

Prólogo

En la literatura sobre gestión de la cadena de suministro y gestión logística abundan los estudios realizados por investigadores de países desarrollados de Norteamérica, Asia y Europa, mientras que los trabajos académicos sobre gestión logística que analizan a las economías emergentes, desde su propia perspectiva regional, son escasos; más aún en regiones con amplios rezagos de desarrollo como el Caribe colombiano. El presente libro surge como el resultado de tres diferentes procesos de investigación en dicho contexto y convergen en un punto central: la gestión logística en diferentes cadenas de suministro en la región Caribe.

Este libro es el resultado del esfuerzo de investigadores de la región que abordaron los siguientes problemas que conciernen a la competitividad de las cadenas de suministro: la baja competitividad de la distribución física de la cadena agroindustrial de los productores de mango en el departamento del Magdalena; la eficiencia de la distribución física de una comercializadora en Barranquilla y, por último, la competitividad de los prestadores de servicios logísticos, quienes se enfrentan a la

decisión de adoptar prácticas de gestión colaborativa en tres ciudades del Caribe colombiano. Estas investigaciones tienen como denominador común su aproximación al desafío de la competitividad, pero desde diversas perspectivas teóricas y con distintos métodos de investigación.

Cada uno de los temas presentados en este libro, aunque con diversas metodologías de investigación, contribuye a generar en conjunto un mayor y más completo acervo de conocimiento de los actores de la cadena de suministro nacional, desde una perspectiva académica rigurosa. Con el tiempo, los libros que realizan compendios de esta clase de proyectos servirán de referencia para las futuras líneas de investigación, de manera que las futuras generaciones de investigadores del Caribe colombiano puedan analizar los fenómenos de la gestión empresarial propios de la región, con miras a mejorar la competitividad regional y nacional.

Introducción

La actividad logística se ha asociado históricamente con un conjunto de estrategias necesarias para poner en movimiento diversos tipos de recursos tales como tropas, armas, víveres e insumos, y con el tiempo se fue asociando a la dinámica de desarrollo comercial de los pueblos y sus intercambios de bienes y servicios. En los tiempos actuales, la logística comercial es el motor de la cadena de suministro de todo tipo de productos para satisfacer distintas clases de demanda, algunas de productos de ocio y lujo; en otros casos, de productos de primera necesidad. En los tiempos de crisis global que vivimos, satisfacer la demanda de agua, alimentos y medicinas de toda la población ya no es cuestión de competitividad, sino de supervivencia. Es en estos momentos de inflexión cuando recordamos que no podemos vivir sin los productos del campo, y que la necesidad de aprovisionamiento de frutas y verduras frescas y de otros alimentos es más importante que la obtención de artículos de lujo y confort.

Considerando lo anterior, en el primer capítulo de este libro se aborda el problema de la competitividad de las cadenas productivas agroindustriales de frutas colombianas, en particular de la cadena de suministro del mango (*Mangifera indica*), uno de los productos agrícolas con los que cuenta la amplia despensa del departamento del Magdalena. En dicho apartado se presenta la investigación de campo realizada en varios municipios productores de la fruta en el Magdalena, la cual se orientó a la modelación matemática del problema clásico del transporte, utilizando orígenes y destinos de la fruta entre los municipios del departamento. Esta aproximación modelística generó interesantes resultados que dan luces sobre cómo optimizar la distribución física de este producto y mejorar la productividad y competitividad de los cultivadores de la región.

El primer capítulo define un modelo de gestión logística de la cadena del mango del departamento del Magdalena, con el fin de determinar la mejor red de distribución basada en las características del producto, de los clientes y de los sistemas de información. Para su desarrollo se utilizó el modelo de transporte clásico, que resuelve los problemas de ubicación y capacidad de las instalaciones, además del número óptimo de vehículos con sus rutas, de manera que se garantice la satisfacción de las necesidades de los clientes y la entrega de sus pedidos.

La competitividad de las pequeñas y medianas empresas (pymes) es fundamental para el desarrollo económico del país. En Colombia, estas representan

alrededor del 90% de las empresas existentes, generan el 30% del producto interno bruto (PIB) y, lo más importante, dan empleo al 65% de la población laboral del país. Ahora bien, en los tiempos actuales de crisis global, este sector es el más afectado y el que más ayuda y apoyo del Estado necesita. Con esto en mente, el segundo capítulo trata el caso de una empresa importadora de vestuario y productos de tecnología que atiende al mercado local en la ciudad de Barranquilla (Colombia). En este apartado se sintetizan los resultados de una investigación de campo llevada a cabo a bordo (con cronómetro en mano) de los vehículos de distribución de esta pequeña organización.

En la cadena de suministro intervienen diversos actores: productores de materias primas, transportistas, transformadores, de nuevo los transportistas y, finalmente, los consumidores. Es decir, los transportistas y los operadores logísticos son fundamentales en la cadena física de suministro, a pesar de que son precisamente los actores de la cadena que menos atención han recibido de la literatura académica. Ahora, en tiempos de crisis, sobresalen la eficiencia y la competitividad de los operadores y transportistas como factores esenciales para mantener funcionando la cadena de abastecimiento de los productos de primera necesidad. En este sentido, una de las alternativas estratégicas más reportadas por la literatura, con el fin de mejorar la competitividad del sector logístico, es la colaboración horizontal: un tema prácticamente desconocido en el contexto de la gestión logística

nacional. Con esto en mente, en el tercer y último capítulo de este libro se presentan resultados de una investigación exploratoria sobre el fenómeno de la adopción de prácticas de gestión colaborativa entre operadores de servicios logísticos en tres ciudades del Caribe colombiano.

El tercer capítulo analiza entonces diversos aspectos de la operación logística: número de servicios prestados por cada operador, cubrimiento de las operaciones y tamaño de la empresa. Además, se explora la potencial presencia de prácticas logísticas colaborativas entre cuatro categorías específicas de operadores logísticos en la región Caribe colombiana. Asimismo, los resultados de la investigación empírica se contrastan con las evidencias reportadas en la literatura y con los datos cualitativos obtenidos. Entre los hallazgos de la investigación se encontró que, contrario a lo que refleja la evidencia cualitativa, las prácticas colaborativas sí se presentan en este sector, aunque son de tipo informal y de frecuencia esporádica.

Así pues, puede afirmarse que la competitividad de los actores de las cadenas productivas y de sus intermediarios logísticos en la región Caribe constituye el eje de articulación que integra los tres capítulos de este libro y que emerge como una propuesta para futuras líneas de investigación en la gestión de la cadena de suministro regional y nacional.

Metodología general

La presente obra es una compilación de tres investigaciones separadas. Los autores han desarrollado sus proyectos atendiendo distintas líneas de investigación y desde diferentes perspectivas metodológicas, pero en torno a un tema común: los actores de las cadenas de suministro en el Caribe colombiano y, a su vez, con un abordaje común: la investigación empírica. En el primer capítulo el problema de investigación se enfoca desde los métodos cuantitativos, adoptando como unidad de análisis los centros de acopio de fruta en los municipios del Magdalena. La metodología de la investigación se apoyó en la aplicación de modelos matemáticos clásicos y algoritmos para resolver el problema de optimización de las rutas de transporte de productos agrícolas entre diferentes centros de acopio y sus destinos en el departamento, con el fin de mejorar la productividad de estas cadenas productivas.

En el capítulo dos se analizan las rutas de distribución física de una empresa comercial en la ciudad de Barranquilla. La investigación en esta oportunidad se apoyó en la metodología de caso

de estudio, y el acopio de datos se basó en la observación y medición directa a través de un estudio de métodos y tiempos llevado a cabo por espacio de 15 días en la zona donde la empresa realiza sus operaciones, entre las cuales están el acopio de la mercancía en los centros de distribución y los procesos de *picking* y distribución de esta. El capítulo presenta además una herramienta metodológica gráfica e innovadora para la medición y la planeación de las rutas de distribución, con base en el análisis de los resultados del estudio de tiempos y la programación de los envíos. Este instrumento, soportado en la *recta numérica algebraica*, es aplicable a proveedores de servicios logísticos de paqueteo urbano con el fin de estimar los tiempos de entrega de un sistema de distribución, en contraste con los métodos de análisis de rutas descritos por la literatura, que se enfocan más en costosas aplicaciones de software.

Por último, en el capítulo tres se adopta el enfoque metodológico de población y muestra para obtener datos de los intermediarios de la cadena de suministro. Dada la amplia variedad de esta unidad de análisis, la investigación empleó una tipología clásica de proveedores de servicios logísticos para depurar su base de datos y acotar la población. El abordaje metodológico fue mixto: se combinaron métodos cualitativos como las entrevistas semiestructuradas (con un cuestionario preestablecido) con la aplicación de encuestas (mediante una aplicación comercial de encuestas en línea) para recabar la mayor información

posible de una muestra representativa de la población de los operadores logísticos en el Caribe colombiano, indagando por las características específicas de la operaciones mencionadas y de otras como el uso de sistemas de información especializados y la subcontratación de labores logísticas. De igual forma se consultó la frecuencia de cierto grupo de prácticas de colaboración horizontal y de actividades relacionadas a la colaboración reportadas por la literatura entre este tipo de operadores. Así, la investigación condujo a plantear algunas hipótesis sobre las potenciales relaciones entre las variables descritas en el estudio y la frecuencia de las prácticas logísticas colaborativas horizontales entre prestadores de servicios logísticos.

Capítulo 1

Modelación logística aplicada a las cadenas de suministro agroindustrial: evidencias de la cadena productiva de mango en el departamento del Magdalena

Hugo José Mercado Cervera PhD¹

Introducción

En el marco de los proyectos liderados por el grupo de investigación Gestión de Recursos para el Desarrollo (GRD), reconocido por Colciencias en categoría C y adscrito al programa de Ingeniería Industrial de la Universidad del Magdalena, este capítulo sintetiza uno de los trabajos de la línea de investigación “Optimización y métodos cuantitativos”. El estudio se enfoca en la aplicación

1. Docente titular, Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena (Santa Marta- Colombia). Correo: hmercado@unimagdalena.edu.co.

de métodos y modelos matemáticos para mejorar la cadena productiva de frutas y hortalizas en el Magdalena; concretamente, la producción y distribución de mango, una fruta tropical típica de la región Caribe y del microclima del interior del departamento del Magdalena.

El cultivo de mango en el departamento del Magdalena

En el mundo existen más de 30 variedades de la especie *Mangifera indica*, entre las cuales se destacan algunas mejoradas, como las variedades rojas Van Dike, Kent y Tommy Atkins, como se muestra en la ilustración 1. Estas fueron introducidas al país desde el sur de la Florida (Estados Unidos), y su cultivo está destinado al mercado de consumo de mango fresco. En el departamento del Magdalena se producen estas variedades de la fruta, además de la variedad criolla Magdalena River y la variedad Keitt (ilustración 2), destacadas por su alto contenido de fibra y por estar dirigidas al mercado de pulpas.

Ilustración 1. *Mangifera indica*



Fuente: propiedad de los autores con licencia de shutterstock.com.

El departamento de Magdalena ha sido una región tradicionalmente agrícola y de marcada vocación agroindustrial: aproximadamente 5,5% de su PIB corresponde a la producción de frutas y vegetales. Después del banano, el café y los cítricos, el cultivo de mango tiene una participación del 20% del total de la producción agroindustrial². Ahora bien, a pesar de su importancia y tradición para la economía del departamento, los cultivos de frutas en este territorio se caracterizan por un bajo nivel de uso de los recursos productivos. Así, se observa que el cultivo de mango cuenta con un nivel de productividad agrícola

2. Datos recuperados de <https://www.ccsm.org.co/servicios-empresariales/servicios-ofertas-empresariales/estudios-economicos/investigaciones-e-indicadores-economicos/send/78-investigaciones/48705-informacion-de-indicadores-agropecuarios-magdalena.html>

40% inferior al de otras regiones del país como el alto Magdalena tolimense, que reporta una productividad de 13,7 toneladas por hectárea plantada³. De igual forma, los niveles de desperdicio de fruta en el cultivo de mango en el Magdalena son superiores al 50% debido a fallas en la manipulación, el almacenamiento y los sistemas de transporte.

Ilustración 2. Mango variedad Keitt



Fuente: propiedad de los autores con licencia de shutterstock.com.

3. Datos recuperados de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Como consecuencia, se presentan altos sobrecostos en los procesos agroindustriales, así como incumplimientos de los contratos comerciales en cuanto a las cantidades de producto entregado y a los tiempos de entrega. Estos problemas podrían resolverse mediante la aplicación de técnicas de investigación de operaciones y modelos matemáticos que determinen la ubicación de los centros de almacenamiento, la capacidad de los almacenes y las rutas de transporte de los productos de forma rentable. En otras palabras, este panorama requiere el uso de modelos logísticos para optimizar recursos a través de la minimización de los costos de almacenamiento y transporte de la fruta, desde su origen hasta su consumidor final.

Modelación de cadenas físicas de distribución

Los modelos de distribución permiten estimar el número de viajes realizados durante un cierto periodo entre las diferentes zonas de un sistema analizado. El modelo de distribución más conocido es el denominado problema de transporte o modelo de Hitchcock (1941), en el cual los bienes producidos en las fuentes indicadas se suministran a una serie de destinos a un costo mínimo. Este está formulado como un problema de programación lineal con costos constantes. Por otro lado se encuentra el modelo de distribución tradicional, esto es, según lo propuesto por Wilson (1970), el modelo gravitatorio, donde las variaciones

de entropía —la función objetivo— se muestran para una variación de la generación de viajes o una variación de la unidad de atracción, respectivamente. Estos tipos de modelos de entropía han hecho grandes contribuciones al estudio de la distribución de viajes (Wang, Yao y Jing, 2006).

En los modelos de factores de crecimiento se comienza con una matriz conocida de V , a partir de la cual se busca estimar los valores de esta para un año de diseño. Así, dependiendo de la información, se pueden usar varios métodos (De Dios Ortúzar y Willumsen, 2011). En general, la predicción del número de viajes realizados a ciertos destinos es importante porque ayuda a identificar el área donde se deben generar los servicios y a evaluar los impactos de los cambios en los patrones de demanda de servicios (Blainey y Preston, 2010).

El método del factor uniforme supone que toda la matriz crecerá de manera uniforme, de acuerdo con un factor de crecimiento dado. Esta situación, sin embargo, no es muy realista a menos que sea a muy corto plazo. Por lo demás, en los métodos del factor de crecimiento de dimensión simple o doble existen dos conjuntos de factores de crecimiento para cada zona, origen y destino. Para esto se han desarrollado varios métodos iterativos, entre los cuales se destaca el método Furness (Berodia, Portilla, Dell'Olio y Zamaniello, 2006), que introduce factores de equilibrio.

La literatura reporta que, utilizando datos agregados, los diferentes modelos de distribución difieren