

LA GESTIÓN

DE LA DISTRIBUCIÓN Y LA PLANIFICACIÓN DE RUTAS EN EL SECTOR EMPRESARIAL CUBANO

DISTRIBUTION MANAGEMENT AND ROUTE PLANNING IN THE CUBAN BUSINESS SECTOR

Manuel Enrique Coloma Salazar¹

Email: mcoloma@uho.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0451-1265>

José Arzola Ruiz²

Email: jarzolacm@icb.cujae.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4101-878X>

Clara Elena Marrero Fornaris¹

Email: cmarrero@uho.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9417-7234>

¹Universidad de Holguín. Holguín. Cuba

²Universidad Tecnológica de la Habana. La Habana. Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Coloma Salazar, M. E., Arzola Ruiz, J., & Marrero Fornaris, C. E., (2022). La gestión de la distribución y la planificación de rutas en el sector empresarial cubano. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(5), 357-368.

RESUMEN

La gestión de la distribución en el sector empresarial cubano tiene como función principal la transportación. Para efectuar correctamente el proceso distributivo de bienes y/o servicios es necesario construir o planificar rutas que se sustentan en los Problemas de Ruteo de Vehículos, uno de los problemas de la Investigación de Operaciones más tratados en la literatura especializada. Aun cuando es de vital importancia la solución de estos problemas en el contexto cubano, no se evidencia un trabajo exhaustivo con propuestas que permitan ser generalizadas y aplicadas a las situaciones reales del sector empresarial. Es por ello que este trabajo se centra en hacer un análisis de la gestión de la distribución y la planificación de rutas para detectar futuras líneas de investigación tan importantes en el ámbito de la logística en Cuba. Para el análisis internacional se analizan recomendaciones de importantes revistas referenciadas en el tema. Como fuentes principales de información para el análisis nacional se escogen las tesis de doctorado en Ciencias Técnicas y maestría defendidas entre 2000 y 2021 en distintas instituciones cubanas, y revistas nacionales relacionados con la temática.

Palabras clave: transporte, gestión de la distribución, ruteo de vehículos, planificación de rutas

ABSTRACT

The main function of distribution management in the Cuban business sector is transportation. To correctly carry out the distribution of goods and/or services, it is necessary to build or plan routes that are based on Vehicle Routing Problems, one of the most studied problems of the Operations Research in the specialized literature. Although the solution of these problems in the Cuban context is vitally important, there is no evidence of exhaustive work with proposals that can be generalized and applied to real situations of the business sector. That is why this work focuses on making an analysis of distribution management and route planning to detect future lines of research that are so important in the field of logistics in Cuba. Articles indexed in Scopus are used for the international analysis. As main sources of information for the national analysis are selected the doctoral theses in Technical Sciences and master's degrees defended between 2000 and 2021, the journal of Investigación Operacional and the journal of Ingeniería Industrial.

Keywords: transport, distribution management, vehicle routing, route planning

INTRODUCCIÓN

La gestión de la distribución es considerada una de las funciones logísticas más importantes y de la cual dependen en gran medida los costos logísticos. En este sentido, los proveedores de servicios logísticos, así como las empresas comercializadoras que realizan la distribución de mercancías, buscan alternativas para permanecer en el mercado de forma competitiva.

El transporte, como parte del proceso de distribución, ha experimentado un mayor crecimiento en los últimos años debido a la industrialización, los avances tecnológicos, el aumento del comercio y los desplazamientos humanos. Es un área que genera uno de los mayores costos logísticos, y se encarga de mover productos a mercados que se encuentran geográficamente separados proporcionando un valor agregado a los consumidores cuando los productos arriban en tiempo, sin daños y en las cantidades demandadas (Ribeiro, 2004). De esta manera, la transportación contribuye al nivel de servicio del cliente, que es uno de los elementos más importantes de la satisfacción del cliente.

El ruteo de vehículos o planificación de rutas, tiene una estrecha relación con el transporte y la gestión de la distribución. Es una rama de la logística donde yacen numerosas oportunidades de mejora y por esta razón ha recibido especial atención y ha motivado un intenso trabajo teórico en el desarrollo de modelos y algoritmos eficientes, considerándose los problemas de ruteo de vehículos (*Vehicle Routing Problems, VRP*) uno de los modelos más importantes en el ámbito de la gestión de la distribución.

La gestión de la distribución y la transportación en Cuba se encuentran en las proyecciones de desarrollo del país. Se manifiestan en las Bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030, el eje estratégico Infraestructura, el sector estratégico para la transformación productiva *“Logística integrada de transporte, almacenamiento y comercio eficiente, expandiendo la cobertura e incrementando la calidad y competitividad de la infraestructura, potenciando los medios de transportación más eficientes”* (Cuba. Partido Comunista de Cuba, 2017, p. 22) y en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (2021-2026) en la política para el transporte, lineamiento 163. Este último plantea:

perfeccionar el balance de cargas, lograr un adecuado funcionamiento de la cadena Puerto-Transporte-Economía Interna, aprovechando las ventajas comparativas en materia de eficiencia del ferrocarril y el cabotaje, las empresas especializadas y el empleo de contenedores, para lograr la integración multimodal, con

una transformación en la estructura de participación, a partir del uso de medios más eficientes. (Cuba. Partido Comunista de Cuba, 2021, p. 80)

Aunque en los lineamientos del año 2017 fueron más explícitos a los efectos de esta investigación en el 219: *“garantizar la utilización de los esquemas y medios más eficientes para cada tipo de transportación”*. (Cuba. Partido Comunista de Cuba, 2017, p. 31)

No obstante, las investigaciones nacionales en este campo se encuentran orientadas, principalmente, a la gestión y el enfoque estratégico y se evidencian carencias en el tratamiento de elementos operativos y tácticos. En el estudio de los aportes en este campo se evidencia un desenlace en el enfoque teórico-metodológico y la situación actual de la transportación en Cuba.

El objetivo de esta investigación es hacer un análisis de los avances en temas logísticos en Cuba, particularmente en los que se orientan a la gestión de la distribución y la utilización de métodos matemáticos y estadísticos y su aplicación a la solución de problemas cotidianos. Se hace especial énfasis en el ruteo de vehículos al ser uno de los problemas más importantes de la optimización combinatoria y la investigación de operaciones, que precisa el proceso de distribución de forma estructurada. Se escogen como fuentes de información la revista Investigación Operacional, la revista de Ingeniería Industrial, las tesis de doctorado en Ciencias Técnicas y las tesis de maestría en Ingeniería Industrial dada la orientación del objeto de estudio a la modelación matemática y el modelo del profesional de los egresados de esta carrera.

DESARROLLO

La gestión de la distribución a nivel internacional

Cuando se realiza un análisis del término “gestión de la distribución” (*“distribution management”*) en la literatura especializada se evidencia un elevado interés de la comunidad científica. Con el objetivo de hacer una sistematización de la literatura se escoge *Scopus* la cual es considerada una de las bases de datos académicas más importantes utilizadas en este tipo de estudios. Se realiza la búsqueda en los campos *“Título, resumen y palabras clave”*, donde se escogen los artículos más relevantes de revistas en todos los idiomas, siendo el inglés el más representativo. Se fija como período de consulta desde la génesis de este campo de estudio hasta el 10 de octubre 2021 donde, luego de eliminar registros duplicados, se precisaron 2010 entradas o artículos. Figura 1

Dichos términos son usados en disímiles situaciones y aparecen recogidos en distintos clústeres. Por un lado, tenemos los términos asociados a la distribución de energía eléctrica: red inteligente, generación distribuida, sistemas de distribución, redes de distribución, conservación de la energía y otros. Asimismo, aparecen otros términos asociados al cliente: satisfacción del cliente, lealtad, confianza, venta minorista, intención de compra, etc. Aparecen muchos otros, relacionados con la logística: ruteo de vehículos, logística verde, transportación marítima, diseño de redes, ventanas de tiempo, entre otros.

En los últimos años las investigaciones de este corte están relacionadas con la transformación digital que demanda la Industria 4.0. Asociada a la distribución aparece la inclusión del **big data**, el internet de las cosas y otros. Se evidencia entonces un elevado trabajo en la ciencia sobre gestión de la distribución como palabra clave a nivel internacional, lo que sienta las bases para su desarrollo a nivel nacional. Los principales autores se muestran en la Figura 3.

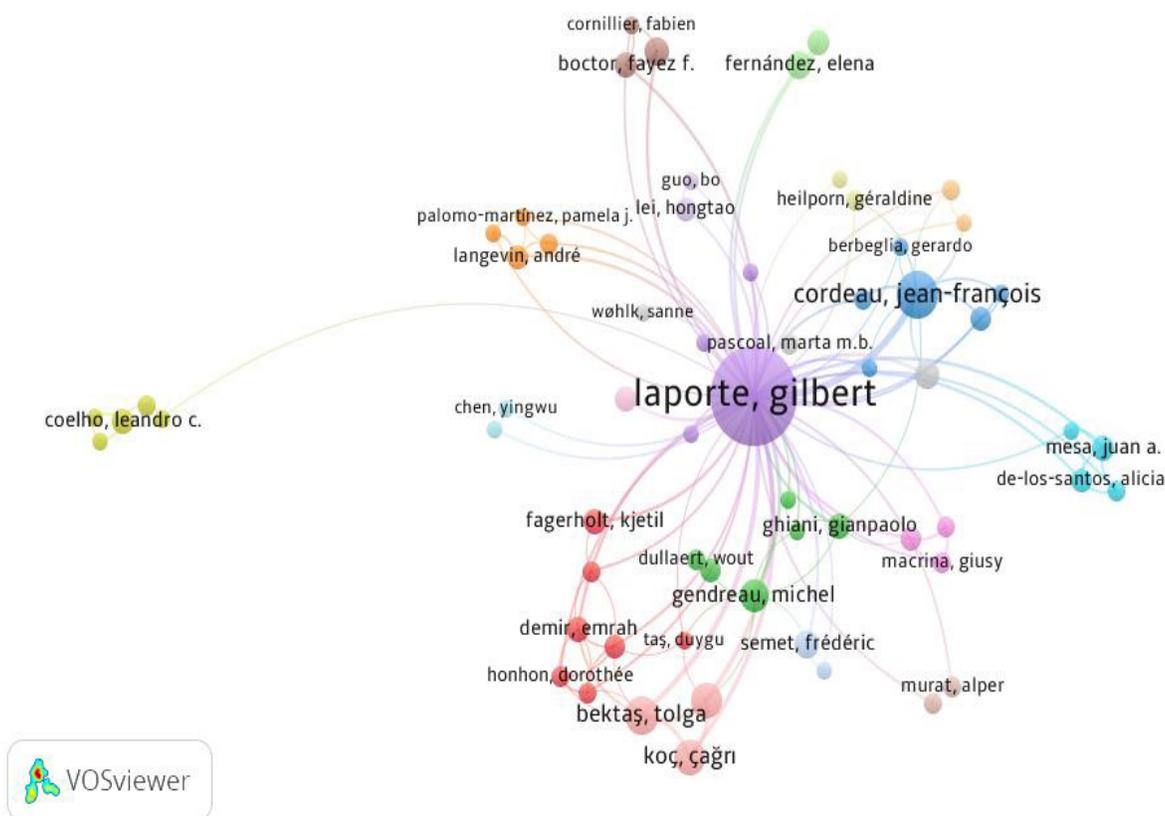


Figura 3. Principales autores a nivel internacional que han abordado la gestión de la distribución (VOSviewer 1.6.17). Fuente: elaboración propia

Un clúster muy particular es representado por el ruteo de vehículos “*vehicle routing*”, los cuales son problemas de optimización que tienen como objetivo encontrar el mejor elemento/solución dentro de un conjunto de elementos/soluciones disponibles, que cumplen ciertas condiciones. Son una generalización del problema del agente viajero (*Traveling Salesman Problem, TSP*) propuesto por primera vez, a saber, por Hamilton & Kirkman en los años 1800s, aunque fue formulado en los años 1930s. Los VRP fueron introducidos por primera vez en el ámbito académico por Dantzig y Ramser (1959) en una aplicación práctica para la distribución de gasolina a estaciones y fue llamado “*The Truck Dispatching Problem (TDP)*”. Este problema puede ser definido como el problema de determinar las rutas más factibles desde un depósito hacia un conjunto de clientes dispersos geográficamente, sujeto a restricciones. (Laporte, 2009)

Por otro lado, Toth y Vigo (2014, p. 1) son más precisos a la hora de conceptualizar este tipo de problemas:

“dada una demanda de transportación y una flota de vehículos: determinar el conjunto de rutas de vehículos para desarrollar toda/alguna transportación demandada con los vehículos dados y a un costo mínimo; en particular, decidir cuál es el vehículo que realizará una determinada demanda, en qué secuencia, para lograr que todas las rutas de vehículos sean ejecutadas factiblemente”. (Toth & Vigo, 2014, p. 1)

Aunque esta definición trata el término costo, no implica que esté sesgado solamente al componente económico de la transportación. En este sentido, se hace evidente que la gestión de la distribución, transporte y ruteo de vehículos están indisolublemente relacionadas.

En el ámbito internacional en los últimos años se integra el enfoque multiobjetivo a los problemas de ruteo de vehículos donde se optimizan criterios usualmente en conflicto (Wang et al., 2020; Cassettari et al., 2021). De igual forma, surgen corrientes que realizan un tratamiento de la sostenibilidad del transporte y la distribución de mercancías responsables con el medio ambiente (Srijaroon et al., 2021; Zhou et al., 2021).

El enfoque teórico-metodológico de la gestión de la distribución en Cuba

Dentro de la gestión de la distribución, la planificación de rutas es un elemento estratégico en el fomento de la infraestructura logística en Cuba. Asimismo, Acevedo Suárez et al. (2004) detectan una serie de factores que desafortunadamente hoy mantienen una vigencia importante en el sector empresarial del país:

1. No existencia de programa de mejoramiento de los procesos logísticos.
2. Bajo grado de utilización de la tecnología del código de barra.
3. Poca cantidad de personal dedicado a la gestión y operación del almacenaje que ha recibido capacitación en el último año.
4. Débil identificación de las cargas durante el flujo mediante la tecnología del código de barras.
5. Bajo grado de automatización de la gestión de transporte interno.
6. Poca cantidad de personal dedicado a la gestión y operación del almacenaje que ha recibido capacitación en el último año.
7. Bajo grado de automatización de la gestión de transporte externo.

8. Débil utilización de la informática para la programación de rutas y combinación de recorridos en el transporte externo.
9. Poca cantidad de personal dedicado a la gestión y operación del almacenaje que ha recibido capacitación en el último año.
10. Poca cantidad de personal dedicado a la gestión y operación del almacenaje que ha recibido capacitación en el último año.
11. Débil nivel de uso de código de barra y unificación con los clientes y proveedores.
12. Bajo grado en que el personal con nivel universitario tiene formación posgraduada en logística.
13. Débil utilización de un sistema de indicadores en logística.
14. Pobre existencia de registro permanente del sistema de indicadores.
15. Débil aplicación del benchmarking a las actividades logísticas.

Sin embargo, aun siendo detectados, el análisis de estos problemas es escaso y las soluciones no son generalizables dada la configuración que utilizan. Las investigaciones de corte logístico se han centrado en modelos y procedimientos de gestión más que en técnicas y herramientas precisas de optimización de las funciones logísticas. Además, si se realiza una búsqueda en orden cronológico se encuentra que en los últimos 21 años el tema ha carecido de atención y solo se encuentran en la literatura cubana después del año 2000 referencias a la toma de decisiones logísticas multiobjetivo en el proceso de alza, corte y transporte de la caña de azúcar. Igualmente, se aborda la plataforma logística para el petróleo en Cuba, en el que la distribución es considerada el objeto de estudio y dada la intención de la investigación se desconoce el VRP como el modelo más importante de gestión de la distribución.

El ruteo de vehículos tiene una especial connotación en el área de la Ingeniería Industrial en Cuba. Tal es el caso la orientación de las tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas donde se ha abordado el costo total de la distribución, la ponderación de la calidad y tiempo medio de brindar el servicio, entre otros objetivos. Aunque dichas investigaciones se ven limitadas a la época y las capacidades computacionales y matemáticas y no se precisa la utilización de métodos heurísticos, metaheurísticos y de la optimización evolutiva de gran aplicación en la solución de problemas multiobjetivo.

En contraste, se han realizado aproximaciones teóricas en el orden de la gestión y el enfoque estratégico que,

aunque reconocen la importancia del transporte en la logística y las cadenas de suministros, no precisan cómo hacerlo más eficiente mediante técnicas informáticas y modelos matemáticos. Tal es el caso de temas relacionados con la logística inversa; los procesos estratégicos de gestión logística; los enfoques acerca del control de gestión; la gestión integrada y proactiva de restricciones físicas; los modelos de gestión colaborativa del flujo logístico y de planificación en cadenas de suministros.

También se han introducido técnicas y herramientas de la optimización multiobjetivo para el rediseño de la cadena de suministro de reciclaje de múltiples productos. Aunque no se delimita el modelo VRP se evidencia la oportunidad de las técnicas cuantitativas que brindan un sistema de apoyo a la toma de decisiones, en contraste con criterios cualitativos motivados por la experiencia empírica y el juicio personal. Asimismo, se evidencian acercamientos a la gestión integrada de restricciones físicas y el análisis de la viabilidad en las rutas mediante el árbol de expansión mínimo.

Por otra parte, siguiendo el rumbo del aporte metodológico desde las tesis en opción al título académico de Máster en Ingeniería Industrial, se han realizado aproximaciones al diseño de rutas de distribución mediante métodos multicriterio que se utilizan para abordar problemas discretos. Igualmente, en este ámbito se aborda el diseño de cadenas de suministros de productos centralizados. En general, se reconoce el poder de las técnicas metaheurísticas basadas en el comportamiento de poblaciones para crear rutas de distribución, en particular la optimización mediante colonias de hormigas.

Un elemento resalta en la mayoría de estas investigaciones y es recurrente desde la propia carrera de Ingeniería Industrial en Cuba: el impulso del enfoque de gestión y el enfoque estratégico que, si bien son necesarios, no responden a muchas de las necesidades del sector empresarial cubano. El componente táctico-operativo, donde se manifiestan verdaderos problemas de la profesión, requiere del interés de la comunidad científica.

Por su parte, en la revista cubana de Investigación Operacional se encuentran resultados científicos en el ruteo de vehículos capacitados (*Capacitated Vehicle Routing Problem, CVRP*); solución al problema de transporte mediante programación por metas; transporte de la caña de azúcar; el soporte computacional *DRsoft* y el método multicriterio *MEroute* para el ruteo de vehículos. Otras investigaciones se orientan al problema de producción y transportación en la industria petrolera; el problema bi-cuadrático de transporte con cargas fijas y flujo mejorado; la comparación de métodos de ayuda a la decisión

multiatributo en la solución de los VRP y la modelación práctica del transporte.

En los últimos cinco años se han realizado aproximaciones teóricas a la heurística para el ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (*Vehicle Routing Problem with Time Windows, VRPTW*) en la recogida de desechos (Sackmann et al., 2017); estrategia GRASP¹ para el ruteo de vehículos con recogidas y entregas simultáneas (*Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery, VRPSPD*) (Fernández Arias & Allende Alonso, 2017); y, el transporte fraccional lineal capacitado con flujo restringido (Gupta & Arora, 2019). Por otra parte, Jain (2020) analiza el problema de distribución mediante la optimización de costo y tiempo de distribución, aplicado a la transportación de huevos. De esta misma forma, Jain (2021) introduce el enfoque multiobjetivo en el problema de transportación fraccional de mercancía frágil.

Asimismo, en la Revista de Ingeniería Industrial se introducen investigaciones desde el 2000 respecto a temas de interés desde el punto de vista logístico. En este sentido Marrero Delgado et al. (2001) se muestra como un referente en temas de transporte en la industria de la caña de azúcar. Por otro lado, se realizan estudios sobre la distribución de mercancías en el comercio electrónico y la plataforma logística del petróleo en Cuba, las decisiones estratégicas, la gestión del combustible y otros. En el caso de Costa Salas et al. (2010) se propone el uso de análisis discriminante, con vistas a clasificar el área de solución para problemas reales de enrutamiento de vehículos en empresas cubanas, aunque no se realiza un análisis exhaustivo de los métodos y herramientas para la solución de los VRP.

Otras investigaciones se orientan al diagnóstico donde se caracteriza el estado de la logística y la gestión de las cadenas de suministro en una muestra de empresas estadísticamente significativa y la auditoría logística de la gestión de inventarios. Asimismo, se aborda la integración de las cadenas de suministro, la planificación de productos alimenticios en una cadena de suministro comercial, la modelación de recursos restrictivos en el sistema logístico de empresas comercializadoras, la mejora de procesos logísticos y la optimización de emisiones en la red de carreteras de infraestructura urbana.

Además, en esta revista se destacan investigaciones sobre el flujo de valor para el análisis de sostenibilidad en cadenas de suministro, la logística inversa y la economía circular, la gestión de riesgo en los procesos de

¹ Procedimiento de búsqueda adaptativa aleatorio codicioso (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure)

transportación, los sistemas de gestión logística para procesos de servicios y el estudio de la demanda colaborativa en una cadena comercial.

Por último, Sánchez Suárez et al. (2021) abordan los nuevos retos de la logística y las cadenas de suministros, influenciadas principalmente por las implicaciones económicas y globales de la COVID-19. Dentro de estos retos se detecta que las competencias y habilidades de los profesionales de la logística deben estar orientadas al análisis de los problemas desde una perspectiva multidisciplinar y de forma digital mediante herramientas y softwares. Además, dichos profesionales no pueden verse aislados de las técnicas de la modelación matemática y técnicas cuantitativas que brindan un sistema de apoyo a la toma de decisiones.

De forma general, dadas las fuentes de información consultadas se pueden congregan los autores cubanos que han abordado la temática de acuerdo con las palabras claves de sus investigaciones, que están asociadas a las funciones logísticas y en particular a la distribución de mercancías y el transporte. Figura 4 En el centro de las investigaciones analizadas se encuentran los términos transporte, distribución modelación matemática y ruteo de vehículos, los cuales presentan alto grado de centralidad normalizada comparado con los restantes términos analizados, una menor centralización global de cercanía con la red, mayor centralización global de la cercanía armónica y mayor robustez en los valores del *eigenvector*, como medidas de centralidad.

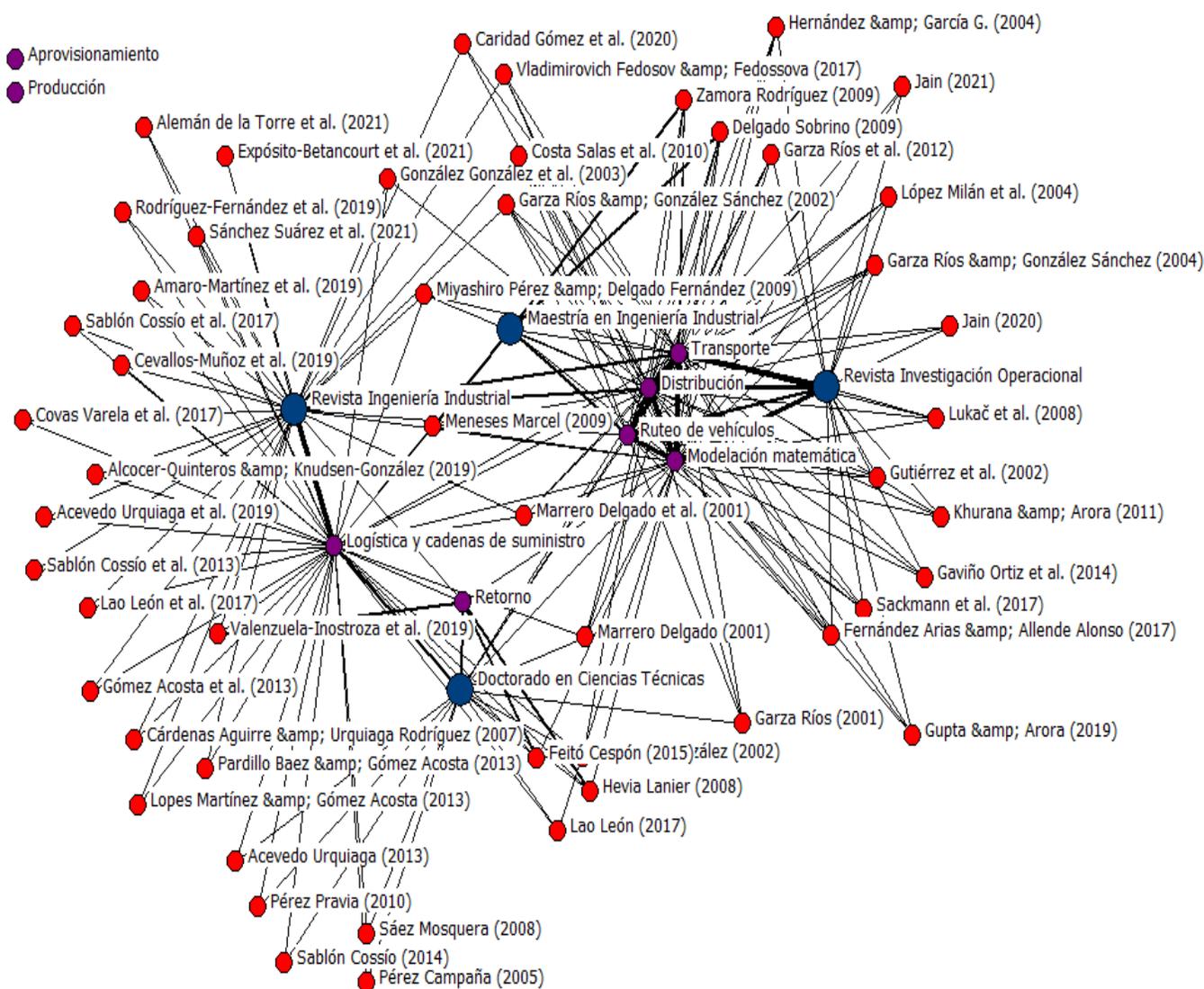


Figura 4. Relación de autores cubanos por fuente de información y palabras clave (Ucinet 6.721). Fuente: elaboración propia

Definitivamente el transporte al considerarse uno de los elementos más importantes dentro de la gestión logística, dado los costos que induce al producto final, requiere de una mayor atención desde el punto de vista de su formalización matemática y las estrategias de solución. El contexto económico de Cuba involucra suficientes restricciones para convertir este problema complejo en un reto para los investigadores nacionales.

A consideración de los investigadores de este estudio, la gestión de la distribución, el transporte como función elemental y la planificación de rutas deben ser abordados desde la modelación matemática. Se deben considerar los escenarios en los que se desenvuelven las organizaciones que realizan la distribución y la satisfacción del sistema de preferencia de los decisores, que no solo concibe objetivos/preferencias económicas sino ambientales, temporales y espaciales. Para ello, debe ser definido qué es lo que persiguen los empresarios de acuerdo con el modelo de negocio de la organización y sus objetivos inmediatos.

Lo anteriormente expuesto coincide con la necesidad de la informatización de los procesos logísticos, que permitan tomar decisiones con información oportuna y fiable, y que permita realizar procesamientos automáticos para evitar el sesgo que introduce el humano al operar problemas complejos con sus capacidades naturales.

El sector empresarial cubano y la gestión de la distribución

El sector empresarial cubano viene desarrollando sus funciones logísticas a la par de la ciencia y el contexto económico y social. Así como se evidencian logros en el incremento de la eficiencia en este ámbito, se detectan dificultades para escalar a un estadio superior. Si se dirige el foco a los elementos que incrementan los costos logísticos totales, es evidente que el transporte resalta,

pero se ha convertido en una función logística transparente tanto en la ciencia como en el desarrollo del sector empresarial.

De forma general en Cuba la transportación de cargas según el Ministerio del Transporte se desarrolla en tres rubros principales: 1) transporte de la canasta básica para el pueblo, 2) transporte de los productos de exportación, 3) transporte de productos importados y nacionales para su distribución. Dentro de este proceso intervienen diversos actores: Empresas Provinciales de Transporte, Empresa de Carga por Camiones (EMCARGA), Empresa de Transporte de Carga a Granel (ETAG), Empresa Operadora de Contenedores (ENOC), Unión de Ferrocarriles de Cuba (UCF) y Almacenes Universales S.A. (AUSA) perteneciente a las Fuerzas Armadas Revolucionarias (FAR). El transporte de productos agrícolas básicamente es administrado por el Ministerio de Agricultura y el transporte de caña de azúcar lo ejecuta el Grupo Azucarero AZCUBA del Ministerio de Agricultura.

Las diferentes modalidades de transporte quedan a la sombra del transporte automotor. Si bien el marítimo y por ferrocarril son modalidades que se prestan para una transportación eficiente de grandes volúmenes de carga en la transportación de origen a destino, transportación interna, entre la cadena proveedor del proveedor – proveedor – empresa productora – cliente – cliente del cliente, desde las materias primas hasta los bienes terminados, tendrá que aparecer indiscutiblemente el transporte automotor. Como se muestra en el Figura 5 el volumen de carga que se transporta por carretera influye de manera sustancial en el comportamiento de la transportación total. Asimismo, este sector participa en un 9.00% en el PIB del país y emplea al 7.02% de los trabajadores del sector estatal, según datos de Cuba. Oficina Nacional de Estadística e Información (2020) Figura 6. Por este motivo y por otros asociados a este dato, como la diversidad y cantidad de medios y personas involucrados y el consumo de combustibles, es necesario buscar enfoques y herramientas para lograr su eficiencia.

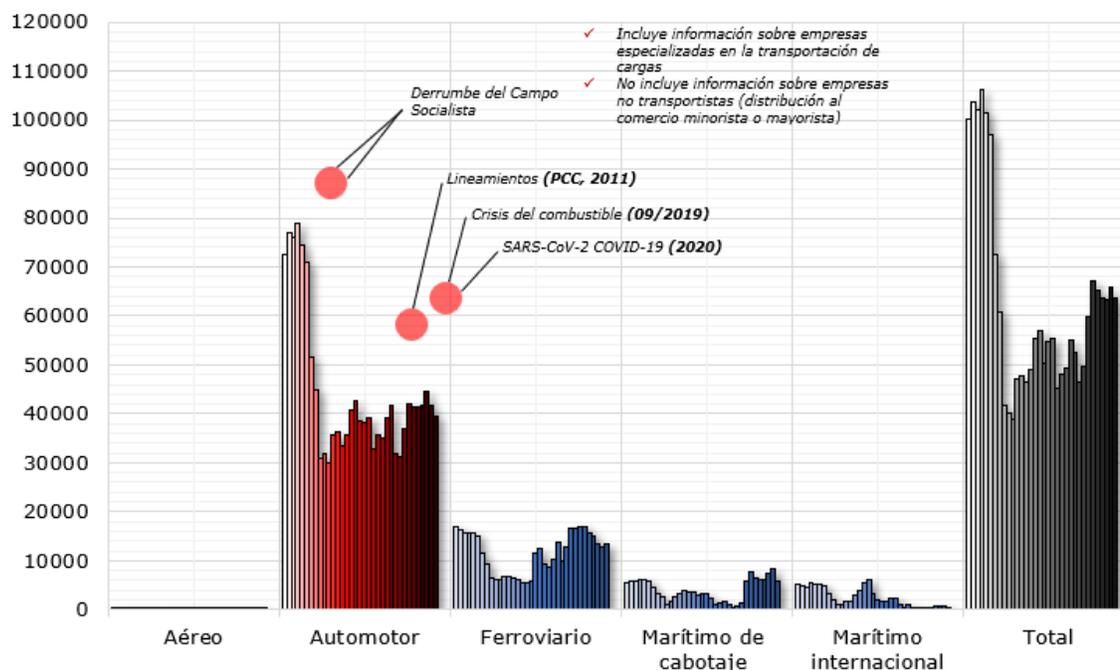


Figura 5. Carga transportada en Cuba 1985-2019 (miles de toneladas). Fuente: Cuba. Oficina Nacional de Estadística e Información (2020)

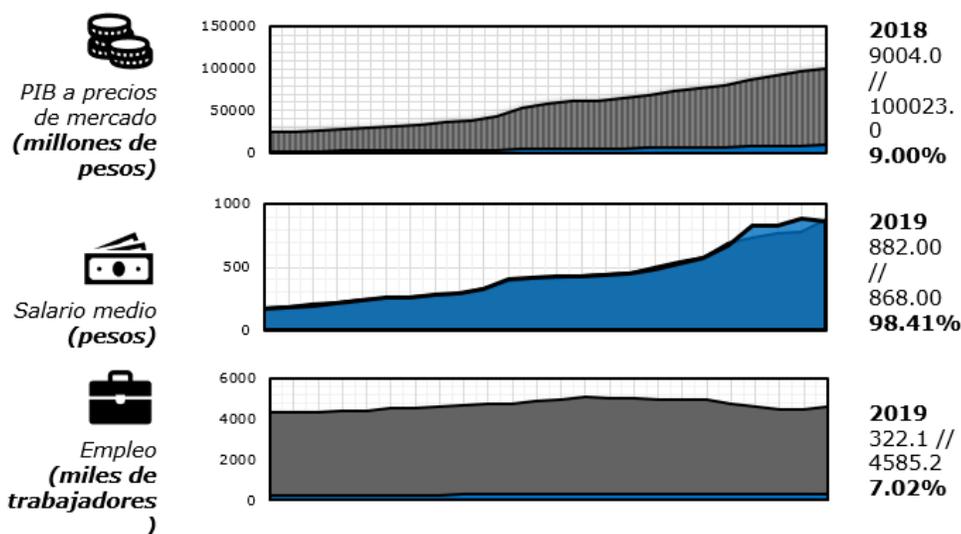


Figura 6. Transporte, almacenamiento y comunicaciones 1996-2019. Fuente: Cuba. Oficina Nacional de Estadística e Información (2020)

En la provincia Holguín confluyen varias empresas que realizan la distribución, siendo las más importantes: Empresa de Transportación y Servicios a la Mecanización (TRANZMEC), Empresa de Servicio de Carga de Holguín (SERVICAR) subordinada a EMCARGA, Empresa Provincial de Transporte Holguín (EPTH) y la Empresa Comercializadora de Combustibles (CUPET) de Holguín. Esta última es considerada líder del sector, utiliza la transportación multimodal, y en un estudio preliminar se determinaron deficiencias que corroboran las detectadas en la teoría. En CUPET Holguín, y sus Unidades Empresariales de Base (UEB) Holguín, Antilla, Felton y Moa, aparecen dificultades en el proceso de planificación de rutas de distribución dado que se realiza de forma manual y bajo criterios subjetivos; se establecen

prioridades a nivel operativo que incrementan los costos de transportación; los decisores no cuentan con la información para tomar decisiones operativas, tácticas y estratégicas; y, no se consideran aspectos ambientales de la transportación. Por otro lado, las condiciones bajo las que se realiza la distribución de combustibles limitan la toma de decisiones logísticas: cuentan con una flota heterogénea, deben cumplir con las demandas en cantidades y tiempo de los clientes, existen limitaciones dadas por la compatibilidad de la flota-clientes, la flota-productos y productos-productos, y otras.

Las características del sistema de distribución que se detectan en CUPET Holguín se pueden extrapolar a otras empresas comercializadoras del país que realizan la distribución. De acuerdo con la literatura consultada, no se encuentran evidencias de investigaciones que se dirijan a representar de forma estructurada dichas características, lo que evidencia una brecha a abordar por la comunidad científica. De forma desagregada cada una de estas condiciones se pueden expresar de la siguiente manera:

- (i) Las peticiones de transportación consisten en la distribución de productos desde un depósito a un conjunto de clientes. La carga a ser entregada al cliente es la demanda del cliente y se conoce de antemano. Las rutas de distribución se consideran asimétricas, por cuestiones de tráfico, señalización y sentido.
- (ii) **La demanda de los clientes debe ser satisfecha en una ventana de tiempo.**
- (i) La flota de vehículos es heterogénea y fija, lo que significa que una serie de vehículos están disponibles en el depósito y tienen distinta capacidad, costos fijos, costos variables, tiempos de viaje y emisión de gases a la atmósfera debido a la combustión de combustibles.
- (i) Debido a que la flota es limitada, si la demanda de los clientes excede la capacidad de todos los vehículos disponibles entonces dichos vehículos realizarán múltiples viajes. La jornada laboral de un vehículo consiste en una secuencia de clientes a visitar, para lo cual deberá retornar, si es necesario, al depósito a reabastecerse y retomar una nueva ruta de distribución.
- (i) Se evidencian restricciones de compatibilidad entre la flota y los clientes, la flota y los productos, y entre productos y productos.
- (i) Los decisores intervienen a priori estableciendo prioridades asociadas principalmente a los productos a distribuir y los clientes a servir. Estas prioridades a nivel operativo incrementan los costos de transportación.
- (i) Los decisores persiguen optimizar múltiples objetivos en conflicto, principalmente costos y tiempo. Aunque

se obvian objetivos como contaminación ambiental y otros que definen el sistema de preferencias de los decisores. Arraigado a esto se manifiesta que los decisores no cuentan con la información para tomar decisiones operativas, tácticas y estratégicas.

Se detectan de esta forma las características de un proceso común de distribución lo que propicia una complejidad superior del problema de transportación o distribución o ruteo. Aparejado a ello se manifiesta que en las empresas la tarea de realizar el ruteo es realizada de forma manual, lo que acrecienta las probabilidades de error en la obtención de soluciones factibles. Además, es bajo nivel de informatización de los procesos en las empresas que realizan la distribución y la cultura organizacional las ha llevado a tomar decisiones basadas en la experiencia y la subjetividad.

Se evidencia que este sector requiere de soluciones plausibles dada la situación compleja y dinámica que presenta la economía cubana. Además, no es suficiente con una aproximación a la reproducción/abstracción de la situación de los sistemas de transportación en un modelo matemático sin concebir una estrategia para su solución. La eficiencia de este sector se logra con técnicas y herramientas precisas más que en tecnologías blandas para la gestión.

Además, en la literatura nacional no se aborda suficientemente este tema y existe un desenlace con los aportes teóricos-metodológicos detectados en la literatura especializada para la optimización de este proceso y lo que sucede en la realidad. Dichos aportes, aunque se enfocan en situaciones particulares, conciben y estructuran el proceso de forma precisa y pudieran adaptarse a las condiciones de distribución que presenta el contexto empresarial actual.

CONCLUSIONES

La gestión de la distribución, el transporte y la planificación de rutas son temas de gran importancia que han sido abordados a nivel internacional de forma exhaustiva. Dado el valor que representan en el proceso logístico, se han elaborado modelos y esquemas de solución que pudieran ser extrapolados a la situación del transporte de mercancías en Cuba luego de un proceso de adaptación a las condiciones reales de este proceso.

En el contexto nacional se aprecia un escaso tratamiento de la gestión de la distribución, particularmente la planificación de rutas, orientándose a elementos de la gestión y el enfoque estratégico más que a métodos y herramientas avanzadas para la optimización de cuestiones tácticas y operativas. Además, se orientan las investigaciones de

este corte a propuestas metodológicas que, si bien satisfacen necesidades puntuales de la transportación de cargas, no conducen a la descripción precisa de muchos sistemas de transportación que requieren optimización simultánea de varios objetivos en conflicto.

Se evidencia la necesidad de un modelo para la transportación de cargas con enfoque multiobjetivo que satisfaga el sistema de preferencia de los decisores en empresas comercializadoras. Dicho modelo debe estar sustentado en fuertes bases de la matemática y la informática que reproduzcan con precisión el proceso de distribución de mercancías desechando aquellos factores que no son esenciales a la toma de decisiones logísticas y que a su vez planteen una estrategia *ad hoc* para la solución de dicha modelación matemática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Suárez, J. A., Gómez Acosta, M. I., Urquiaga Rodríguez, A. J., & Acosta Meléndez, L. (2004). Diagnóstico del estado de la logística en Cuba. *Ingeniería Industrial*, XXV(2), 54-59.
- Cassettari, L., Gaggero, M., & Saccaro, S. (2021). Optimization of gas metering maintenance services: A multiobjective vehicle routing problem with a set of predefined overlapping time windows. *Networks*, 78(3), 284-302.
- Costa Salas, Y. J., Abreu Ledón, R., Machado Osés, C., & Coello Machad, N. (2010). Asistencia decisional en el proceso de optimización para el enrutamiento de vehículos. *Ingeniería Industrial*, XXXI(1), 1-7.
- Cuba. Oficina Nacional de Estadística e Información. (2020). Anuario Estadístico de Cuba 2019. Capítulo 13: Transporte. Sitio web de la Oficina Nacional de Estadística e Información de Cuba. http://www.onei.gob.cu/sites/default/files/13_transporte.pdf
- Cuba. Partido Comunista de Cuba. (2017). Documentos del 7mo. Congreso del Partido. Comité Central del PCC-Asamblea Nacional del Poder Popular.
- Cuba. Partido Comunista de Cuba. (2021). Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2021-2026. Comité Central del PCC-Asamblea Nacional del Poder Popular.
- Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1), 80-91.
- Fernández Arias, A., & Allende Alonso, S. (2017). Estrategia GRASP para el problema de enrutamiento de vehículos con recogida y entrega simultánea. *Investigación Operacional*, 38(4), 424-435.
- Gupta, K., & Arora, R. (2019). Optimun Cost-Time Trade-off Pairs in a Fractional Plus Fractional Capacitated Transportation Problem with Restricted Flow. *Investigacion Operacional*, 40(1), 46-60.
- Jain, M. (2020). Eggshell breakage restricted bi-criteria egg transportation problem. *Investigación Operacional*, 41(3), 400-415.
- Jain, M. (2021). Multiple objective fractional transportation problem for breakable commodity. *Investigación Operacional*, 42(2), 214-222.
- Laporte, G. (2009). Fifty years of vehicle routing. *Transportation Science*, 43(4), 408-416.
- Marrero Delgado, F., Asencio García, J., Cespón Castro, R., Abreu Ledón, R., Orozco Sánchez, R., & Sánchez Castillo, J. (2001). Aplicación de la toma de decisiones multicriterio en la cadena de corte, alza y tiro de la caña de azúcar. *Revista Ingeniería Industrial*, XXII(3), 21-25.
- Ribeiro, R. (2004). Integrated Distribution Management Problems: An Optimization Approach. (Tesis Doctoral). Universidad Pompeu Fabra. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/7335/trmr1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sackmann, D., Hinze, R., Michael, B., Krieger, C., & Halifeoglu, E. (2017). A heuristic for the solution of vehicle routing problems with time windows and multiple dumping sites in waste collection. *Investigación Operacional*, 38(3), 206-215.
- Sánchez Suárez, Y., Pérez Castañeira, J. A., Sangroni Laguardia, N., Cruz Blanco, C., & Medina Nogueira, Y. E. (2021). Retos actuales de la logística y la cadena de suministro. *Revista Ingeniería Industrial*, XLII(1), 1-12.
- Srijaroon, N., Sethanan, K., Jamrus, T., & Chien, C. F. (2021). Green vehicle routing problem with mixed and simultaneous pickup and delivery, time windows and road types using self-adaptive learning particle swarm optimization. *Engineering and Applied Science Research*, 48(5), 657-669.
- Toth, P., & Vigo, D. (Eds.). (2014). *Vehicle Routing. Problems, Methods, and Applications* (Second ed.). Society for Industrial and Applied Mathematics. <https://doi.org/doi:10.1137/1.9781611973594>.

Wang, J., Ren, W., Zhang, Z., Huang, H., & Zhou, Y. (2020). A Hybrid Multiobjective Memetic Algorithm for Multiobjective Periodic Vehicle Routing Problem with Time Windows. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 50(11), 4732-4745.

Zhou, X., Zhou, K., Wang, L., Liu, C., & Huang, X. (2021). Review of green vehicle routing model and its algorithm in logistics distribution. *Xitong Gongcheng Lilun yu Shijian/System Engineering Theory and Practice*, 41(1), 213-230.

.