i) para cada subcoalición de cada escenario y para cada situación del diseño factorial con los cuales se podrán utilizar para demostrar qué tan beneficioso es aplicar las estrategias colaborativas propuestas.

2.3. Comercio electrónico en plataforma web

En consideración de que es un sector poco tecnificado con poco acceso y/o escaso nivel de uso de tecnologías TIC (Montiel Paternina, 2013; SPDA, 2016), el modelo se encuentra apoyado en una plataforma web prototipo para realizar comercio electrónico que permita gestión de la consolidación de productos. La iniciativa en tecnología propuesta para el agro-sector está diseñada para gestionar los procesos de comercialización directa entre productor y comprador, que elimina intermediarios en este proceso y brinda la información necesaria para tal fin, la plataforma web facilitará aplicar estrategias colaborativas por medio de una modalidad que funciona como ventas de tipo subasta, pero con la particularidad de que los productores aquí podrán consolidar sus productos. La dinámica consiste en que el cliente (comprador) podrá demandar la cantidad al precio que el guste al crear una publicación. Los vendedores podrán aceptar, rechazar o contraofertar a una nueva propuesta las publicaciones de los clientes, ya sea cantidad y/o precio del producto. La dinámica de oferta y contraoferta se repite hasta lograr un acuerdo entre ambas partes, con la idea de que el mismo mercado regule el precio. El comprador podrá aceptar varias cantidades de diferentes vendedores y el vendedor podrá ofertar cantidades más pequeñas a las demandadas. Para ver el diagrama de flujos dirigirse al Anexo 1.

2.4. Método de solución

Inicialmente antes de resolver el modelo logístico colaborativo (MLC), se realiza la formación de subcoaliciones (SB), para ello se estima el modelo MLI en la instancia donde están todos los municipios productores. Seguidamente se realiza un filtro escogiendo como jugadores aquellos municipios productores que les conviene colaborar, que en este caso son aquellos que les conviene usar CA. La distribución de jugadores por subcoalición (SB) será la misma que la de los jugadores que hay en cada CA en la instancia donde están todos los municipios productores. Cabe destacar que un jugador no puede estar en más de una subcoalición y, por lo tanto, aquellos jugadores que realizan envíos a más de un CA serán asignados a la subcoalición que hace referencia al CA donde más envían carga.

Posteriormente, se determina todas las posibles formaciones de coaliciones sobre el conjunto de jugadores N_{SB} respectivo de cada subcoalición (SB) y sus respectivos valores $V(S)$, el cual representa las ganancias alcanzadas de cada coalición, obtenidas de correr el modelo de localización de instalaciones (MLI). Finalmente, se utilizan los valores $V(S)$ resultantes de todas las posibles coaliciones como datos de entrada para calcular el Valor de Shapley por medio de MATLAB® con entorno de computación en paralelo. Como un algoritmo general del MLC se muestra el siguiente:

Algoritmo MLC:

Paso 1: Determinar todas las posibles coaliciones S_j sobre N_{SB}

(Power Set de N_{SB})

Paso 2: For $j=1:2^{|N_{SB}|} - 1$. Calcular $V(S_j)$ resolviendo el subproblema MLI_i donde $i = 1, 2, \dots, |S_j|$.

Paso 3: Calcular el Valor de Shapley usando todos los valores $V(S_j)$.

Además, en este estudio se realiza el análisis de dos escenarios (E1 y E2) en el que se compara las ganancias de jugar de forma colaborativa haciendo uso de CA(D1) versus cuando se juega independientemente a los demás. En un escenario se compara cuando el jugador que juega individualmente hace uso de CA(D2) y en el otro cuando realiza envíos directos (D3). Para determinar las ganancias alcanzadas individualmente en D2 y D3, se debe resolver los subproblemas MLI_{D2} que es MLI cuando se corre el modelo con solo un jugador y el subproblema MLI_{D3} que es MLI con la modificación de que solo existe la alternativa de transporte de viajes directos por jugador. Como algoritmo, se muestra el siguiente:

Algoritmo D2 y D3:

Paso 1: For $D2=1:N$. Calcular $V(S_{D2})$ resolviendo el subproblema MLI_{D2_o} , donde $o = 01, 02, \dots, 021$ y $N = 21$ (Todos los municipios productores)

Paso 2: For $D3=1:N$. Calcular $V(S_{D3})$ resolviendo el subproblema MLI_{D3_o} , donde $o = 01, 02, \dots, 021$ y $N = 21$ (Todos los municipios productores)

Por último, este estudio resuelve el MLC, MLI_{D2} y el MLI_{D3} para cada SB de cada situación del diseño factorial, diseño que combinan tres factores con tres niveles, donde el nivel 1 representa las peores condiciones y 3 las mejores condiciones para un juego colaborativo. El diseño factorial completo es $3^3=27$. En este caso, se decidió un diseño factorial fraccional considerando 9 situaciones (S) en total (ver Anexo 3 y Anexo 4). Se destaca que, los valores que tiene los signos +/- de los factores A y C indican que afectan negativa o positivamente sobre la base de datos, mientras que el factor B, los datos indican el valor que tendrá dicho factor. Como algoritmo general de la heurística completa, se muestra:

Algoritmo general:

For $S=1:9$.

For $z=1:SB$

Algoritmo MLC

Algoritmo D2 y D3

For $k=1:N_{SB}$

%Gananancias E1 = $(V(S_j) - V(S_{D2}))/V(S_{D2})$

%Gananancias E2 = $(V(S_j) - V(S_{D3}))/V(S_{D3})$

Fin

Fin

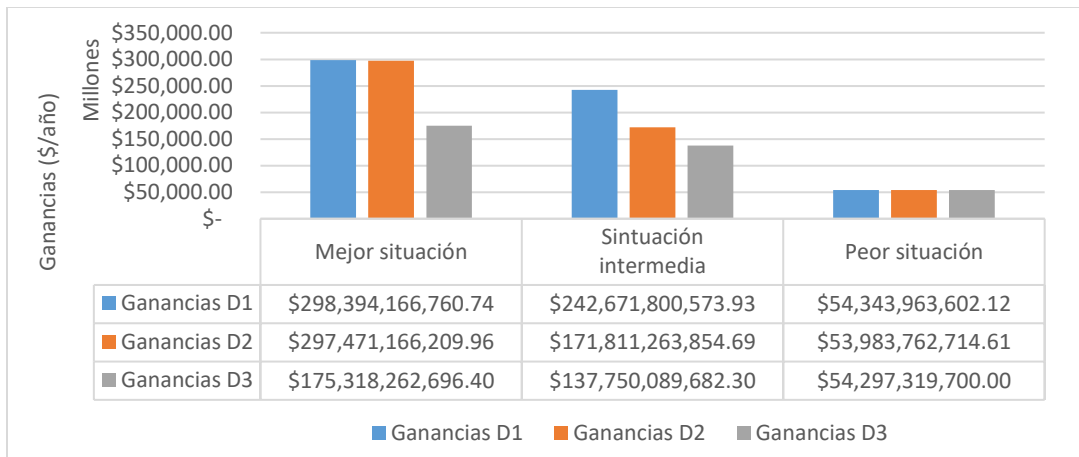
Fin

3. Resultados y discusión

Resolver los algoritmos MLC, D2 y D3 para cada subcoalicción en cada situación implica manejar una gran cantidad de datos, requiere alta capacidad computacional y un tiempo de corrida que aumentan exponencialmente por jugador adicional en el sistema, esto debido a la magnitud de la base de datos y a la naturaleza del problema del Valor de Shapley. Al realizar algunas pruebas computacionales se identificó que el modelo empieza a ser inviable resolverlo a partir de 12 jugadores, razón por la cual, se optó por realizar la distribución de los jugadores por subcoaliciones y realizar agregación en los datos de los jugadores clasificando agro-productores por municipio productor, lo cual equivale a suponer que se realiza consolidación previa no formal de la agro-producción en cada municipio, permitiéndoles de esta manera que a muchos jugadores obtengan ganancias adicionales individualmente usando CA(D2) ya que logran alcanzar algún descuento por volumen transportado. Ello constituye una limitación del modelo. Por lo tanto, a pesar de que se puedan observar ganancias adicionales al aplicar las estrategias colaborativas, estas pueden ser mucho mayores si se realizara el análisis por productor agropecuario, ya que estos cuando actúan de forma individual alcanzan menores ganancias debido a que incurren con mayores costos logísticos y de transporte. En la realidad la mayoría de los productores agropecuarios no poseen el nivel

de producción suficiente para aprovechar economías de escala y usar CA. Por ello, se realiza el análisis del escenario E2, que va más acorde con la realidad, que permite comparar el esquema colaborativo con los envíos directos independientemente. Los resultados de este escenario muestran niveles de ganancia potencialmente altos. En general, desde el punto de vista de ganancias en el sistema, transporta de forma colaborativa (D1) es la alternativa con mayores ganancias, siguiendo la alternativa D2 y de ultimo la alternativa D3 (ver Figura 3).

Figura 1. Ganancias del sistema al transportar con D1, D2 y D3 en las situaciones mejor, intermedia y peor.



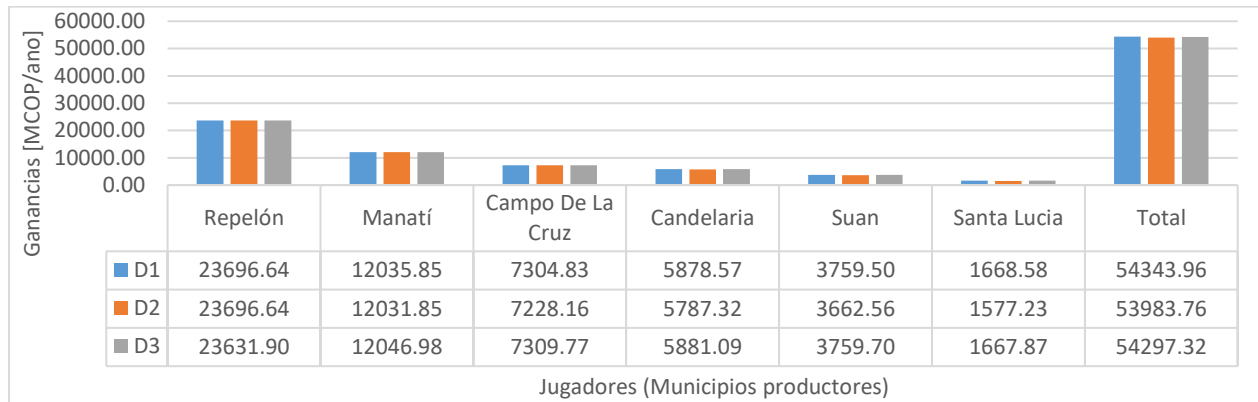
Fuente: Elaboración propia.

Los escenarios buscan comparar qué tan conveniente es transportar de forma colaborativa en comparación a las demás alternativas de transporte(D), adicionalmente, se evalúa en cada situación(S) para ver su comportamiento en condiciones favorables y desfavorables para un juego colaborativo. En general, existen ganancias adicionales al jugar de forma colaborativa, tanto para el sistema como para el jugador. En la mayoría de las situaciones, el peor de los casos era que algunos jugadores obtenían las mismas ganancias a transportar por otra alternativa, no obstante, seguían existiendo ganancias adicionales para el sistema. Analizando desde un punto de vista del sistema, tanto las ganancias del escenario E1 como del E2 son favorables en todas las situaciones(S); no obstante, al realizar el análisis desde el punto de vista de cada jugador, solo en la situación con peores condiciones(S3) para un juego colaborativo y únicamente en el escenarioE2(D1 vs D3) hubo jugadores que no tuvieron las mayores ganancias al jugar de forma colaborativa, a pesar de que en el sistema si existieron ganancias adicionales. No obstante, las ganancias alcanzadas entre las alternativas D1 y D3 son bastante similares (ver Figura 2), por lo que sigue siendo conveniente que hagan parte del juego colaborativo, primero porque existen ganancias adicionales para el sistema, segundo la diferencia en ganancia entre alternativas no es muy relevante y tercero, existen otros beneficios que resultan de la colaboración, entre los que se destacan mayor acceso a mercados más competitivos donde pueden aprovechar precios más altos, acceso a tecnologías más eficientes; compartir riesgos en periodos con bajos niveles de producción, tales como costos fijos y/o pérdida de clientes; y posibilidad de escenarios futuros con mejores condiciones para todos, ya que nuevos jugadores con grandes aportes pueden unirse a la coalición y/o los jugadores ya existentes sigan creciendo, aumentando su tamaño y potencial. Por lo tanto, hasta en la situación con peores condiciones para un juego colaborativo, sigue siendo más conveniente transportar de forma colaborativa.

Además, se identificó que los jugadores que persistieron jugando de forma colaborativa en todas las situaciones(S) y en todas las subcoaliciones(SB), fueron los jugadores más alejados a una central de abasto. Por lo tanto, cuando se trata de contextos geográficos más grandes donde se tiene que recorrer distancias más largas, se vuelve más atractivo elegir actuar de forma colaborativa(D1) entre todas las alternativas puesto que de esta manera pueden alcanzar economías de escala más fácil y abaratar costos de transporte. Otros análisis interesantes, se aprecian al observar el comportamiento de la distribución de las ganancias alcanzadas. En general, los resultados indican que la asignación de las ganancias es

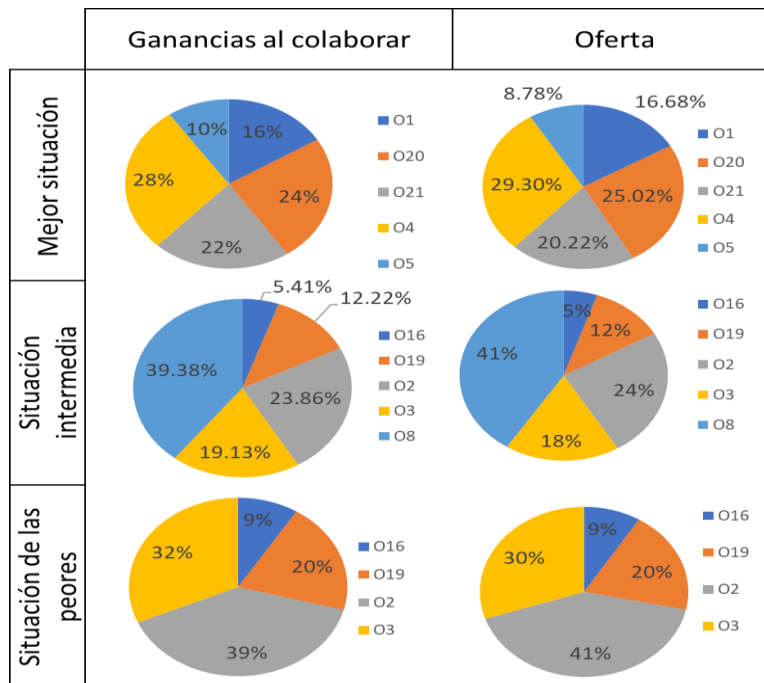
coherente con la inversión y esfuerzo de cada jugador. Los jugadores con altos niveles de producción a pesar de que puede alcanzar economía de escala individualmente (transportar por D2) siguen teniendo ganancias adicionales al transportar de forma colaborativa(D1), aunque el incremento porcentual de sus ganancias es pequeño en general, la magnitud de su utilidad es alta en comparación a los demás jugadores (ver Figura 3). El aporte que hace los jugadores de altos niveles de producción sobre la coalición es significativo para los demás miembros, puesto que ayuda a que los jugadores con bajos niveles de producción alcancen costos mucho más bajos de transporte y logística, asimismo, los productores más pequeños, aunque el incremento porcentual de sus ganancias es más grande, la magnitud de su utilidad es baja en comparación. Por lo tanto, se incentiva tanto a jugadores de bajos como de altos niveles de producción con una asignación justa y equitativa.

Figura 2. Ganancias alcanzadas por jugador para cada alternativa de transporte en la situación con peores condiciones para usar CA (situación 3).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Reparto de las ganancias al colaborar entre los jugadores en 3 situaciones diferentes.



Fuente: Elaboración propia.

En torno a la apertura de CA, la cantidad y ubicación necesarios en cada situación(S) son presentados en el Anexo 5, la cual se encuentra ordenada desde la situación con peores condiciones(color rojo) hasta la de mejores condiciones para un juego colaborativo(color verde) y con la misma clasificación de colores, pero siendo el color rojo el municipio con menor frecuencia de las veces que coincidieron abrir un CA en un mismo municipio entre todas las situaciones(S), en tanto que el color verde indica mayor frecuencia. Este análisis permite identificar los CA más atractivos pese a la variabilidad que existe en algunos de los parámetros del modelo, considerando así diferentes situaciones que pueden suceder en la vida real. En general se aprecia que a medida que en el sistema mejoran las condiciones para un juego colaborativo, aumenta la cantidad de CA que se abren en el sistema y que dichos CA se van abriendo, priorizando los que tuvieron mayor frecuencia de apertura entre todas las situaciones del diseño factorial. Por lo tanto, se considera que los CA más atractivos fueron los más frecuentes entre todas las situaciones consideradas. Considerando la variabilidad de todas las situaciones y teniendo en cuenta el contexto geográfico, la cercanía entre municipios y que la situación con mayor cantidad de CA sería un exceso, se considera y recomienda la apertura de CA en los municipios Repelón(o Luruaco), Candelaria(o Campo de la Cruz), Palmar de Varela(o Santo Tomás) y Baranoa, en ese orden de prioridad, las cuales pueden ser abiertas de forma gradual.

4. Conclusiones

El sistema propuesto tiene un gran potencial para aumentar la competitividad de los agro-productores del departamento del Atlántico, los resultados muestran que existen muy buenos incentivos para actuar de forma colaborativa. Además, se identificó que a pesar de que las ganancias de jugar de forma colaborativa no fueron las mayores para algunos jugadores en el escenario E2, se pudo apreciar en los análisis de resultados que las diferencias de las ganancias no se consideraron lo suficientemente relevantes como para renunciar a los demás beneficios que se obtienen al jugar de forma colaborativa. Por lo tanto, se puede concluir que incluso en la peor de las situaciones del diseño factorial sigue siendo preferible jugar de forma colaborativa.

Dentro de los resultados también se apreció que la asignación de los porcentajes de ganancias es equitativa entre los jugadores pese a que las ganancias netas(D1) de cada jugador puede diferir, lo cual tiene sentido para que sea una asignación justa tanto para pequeños como para grandes productores, que depende del volumen de carga transportado que aporta cada jugador. En conclusión, el Valor de Shapley asigna una división adecuada de las recompensas con sentido de la equidad según la contribución marginal de los jugadores, que incentiva a todos los jugadores para que estén dispuestos a cooperar, lo cual es fundamental para la formación de subcoaliciones(SB). Sin embargo, debido a que se optó realizar la distribución de los jugadores por SB, para que el uso del valor de Shapley fuera un caso práctico y viable, no se puede asegurar que la formación de subcoaliciones propuesta sea la mejor asignación de ganancias posible(estabilidad en el núcleo). No obstante, la formación propuesta demuestra claramente que es mejor actuar de forma colaborativa, ya que se obtienen mejores beneficios para todos los jugadores, incluso en las condiciones más desfavorables para un juego colaborativo. Las principales razones que influyen en las ganancias percibidas por jugador son el nivel de producción(oferta), la distancia transportada y de la variabilidad en las condiciones de las situaciones(S), la principal fue la calidad de los productos(Factor B), con capacidad de ocasionar cambios drásticos en los resultados. Esta última afecta directamente al precio del producto y a su vez los beneficios del productor, además, evita tener sobrecostos por devolución de productos en mal estado. Esto indica la relevancia de utilizar CA, ya que estos mantienen la calidad de los productos.

Por último, Los beneficios que se identificaron en este estudio al aplicar las estrategias colaborativas complementadas con la plataforma web prototipo para realizar comercio electrónico fueron: aumentar las ganancias de los jugadores, mayor participación de los pequeños productores en el mercado, facilitar el acceso a nuevos mercados más competitivos, oportunidades de negocio y/o mejores tasas bancarias, acceder a tecnologías más recientes, mejorar la eficiencia de comercialización directa, respuesta rápida a las necesidades y/o cadenas de entrega más cortas, disminuir la cantidad de intermediarios en el proceso de compraventa, aumentar la competitividad, rentabilidad y crecimiento de las asociaciones de agro-productores, que puede derivar a incrementar los niveles de producción y mejorar de la calidad de los productos y compartir riesgos en periodos con bajos niveles de producción.

Como futuras investigaciones se puede expandir el tamaño del modelo, escalándolo a otros contextos geográficos. También, analizar instancias más grandes aumentando la cantidad de clientes, agro-productos y agro-productores, realizar desagregación de datos en el conjunto de orígenes(O), en el conjunto de familia de productos(P) y el conjunto de periodos de tiempo(T). Ello facilitará un análisis más desagregado. Además, en el desarrollo de este proyecto se pudo notar varios aspectos convenientes en el modelo MLI para considerar las implicaciones que se involucran en el transporte del sector-agro, tales como, involucrar la naturaleza estocástica de la demanda, la posible existencia de productos defectuosos y/o perdidas en los envíos de los productos, realizar un análisis multimodal y un análisis más sensible de la compatibilidad de la carga.

Bibliografía

- Abaunza O., A., & León G., A. (2011). DISEÑO DE LA OPERATIVIDAD DEL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE COLFRIGOS S.A. HACIENDO USO DE UN WMS – REGIONAL BOGOTÁ. *UNIVERSIDAD LIBRE*, 4(3), 410–419.
- Agronet. (2019). *Evaluaciones Agropecuarias (EVA)*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=59>
- Andrade-Pineda, J. L., Canca, D., & Gonzalez-R, P. L. (2015). On modelling non-linear quantity discounts in a supplier selection problem by mixed linear integer optimization. *Annals of Operations Research*, 258(2), 301–346. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-1941-2>
- Cantillo, V., & López, M. F. (2008). *Monografía de productos G21: Legumbres y Horatizas*.
- Cruz Thiriat, R., Ramírez-Vélez, R., Martínez-Torres, J., & Correa-Bautista, J. E. (2005). Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia. In *Revista Chilena de Nutricion* (Vol. 44, Issue 4). <https://doi.org/10.4067/s0717-75182017000400307>
- DANE. (2005). *Proyecciones de población municipal del 2019 en base a la del 2005*.
- Elomri, A., Ghaffari, A., Jemai, Z., & Dallery, Y. (2012). Coalition formation and cost allocation for joint replenishment systems. *Production and Operations Management*, 21(6), 1015–1027. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2012.01333.x>
- Elomri, A., Ghaffari, A., Jemai, Z., & Dallery, Y. (2013). Cost allocation in a full truckload shipment consolidation game. *International Journal of Inventory Research*, 2(1/2), 127. <https://doi.org/10.1504/ijir.2013.058344>
- Gobernación del Atlántico, & UPRA. (2018). *Priorización de alternativas productivas y diagnóstico del mercado de productos agropecuarios del departamento del atlántico. Iii*, 1–78.
- Gran Abastos. (2021). *Mercadeo*. <https://www.granabastos.com.co/servicios/>
- Ministerio de transporte. (2019). *SICETAC*. <https://plc.mintransporte.gov.co/Runtime/empresa/ctl/SiceTAC/mid/417>
- Montiel Paternina, S. (2013). Impacto del tlc con estados unidos sobre los sectores económicos colombianos. *Saber, Ciencia y Libertad*, 8(1), 125–130. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2013v8n1.1885>
- Myerson, R. (1991). *Game Theory: Analysis of Conflict*. Harvard University Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/j.ctvjsf522>
- Otero-Palencia, C., Amaya-Mier, R., & Yie-Pinedo, R. (2019). A stochastic joint replenishment problem considering transportation and warehouse constraints with gainsharing by Shapley Value allocation. *International Journal of Production Research*, 57(10), 3036–3059. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1526418>

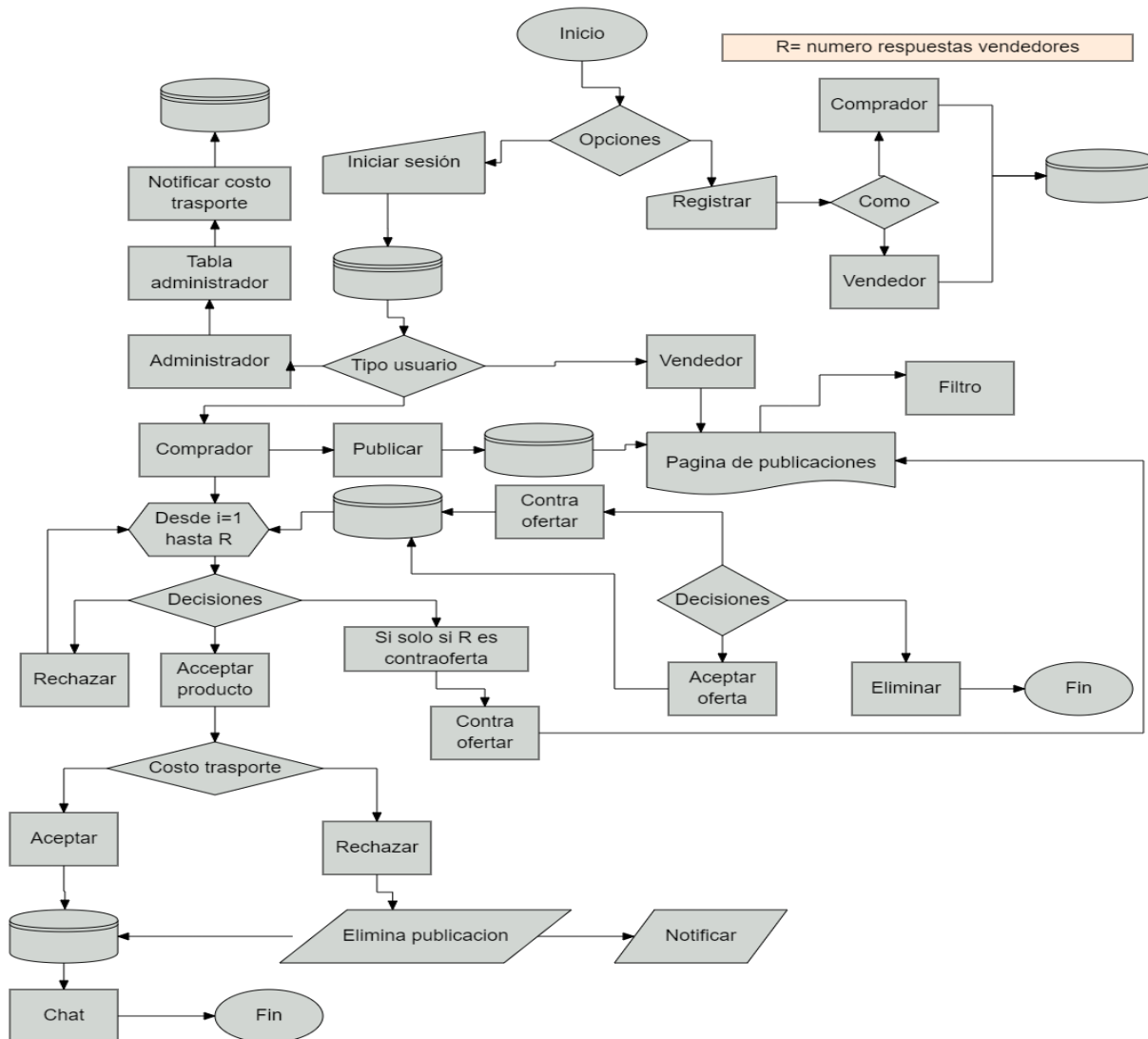
Pratikakis, C. (2021). *Joint replenishment of inventory in a multi-company setting cost allocation and stability analysis.*

SPDA. (2016). *Plan de Desarrollo “Atlántico Líder.”*

UPRA. (2017). *Plan de desarrollo: Atlántico líder. Ministerio de Agricultura, 54.*

Anexos

Anexo 1. Arquitectura de la plataforma Agrounidos.online.



Fuente 1. Elaborado en GoConqr (2021)

Anexo 2. Rangos de descuentos, límites y cantidad negociada para los periodos del año en la condición base.

Set R	Set T	L ^{rt}	U ^{rt}	FD ^{rt}	XN ^{rt}
R1	T1	0	999	0	0
R2	T1	1000	1999	0.2	800
R3	T1	2000	2999	0.3	1400
R4	T1	3000	267832	0.4	1800

R1	T2	0	999	0	0
R2	T2	1000	1999	0.2	800
R3	T2	2000	2999	0.3	1400
R4	T2	3000	267832	0.4	1800

Fuente 2. Elaboración propia.

Anexo 3. Factores y niveles del diseño experimental.

Factores		Niveles		
		1	2	3
A	%Factor de descuento	-10%	0%	+10%
B	%Factor de calidad	0%	-20%	-40%
C	Oferta	-30%	0%	+30%

Fuente 3. Elaboración propia.

Anexo 4. Situaciones del diseño experimental.

Situaciones	Combinaciones		
	A	B	C
S1	3	3	3
S2	1	3	2
S3	1	1	1
S4	2	2	2
S5	2	1	3
S6	2	3	1
S7	3	1	2
S8	1	2	3
S9	3	2	1

Fuente 4. Obtenido con R Studio®.

Anexo 5. Apertura de CA por situación del diseño factorial relacionado con la frecuencia y cantidad de CA.

Situación	Centros de acopio abiertos											Centros de acopio abiertos por situación
	Baranoa	Ponedera	Campo de la Cruz	Barranquilla	Manatí	Santo Tomas	Palmar de Varela	Malambo	Candelaria	Luruaco	Repelón	
S3									X		X	2
S7					X				X	X	X	4
S5					X				X	X	X	4
S6							X	X	X	X	X	5
S9							X	X	X	X	X	5
S2				X		X	X	X	X	X	X	7
S4						X	X	X	X	X	X	6
S8				X		X	X	X	X	X	X	7
S1	X	X	X		X	X		X		X	X	8
Frecuencia	1	1	1	2	3	4	5	6	8	8	9	

Con todos los jugadores

Fuente 5. Elaboración propia.

Anexo 6. Tabla de descripción y fuentes de recopilación de datos.

Datos	Descripción y fuentes de recopilación
Agro-productores	Se tomaron para los orígenes de los envíos los municipios productores de los cultivos priorizados por este estudio, los cuales son en total veintiún (21) municipios productores del departamento del Atlántico, descartando los municipios Puerto Colombia y Barranquilla.

Clientes	Se tomaron clientes provenientes de 4 ubicaciones que son Gran Abasto en Soledad, Barranquillita en Barranquilla, Cedi Grupo Éxito en Malambo y Mercado Bazurto en Cartagena.
Familias de agro-productos	Los productos se manejan como familias de productos; una familia de productos agrupa varios productos de similares características, clasificados según grupo de cultivos de Agronet(2019). Como productos se priorizaron productos derivados de cultivo, para ello se consideraron los priorizados por Gobernación del Atlántico & UPRA(2018) y se realizaron diagramas de Pareto con datos recopilados de Agronet(2019).
Incentivos de precios por volumen transportado	Esto se aplica en los tramos entre los CA hasta los clientes debido a que se puede consolidar carga, utilizar vehículos con mayor capacidad y aprovechar en su totalidad la capacidad de los vehículos. Para establecer los límites de los rangos de flujo transportado y los factores de descuento correspondientes se consideraron en los costos operativos de diferentes configuraciones de vehículos obtenido de SiceTAC (Ministerio de transporte, 2019).
Oferta	Se tomo como ofertas de las familias productos la producción en toneladas de las unidades productoras agropecuarias equivalente a lo producido por semestre por subregión en el año 2019, recopilado del Ministerio de agricultura Agronet(2019).
Costos de transporte	Se realizó una matriz de distancia mediante la ruta más corta en base a la red vial de INVIAS, utilizando el software QGIS® y se multiplico por un promedio ponderado de los fletes suministrados por Gran abastos (Gran Abastos, 2021) con sus respectivas distancias determinadas igualmente en QGIS®. Además, se consideró que un bulto equivale a 70 kg y que el recorrido interno promedio para transportar la carga al interior de un municipio es de 5 km. El resultado estimado del costo por tonelada-kilometro fue de \$1062/ton-km.
Costos fijos en CA	Corresponden a los gastos que se incurren por mantener abierto un CA, se consideran gastos por alquiler de bodega de finca raíz con un promedio \$11400/m2-mes, un vigilante para seguridad y un administrador.
Costos por manipulación de productos	Se consideran costos por manipulación de productos en CA, estos se prefirieron mantener variables por fuera de los costos fijos con el fin de considerar costos extras por los esfuerzos adicionales por tonelada agregada, se tomó como referencia el trabajo elaborado por Mosahab et al. (2011), quienes encontraron que la cooperativa Liderpack manejan los mejores precios en costos de descarga de productos con un costo de \$2490/ton, por lo tanto, se consideró como costo de manipulación(carga y descarga) de \$4982/ton.
Demanda	Se tomó como base el consumo promedio en toneladas por personal semestral para las familias de productos frutales, tubérculos y plátanos recopilado en Cruz Thiriat et al.(2005) y para las hortalizas y leguminosas se asumió que se consumen en la misma medida, se tomó el modelo de atracción de consumo anual elaborado en Cantillo & López(2008). Cabe destacar, que debido a que este estudio busca que la demanda sea satisfecha con la oferta interna del departamento, con posibilidades de abarcar demandas en otros departamentos, se optó utilizar como la cantidad de personas demandantes, la población del municipio de cada central de abasto(clientes), del año 2019, datos recopilados de las estimaciones del (DANE, 2005).
Cantidad negociada	Se consideró que en cada rango de descuentos existe una cantidad negociada $XN^{tt} = I^{tt} * (1 - FD^{tt})$, que es un valor fijo que se utiliza cuando es más económico declarar un exceso en la cantidad a transportar para aplicar al siguiente descuento (Andrade-Pineda et al., 2015).
Factor de Calidad	Considera la calidad de los productos, se considera que en los viajes directos al no tener regulaciones en la calidad de los productos y tienen el riesgo de incurrir en sobrecostos debido a que rechacen parte de los productos poseen un factor menor a 1, mientras que los viajes con CA se consideran por defecto un valor de 1.
Importe o precio de la compraventa de productos	Se tomó como referencia los precios de las centrales de abasto y se le resto un porcentaje, ya que evidentemente la compraventa de productos entre productor y centrales de abasto es menor al precio al público. Para ello, se realizó una encuesta rápida telefónica a líderes de grupos del sector agropecuario, encontrado que hay una diferencia promedio del 30% entre el precio de compraventa.

Fuente 6. Elaboración propia.