

Identificación de los principales indicadores de gestión logística utilizados por pequeñas empresas proveedoras del sector petrolero

Identification of the main logistics management indicators used by small companies of petroleum sector

DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.18.1.2022.12>

Artículo de Investigación Científica. Fecha de Recepción: 10/12/2019. Fecha de Aceptación: 23/03/2021.

Carlos Alberto Camargo González 

Universidad del Bosque. Bogotá, D.C. (Colombia)
ingenierocarlosgonzalez@gmail.com

Diana Marcela Mosquera Cicero

Universidad del Bosque. Bogotá, D.C. (Colombia)
dianamar1504@gmail.com

Para citar este artículo:

C. Camargo González & D. Mosquera Cicero, “Identificación de los principales indicadores de gestión logística utilizados por pequeñas empresas proveedoras del sector petrolero”, *INGE CUC*, vol. 18, no. 1, pp. 142–162, 2022. DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.18.1.2022.12>

Resumen

Introducción— Los planes de mejoramiento logísticos se basan en actividades monitoreadas por indicadores que se asocian al ahorro en costos logísticos. Este trabajo se realizó a partir de una muestra de 44 pequeñas empresas proveedoras del sector petrolero en seis ciudades de Colombia.

Objetivo— Identificar los indicadores más utilizados por las pequeñas empresas proveedoras del sector petrolero, que permiten lograr el mejoramiento empresarial, representado en ahorros en costos logísticos.

Metodología— A partir de la información del proyecto “Fortalecimiento de las operaciones logísticas de las empresas proveedoras de bienes”, se normalizó la base de datos, se realizó el análisis estadístico descriptivo, posteriormente el análisis multivariado encontrando relaciones entre áreas e indicadores logísticos, mediante el análisis de clúster y el análisis de componentes, identificando el grupo de indicadores logísticos más utilizados por pequeñas empresas proveedoras del sector petrolero para el mejoramiento empresarial.

Resultados— Como resultado se obtuvo que el área de almacenamiento es la que más representa ahorro en costos logísticos, la ciudad de Orito fue la que más ahorros tuvo, la variación en ahorro fue heterogénea.

Conclusiones— La variable de ahorro en costos logísticos, discriminada por área, se concentra en el área de almacenamiento. El grupo de indicadores principales del área de almacenamiento con los cuales se puede realizar control y seguimiento son exactitud en inventarios, rotación de inventarios y costo de unidad almacenada.

Palabras clave— Indicadores logísticos; estadística multivariada; mejoramiento logístico; pymes; estadística descriptiva; análisis de clúster; análisis de componentes

Abstract

Introduction— Logistics improvement plans are based on activities monitored by indicators that are associated with saving in logistics costs. This work was carried out based on a sample of 44 SMEs providers for the oil sector in six Colombian cities.

Objective— To identify the indicators most used by SMEs providers of petroleum sector, which allow to achieve business improvement, represented in savings in logistics costs.

Methodology— Based on the information of the project “Strengthening the logistics operations of the companies providing goods”, the database was normalized, the descriptive statistical analysis was carried out, subsequently the multivariate analysis finding relationships between areas and logistics indicators, through cluster analysis and component analysis, identifying the group of logistic indicators most used by SMEs providers of petroleum sector.

Results— As a result it was obtained that the storage area is the one that represents the most savings in logistics costs, the city of Orito was the one that had the most savings, the variation in savings was heterogeneous.

Conclusions— the variable in logistics cost savings, discriminated by area, is concentrated in the storage area. The group of main indicators of the storage area with which control and monitoring can be performed are inventory accuracy, inventory turnover and cost of stored unit.

Keywords— Logistic index; Multivariate statistics; logistic improvement; SMEs; Descriptive statistics; cluster analysis; component analysis

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el tema de la medición del mejoramiento de procesos ha sido muy importante para las empresas a nivel global. Los empresarios se han interesado por implementar indicadores de gestión logística para contar con información precisa y en tiempo real para el seguimiento y control de sus procesos, de tal manera que les permita medir y evaluar el desempeño de la empresa y cerciorarse del cumplimiento de los objetivos estratégicos planteados. Los indicadores se establecen con el fin de buscar la mejora continua y se consideran una necesidad creciente ante los procesos cada vez más complejos en las actividades logísticas. En ausencia de indicadores para medir la gestión logística no es posible saber si la empresa mejoró o no mejoró con respecto a una situación inicial.

Durante los años 2010 a 2016 se realizaron en Colombia cuatro proyectos de fortalecimiento empresarial, dos de ellos consistieron en la implementación de una metodología de apoyo para mejorar las operaciones logísticas de los pequeños negocios. Las empresas fueron seleccionadas aleatoriamente de una base de datos de proveedores del sector petrolero para ser diagnosticadas e intervenidas. De estos proyectos se seleccionó el segundo proyecto que fue realizado en el 2012 y del cual se contaba con la información base para 44 empresas localizadas en seis ciudades.

Este trabajo se justifica al permitir a las empresas intervenidas conformar una línea base de indicadores con los cuales medir su desempeño logístico inicial y a partir de estos resultados conformar planes de mejoramiento. Si este proyecto no se hubiera realizado, estas empresas seguirían operando sin conocer las oportunidades de mejora.

La utilidad de esta investigación radica en identificar cuáles de los indicadores propuestos se destacan por ser utilizados en la práctica por los empresarios para realizar el seguimiento y control logístico.

Este trabajo se estructura de la siguiente manera: En primer lugar, se realizará la formulación del problema, para posteriormente seguir con la metodología empleada, la revisión de la literatura correspondiente, un análisis de estadística descriptiva en principio, para luego un análisis multivariado, y el análisis de los resultados identificando los indicadores de gestión logística más utilizados por los empresarios en este proyecto, hasta finalmente exponer las conclusiones a las que se llegó con el desarrollo de esta investigación.

II. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el proyecto seleccionado titulado “Fortalecimiento de las operaciones logísticas de las empresas proveedoras de bienes a una empresa del sector petrolero”, la estrategia utilizada para la ejecución del proyecto se basó en tres componentes los cuales fueron el diagnóstico, la capacitación e intervención.

En principio se realizó un diagnóstico para identificar cómo funcionaba su logística y los indicadores utilizados, evidenciando como problema que las empresas de la muestra no realizaban seguimiento a sus procesos logísticos. Por lo anterior, fue necesario establecer una línea base de indicadores y comenzar a realizar las primeras mediciones durante un año, realizar intervenciones y comprobar el impacto de éstas a través de los indicadores.

A partir del diagnóstico se identificaron las fortalezas y debilidades de las empresas consideradas en el proyecto. Posteriormente se realizó una capacitación a los empresarios en temas de logística. El tercer paso fue realizar la intervención donde se elaboraron planes de mejoramiento logístico a través de visitas directas, para cada una de las empresas del proyecto, en las áreas de aprovisionamiento, almacenamiento, transporte, distribución, logística inversa y servicio al cliente. Estas áreas y los indicadores de gestión logística se seleccionaron de acuerdo con el criterio de un focus group de expertos, considerando que el 98% de las empresas eran comercializadoras, por lo cual no se consideró el tema de logística de producción. Temas como pronóstico, inventarios y embalaje se incluyeron en las áreas de aprovisionamiento y almacenamiento.

Para cada área se plantearon actividades a realizar dentro del plan de mejoramiento, se asociaron indicadores y se midieron los ahorros en los costos logísticos.

Con la información del proyecto se conformó una base de datos para realizar esta investigación, donde se tiene el plan de mejoramiento para cada empresa, junto con indicadores asociados para las áreas de aprovisionamiento, almacenamiento, distribución, servicio al cliente y logística reversa. En este sentido se quiere conocer a partir de los datos recolectados:

¿Cuáles son los indicadores de aprovisionamiento, almacenamiento, distribución, logística inversa y servicio al cliente más utilizados por las empresas en la práctica?, ¿cómo pueden agruparse estos indicadores por utilización por áreas de la logística y por ciudad?, ¿cuáles tienen un mayor impacto en la reducción de costos?

Hasta el momento no se ha realizado un análisis con los datos de este proyecto, que permita identificar las áreas con más incidencia en el mejoramiento logístico, los indicadores asociados al mejoramiento de las pymes participantes, la agrupación de indicadores por área de la logística, por ciudades y a nivel nacional, por lo que se evidencia la posibilidad de aprovechar la bodega de datos con la que cuenta el proyecto, para generar información relevante para la toma de decisiones en futuros trabajos de campo, para el fortalecimiento empresarial y la mejora logística a nivel de otras regiones, sectores económicos y pymes.

El Objetivo General del proyecto fue identificar los indicadores logísticos más utilizados para la evaluación de la gestión en las Pymes proveedoras del sector petrolero en Colombia, asociados con los ahorros en costos logísticos de las empresas participantes en el proyecto de fortalecimiento empresarial, mediante estadística descriptiva y análisis multivariado utilizando la asociación por componentes y clústeres, recomendando los indicadores más utilizados para la reducción de costos logísticos.

III. METODOLOGÍA

La investigación es de carácter mixto, en principio es cuantitativa porque se plantea que existen indicadores más utilizados que otros por las empresas objeto de estudio que influyen sobre la variable ahorros en costos. Además de lo anterior, a partir del análisis de datos se realiza un ejercicio de estadística multivariada para encontrar relaciones mediante el análisis de conglomerados y componentes [1]. La investigación es de tipo transversal porque los datos se recolectaron en un único momento.

El alcance del estudio que se realizó es de tipo correlacional y explicativo, debido a que se plantean relaciones entre los indicadores para la gestión logística más utilizados por las empresas objeto de estudio, los cuales influyen sobre el ahorro en costos, identificando los más relevantes para el control, seguimiento y mejoramiento de la gestión logística en las pequeñas empresas. El procedimiento terminará en un tipo de investigación explicativa porque se comprobará que, a partir de la información correlacionada, es posible plantear cuáles son los indicadores logísticos más utilizados por las pequeñas empresas que generan mayor impacto en el mejoramiento empresarial.

A. Hipótesis

La hipótesis que se plantea es que el ejercicio de análisis multivariado permite identificar diferencias y similitudes entre los diferentes indicadores y establecer relaciones multivariadas entre datos estadísticos existentes.

H0 = Todos los indicadores de gestión logística utilizados en el proyecto de mejoramiento empresarial influyen de igual manera en los ahorros en costos por áreas de la logística, para todas las empresas y ciudades.

H1 = Los indicadores de gestión logística utilizados en el proyecto de mejoramiento empresarial no influyen de igual manera en los ahorros en costos por áreas de la logística, para todas las empresas y ciudades.

Las diferencias encontradas entre los indicadores comparados, son un indicativo de cuáles son importantes para el mejoramiento de la logística empresarial, ya que especifican a favor de qué grupo es la diferencia. El análisis de componentes permite identificar la importancia de las variables según su variabilidad y su relación con las otras variables de la base de datos en una relación de dependencia que sólo podrá identificarse una vez sea realizado el ejercicio de análisis multivariado.

B. *Diseño de la investigación*

El diseño de la investigación es de tipo no experimental [2], ya que no se manipulan variables y transversal debido a que los datos se recolectaron en un único momento siendo de tipo correlacional-causal.

C. *Selección de la muestra*

La muestra para este estudio está conformada por 44 empresas proveedoras del sector petrolero en seis ciudades a nivel nacional en Colombia, las cuales son Tibú, Cúcuta, Barrancabermeja, Cali, Neiva y Orito, en donde se formularon planes de mejoramiento, con indicadores de gestión logística asociados a ahorros en costos, como variables independientes que comprenden los indicadores de aprovisionamiento, almacenamiento, transporte y servicio al cliente.

La muestra de empresas se seleccionó de manera aleatoria de una base de datos de proveedores del sector petrolero, considerando que fueran pequeñas empresas con menos de 50 empleados y con facturación menor a U\$50 000 al mes. Para cada empresa se destinaron U\$3 500 en promedio para diagnóstico, formación e intervención. La realización de este proyecto empresarial tuvo un costo aproximado de quinientos mil dólares

D. *Recolección de datos*

Los datos de las variables a estudiar, que en este caso son los indicadores de gestión logística, se tomaron de la base de datos obtenida a partir de los resultados de los planes de mejoramiento implementados por parte de los participantes en el proyecto de fortalecimiento empresarial realizado en el año 2012. Los indicadores

E. *Análisis estadístico descriptivo y multivariado*

Para realizar el análisis de estadística descriptiva y multivariada, se realizaron los siguientes pasos:

- Conformación de la base de datos de los indicadores de gestión logística, obtenida del resultado de la implementación de los planes de mejoramiento logístico por las empresas participantes del proyecto “Fortalecimiento de las operaciones logísticas de las empresas proveedoras de bienes a una empresa del sector petrolero” a nivel nacional, normalizando la información.
- Normalización de la base de datos obtenida. Para la normalización de la base se unificaron nombres de los indicadores, se clasificaron por áreas y se eliminaron datos aislados con ausencia de información.
- Análisis de estadística descriptiva de los datos, a partir de la muestra.
- Análisis de conglomerados, asociando variables, determinando la participación de cada variable en cada factor de acuerdo con su coeficiente de correlación en la ecuación lineal y reducción del número de variables a unos cuantos factores. Mediante éste análisis se busca identificar para cada componente principal las variables asociadas más importantes según su coeficiente de correlación en la ecuación lineal [3].
- Desarrollar un análisis de componentes para reducir el gran número de variables (indicadores) estudiadas a unos cuantos de mayor impacto en el ahorro, indicando cuántas variables pertenecen a cada dimensión (áreas).
- Generación de dendogramas evidenciando las posibles agrupaciones de indicadores por área de la logística y/o por ciudades
- Presentar los resultados y conclusiones a las que se llegaron con el desarrollo de éste trabajo, los cuales permitan recomendar los indicadores logísticos empleados en la práctica, como una herramienta para el mejoramiento empresarial.

El ejercicio de estadística multivariada se realizó utilizando el software Minitab.

IV. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A. *Indicadores de gestión logística*

Un indicador logístico es una expresión cuantitativa asociada a un proceso logístico, que puede ser un número o porcentaje, y permite medir la situación en un momento determinado de un proceso, con el objetivo de tomar acciones correctivas o preventivas.

La decisión sobre qué indicadores adoptar depende del sector económico de la empresa, si es industrial o comercializadora, el tamaño y en esencia la utilidad de los indicadores para la toma de decisiones.

A todos los procesos logísticos pueden asociarse indicadores, como es el caso de las compras, producción, almacenamiento, transporte, distribución, servicio al cliente, logística inversa, marketing, finanzas y tecnología.

B. *Características de los indicadores de gestión logística*

Cada indicador de la gestión logística tiene características asociadas como la denominación o el nombre, el algoritmo de cálculo o fórmula matemática, la frecuencia con la que se calcula, la tendencia ascendente o descendente, la exactitud en términos de representar la realidad, el origen en relación a si se genera internamente o externamente a la empresa, una extensión o delimitación por área, sucursal o sede, una integridad que define hasta dónde representa el panorama de un área logística, debe ser oportuno y finalmente útil para la toma de decisiones [4].

C. *Clases de indicadores de gestión logística*

Para lograr el mejoramiento de la logística empresarial, es necesario seleccionar los indicadores logísticos adecuados para llevar a cabo el control y seguimiento de la logística en una empresa. Es una actividad que requiere considerar el tipo de decisiones las cuales se van a tomar, de tal manera que los indicadores elegidos sean realmente un soporte a la decisión. Por lo anterior, no se trata de decidir solamente un número específico de indicadores, sino de explicar por qué se debería contar con ellos y en qué nos permitirán mejorar.

Desde la literatura se proponen indicadores de aprovisionamiento, almacenamiento, inventarios, transporte, distribución, servicio al cliente, logística inversa, responsabilidad social y costos logísticos que permiten la medición y el control del desempeño logístico [4], [5], [6].

Por otra parte, se plantean métricas diferentes como la recepción, el *lead time*, la gestión del cambio, el liderazgo, el trabajo en equipo, el sistema de visibilidad y trazabilidad, la responsabilidad social y la eficiencia energética [7], la medición del soporte estratégico y de operaciones a partir del presupuesto, uso de la tecnología [8], comportamiento humano, *stakeholders* y habilidades gerenciales entre otros [9].

Otro punto de vista es que la logística puede ser medida mediante tres dimensiones: las actividades logísticas, el almacenamiento y la cadena de suministro [10]. Sin embargo, no todos los indicadores deberían aplicarse para el control y seguimiento de la cadena de suministro en una empresa, es necesario identificar los adecuados [11].

Específicamente se encontró un estudio donde se revisaron, analizaron y propusieron el uso de indicadores en los diferentes procesos logísticos de la cadena de suministro [10], los cuales cubren desde el aprovisionamiento pasando por el almacenamiento, la producción, el servicio al cliente, entre otros. Como resultado del desarrollo de un trabajo de investigación llamado «Estrategias logísticas para el abastecimiento de las pymes del sector confección del municipio de Itagüí», al final concluyeron que los indicadores planteados permiten medir el desempeño de los diferentes procesos logísticos en la cadena de suministro, lo cual, se convierte en la base para control del uso de los recursos, seguimiento al cumplimiento de objetivos e identificación de oportunidades de mejoramiento. La metodología que se utilizó para definir los indicadores fue a través del análisis de bibliografía especializada y la creación de unos indicadores propios a partir de modelos de referencia estándar de algunas empresas. Adicionalmente, los indicadores que se presentaron sirvieron de apoyo a la medición del modelo de cadena de suministro SCOR, lo cual, se convierte en un valor agregado para el ámbito académico y empresarial.

En otra investigación se propone un nuevo marco metodológico para el desarrollo de indicadores que permitan medir el desempeño de las actividades clave para cuatro áreas decisionales identificadas en las empresas de transporte de carga terrestre [12], siendo estas: gerencia, soporte administrativo, operaciones —logística— y tecnología de procesos. La propuesta teórica se basa en un análisis detallado de literatura científica, de este análisis fue posible identificar las actividades clave en cada área decisional de las empresas, al igual que los recursos que se ven afectados por variables internas o externas a la operación y que impactan el desempeño empresarial. Como resultado se propuso un marco de indicadores para la medición del desempeño de las empresas de transporte de carga que incluyó la definición de cada indicador y cómo calcularlo. Finalmente, concluyeron que es posible obtener un conjunto de indicadores que se basen en las necesidades identificadas en literatura científica sin obviar las particularidades de las empresas de transporte de carga, lo que asegura la funcionalidad y el éxito de la implementación de estos indicadores.

D. Selección de indicadores

Es importante que los indicadores seleccionados estén alineados a la planeación estratégica, táctica y operativa y asociados a cada área de la logística, con el objetivo de hacer seguimiento a las metas que se propone la empresa desde cada área. El indicador debe asociarse a una meta, ésta a una actividad y por lo tanto a un objetivo estratégico, de ahí que el indicador debe estar alineado necesariamente a la planeación. En la [Tabla 1](#) se muestra el tipo de indicador, la revisión, el enfoque y el propósito.

TABLA 1.
INDICADORES DE GESTIÓN LOGÍSTICA.

Tipo	Revisión	Enfoque	Propósito
Planeación Estratégica	Desempeño global de la organización.	Largo plazo (anuales).	Alcances de la Visión y la Misión.
Planeación Funcional	Desempeño de las áreas funcionales.	Corto y mediano plazo (mensuales o semestrales).	Apoyo de las áreas funcionales para el logro de las metas estratégicas de la organización.
Planeación Operativa	Desempeño individual de empleados, equipos, productos, servicios y procesos.	Cotidiano (semanales, diarias, horas)	Alineamiento del desempeño de empleados, equipos, productos, servicios y de los procesos con las metas de la organización y de las áreas funcionales.

Fuente: [13].

En una organización también se debe contar con el mínimo número posible de indicadores que garantice contar con información constante, real y precisa sobre aspectos tales como: efectividad, eficiencia, eficacia, productividad, calidad, la ejecución presupuestal, la incidencia de la gestión, todos los cuales constituyen el conjunto de signos vitales de la organización [4].

Una de las características de las organizaciones modernas es que ha incorporado a sus procesos, elementos de gestión que les permitan evaluar sus logros o señalar falencias para aplicar los correctivos necesarios. Estos elementos conocidos como indicadores se deben establecer desde el mismo momento en que se elabora el plan de desarrollo estratégico y se aplican a éste y al plan operativo, en momentos de verdad o en la etapa de evaluación [4].

E. Indicadores considerados en este trabajo

En esta investigación los indicadores que se consideraron y con los cuales se realiza el análisis de información son los siguientes [14]:

- *Calidad de los pedidos generados*: Es decir, que cumplan con la calidad solicitada.
- *Comparativo de transporte*: Diferencia entre la tarifa de transporte de la empresa y el flete de mercado.
- *Costo operativo del camión*: Costo de operación de tener un vehículo propio.
- *Costo de unidad almacenada*: Se valora de acuerdo al costo de la bodega de almacenamiento sea propia o arrendada.

- *Costos de transporte*: Costo total de transportar los pedidos durante un mes.
- *Duración de mercancías*: Tiempo promedio de almacenamiento de inventarios.
- *Entrega perfecta*: Que lleguen a tiempo, con la calidad exacta, en buen estado, sin faltantes, bien documentado y la mercancía solicitada.
- *Exactitud de inventarios*: Relación entre lo que se tiene en inventarios comparado contra lo que se debería tener contablemente.
- *Nivel de cumplimiento de despacho*: Relación entre lo solicitado a almacén y lo despachado.
- *Número de devoluciones*: Devoluciones de pedido o artículos por no cumplir con la calidad, estar averiados o no haber sido solicitados por el cliente.
- *Número de proveedores certificados*: Hace referencia al número de proveedores certificados por la empresa por la entrega perfecta de pedidos.
- *Pedidos entregados a tiempo*: Representa uno de los indicadores logísticos más importantes pues mide la entrega a tiempo de lo solicitado por el cliente.
- *Pedidos entregados completos*: Además de que el pedido llegue a tiempo es necesario que llegue completo, es decir, las unidades solicitadas.
- *Porcentaje de proveedores evaluados*: Mide el porcentaje de proveedores a los cuales se les ha realizado una evaluación de factores para seleccionar la mejor cotización por producto.
- *Rotación de inventarios*: Mide la cantidad de veces que se recupera el capital invertido.
- *Tiempo de entrega*: Es el tiempo transcurrido desde que el cliente realiza el pedido hasta que le es entregado.
- *Tiempo de entrega del proveedor*: Es el tiempo transcurrido desde que la empresa realiza un pedido al proveedor y este lo entrega.
- *Unidades separadas por empleado*: Medida de productividad en almacén que permite comparar el rendimiento de los empleados.
- *Vejez del inventario*: Se refiere a los artículos obsoletos o dañados y su duración promedio en inventarios.
- *Volumen de compras*: Relación entre las compras y las ventas.

F. Análisis estadístico

Dentro de la estadística se encuentra una rama orientada a la presentación clara, concreta y resumida de los datos mediante cuadros, tablas, figuras o gráficos a la cual se le denomina Estadística Descriptiva [15].

Para ello, es de particular importancia tener claridad en los objetivos del estudio, las variables consideradas, las escalas de medición, ya que el propósito de las herramientas mencionadas (cuadros, tablas, gráficos) es mostrar de forma precisa los resultados obtenidos [15].

En ese orden de ideas con los gráficos se busca mostrar la tendencia de los datos, para lo cual se emplean histogramas, gráficos de pastel, de líneas o de dispersión de puntos. Por otro lado, las imágenes permiten reforzar hechos y aclarar o ejemplificar conceptos [15].

De igual forma vale la pena mencionar que esta parte de la estadística es transversal a todas las áreas del conocimiento, llegando a ser útil para el diagnóstico de situaciones, el pronóstico de eventos y la caracterización de factores, por lo que su interpretación y uso resulta ser de particular importancia para los investigadores [16].

G. Análisis Multivariante

En los estudios en los que se requiere del análisis de los datos que resultan de múltiples variables que necesitan ser relacionadas al mismo tiempo se suelen emplear métodos estadísticos y matemáticos conocidos en conjunto como Análisis Multivariante (AM) [17].

Por lo tanto, el AM se constituye en la parte de la estadística ocupada de analizar, representar e interpretar las mediciones resultantes de n variables relacionadas ($n \geq 3$), en una muestra objeto de estudio [18].

Como en la actualidad es común recolectar de un grupo de individuos los valores de muchas variables a la vez y la información que se extrae de estos datos puede ser el resultado de analizar cada una de las variables de manera aislada. Sin embargo, son los análisis conjuntos de todas las variables, a la vez, los que proporcionan una información más rica y revelan patrones de la estructura conjunta de los datos. Para ello, el análisis multivariante o multivariado proporciona una serie de técnicas y modelos con ese propósito [19].

Algunas técnicas multivariadas de carácter exploratorio incluyen el análisis de componentes principales, el análisis factorial, el análisis de conglomerados y el escalamiento multidimensional. También se presentan modelos como: el modelo de regresión lineal, el modelo ANOVA, el modelo MANOVA, el de regresión logística, el análisis discriminante, el modelo de ecuaciones estructurales y el de clases latentes, que bien pueden aplicarse de manera inferencial cuando se cumplen los supuestos que estos exigen [17].

Las variables con las que generalmente se trabaja son variables medibles directamente y sus valores suelen estar medidos en las escalas nominal, ordinal, de intervalo o de razón. Sin embargo, también se utilizan variables latentes, esto es, variables que no se pueden medir directamente pero sí a través de variables medibles directamente [19].

H. Tipos de métodos de Análisis Multivariante

Los tipos o técnicas de análisis multivariante que se pueden emplear, de acuerdo con los objetivos de un estudio, sus variables y supuestos, son los siguientes: análisis de componentes principales, análisis factorial, análisis discriminante, análisis de correlación canónica, análisis de clústeres o grupos, escalamiento multidimensional, análisis multidimensional, análisis de correspondencias, análisis factorial confirmatorio, ecuaciones estructurales, escalamiento óptimo, regresión lineal múltiple, regresión logit y probit, y análisis Manova [20].

1) Análisis de Clústeres

Este tipo de análisis se conoce también como análisis de grupos o de conglomerados y consiste en un método que agrupa variables de tal forma que se logre la máxima homogeneidad al interior de los grupos y la mayor diferencia entre ellos [21].

En este método se da la clasificación de los datos de acuerdo con los casos estudiados de tal forma que compartan la homogeneidad definiendo grupos que compartan características en su interior de acuerdo con la esencia de los datos, mientras que sean suficientemente diferentes entre ellos [22].

A partir de lo anterior, este análisis se orienta a la definición de grupos (clústeres) lo suficientemente disímiles de acuerdo con la naturaleza de los mismos datos [23].

Los grupos que se originan se basan en la similitud de los casos estudiados bajo la definición de un determinado criterio, lo que a su vez determina la distancia entre ellos [24].

Debido a que en este tipo de análisis hay un desconocimiento parcial o total de la clasificación de los datos, se requiere su complementación con otros tipos de análisis que permitan la contrastación de los resultados [25].

Existen dos grandes tipos de análisis de clústeres: no jerárquicos y jerárquicos. Los primeros son los que asignan los grupos a partir del mismo análisis, sin que haya dependencia entre ellos, normalmente de forma disyuntiva (cada caso pertenece a un grupo) y ocasionalmente solapados [26]. Se denominan jerárquicos a los que configuran grupos con estructura arborescente, de forma que clústeres de niveles más bajos van siendo englobados en otros clústeres de niveles superiores [27].

Una vez finalizado un análisis de clústeres, el investigador dispondrá de una colección de casos agrupada en subconjuntos jerárquicos o no jerárquicos. Podrá aplicar técnicas estadísticas comparativas convencionales siempre que lo permita la relevancia práctica de los grupos creados; así como otras pruebas multivariantes, para las que ya contará con una variable dependiente grupo, aunque haya sido creada artificialmente [27].

El horizonte de la investigación podrá ampliarse, por ejemplo, con la aplicación logística y análisis discriminante con posibles nuevas variables independientes (no sería correcto utilizar las mismas que han servido para la confección de los grupos). También serían aplicables pruebas de asociación y análisis de correspondencias [21].

El análisis clúster se puede utilizar para agrupar individuos (casos) y también para agrupar variables. En adelante, cuando se hace una referencia a grupos de individuos (o casos) debe sobreentenderse que también se hace a un conjunto de variables. El proceso es idéntico tanto si se agrupan individuos como variables [22].

Antes de iniciar un análisis clúster deben tomarse tres decisiones:

- Selección de las variables relevantes para identificar a los grupos.
- Elección de la medida de proximidad entre los individuos.
- Seleccionar el criterio para agrupar individuos en conglomerados.

2) Análisis de Componentes

Este es uno de los métodos de Análisis Multivariable más difundidos, el cual permite la estructuración de un conjunto de datos multivariados obtenidos de una población, cuya distribución de probabilidades no necesita ser conocida [28].

Consiste en una técnica matemática que no requiere un modelo estadístico para explicar la estructura probabilística de los errores. Sin embargo, si puede suponerse que la población muestreada tiene distribución multinormal, podrá estudiarse la significación estadística y será posible utilizar la muestra efectivamente observada para efectuar pruebas de hipótesis que contribuyan a conocer la estructura de la población original, con un cierto grado de confiabilidad, fijado a priori o a posteriori [29].

Los principales objetivos de todo análisis por componentes son [30]:

- Generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto original de datos.
- Reducir la dimensionalidad del problema que se está estudiando, como paso previo para futuros análisis.
- Eliminar, cuando sea posible, algunas de las variables originales si ellas aportan poca información.

En la Fig. 1 se presentan los indicadores logísticos más utilizados por las empresas pertenecientes a la muestra. En primer lugar está la exactitud de inventarios, utilizado por un 20% de las empresas, rotación de inventario utilizado por un 15% y costo de la unidad almacenada, utilizado por un 13%.

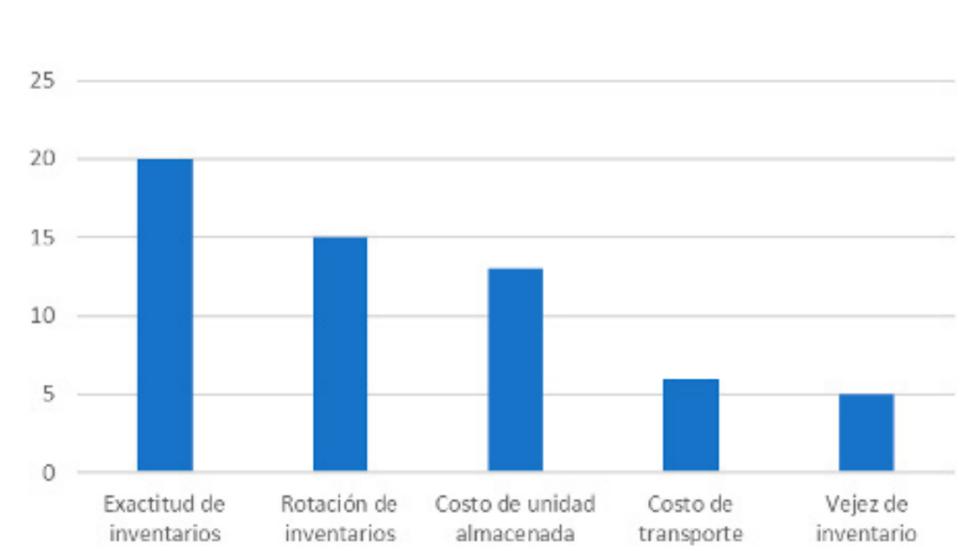


Fig. 1. Porcentaje de uso de los indicadores
Fuente: Autores.

Las nuevas variables generadas se denominan componentes principales y poseen algunas características estadísticas deseables, tales como independencia (cuando se asume multinormalidad) y en todos los casos no correlación. Esto significa que si las variables originales no están correlacionadas, el análisis por componentes principales no ofrece ventaja alguna [28].

V. RESULTADOS

A. Estadísticas Descriptivas

Como se observa en la Fig. 1 en el análisis de frecuencia para los indicadores de gestión logística considerados, se destaca el uso de tres indicadores que son: la exactitud en inventarios, con una utilización del 20.62% por parte de las empresas; la rotación de inventarios, con un 17.8%; y los costos de la unidad almacenada, con el 14.43%. Otros indicadores importantes son los costos del transporte con una utilización del 5.8%, la vejez del inventario con el 4.8% y las entregas perfectas con el 4.5%.

Estos resultados indican una concentración en el uso de los indicadores de almacenamiento, siendo estos los más utilizados por las empresas consideradas en esta investigación.

Otros indicadores que se destacan en segundo lugar son la vejez del inventario, el tiempo de reposición planeado, el tiempo de entrega, las entregas perfectas y los costos de transporte.

La Tabla 2 muestra la frecuencia de utilización de indicadores para cada área de la logística. Se observa que los indicadores que se utilizan con mayor frecuencia por parte de las empresas son los de almacenamiento, representando un 63.9% de utilización frente a las otras áreas. Por otra parte, los indicadores menos utilizados son los de distribución, resultado que se relaciona con el hecho de que este proceso se terceriza en la mayoría de las empresas debido a que transportar no es la esencia de la misión empresarial.

TABLA 2.

FRECUENCIA DE UTILIZACIÓN DE INDICADORES POR ÁREA DE LA LOGÍSTICA.

Uso de indicadores por área logística	Porcentaje
Aprovisionamiento	12.0%
Almacenamiento	63.9%
Distribución	10.7%
Servicio al cliente	13.4%
Total	100%

Fuente: Autores.

Algunos resultados de medidas de tendencia central, dispersión, posición y forma para la variable porcentaje de ahorro en costo para las seis ciudades que se trataron en este trabajo, se muestran en la Tabla 3.

TABLA 3.

FRECUENCIA DE AHORRO EN COSTOS.

% Ahorro en Costo		
N	Válido	291
	Perdidos	0
Media		0.343642612
Mediana		0.077559771
Moda		0.0546196
Desviación estándar		1.781005008
Varianza		3.172
Asimetría		15.306
Error estándar de asimetría		0.143
Curtosis		249.780
Error estándar de curtosis		0.285
Percentiles	25	0.032771734
	50	0.077559771
	75	0.231632911

Fuente: Autores.

De acuerdo con la [Tabla 3](#) la media es de 0.34, la mediana de 0.078, la moda de 0.54, la desviación estándar de 1.78 y la curtosis de 249.78. Como el valor de la asimetría es mayor que cero (15.3), esto significa que la distribución es asimétrica positiva o hacia la derecha y como la curtosis es positiva, entonces la distribución es leptocúrtica o apuntada, es decir, existe un alto grado de concentración de la variable ahorros en costos en un área de la logística.

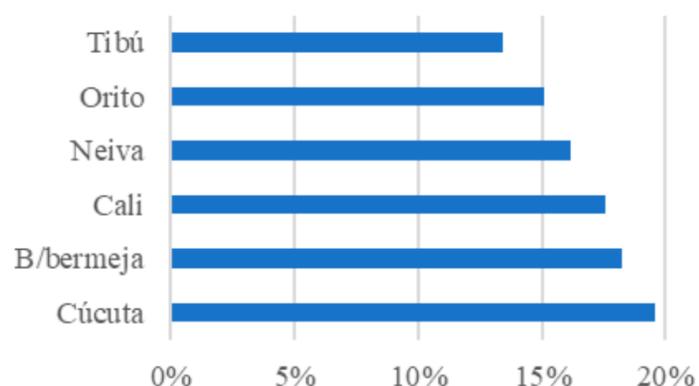


Fig. 2. Porcentaje de uso de los indicadores por ciudad.
Fuente: Autores.

En la [Fig. 2](#) se observa que el porcentaje de uso de indicadores por ciudad está entre el 13% y el 20%, lo cual indica que las empresas no utilizan mucho los indicadores para realizar control y seguimiento. Las ciudades que más utilizaron los indicadores propuestos fueron Cúcuta con el 19.6%, Barrancabermeja con el 18.2% y Cali con el 17.5%. Las otras tres ciudades tuvieron un porcentaje de utilización de los indicadores menor, Tibú 13.4%, Orito 15.1% y Neiva el 16.2%.

Para la variable “Ahorro en Costo”, discriminado por área, se observa que los valores de las medias de ahorro en costo en las áreas son diferentes y el valor más alto está en el área de almacenamiento con más de 13 millones en promedio. En la [Tabla 4](#) se observa el número de indicadores utilizados en cada ciudad por las empresas. En la ciudad de Orito se encuentran los ahorros en costos más altos de las empresas intervenidas llegando a más de 32 millones en promedio. Nótese que se usan menos indicadores, pero los que se usan son más efectivos para ahorrar costos.

TABLA 4.
FRECUENCIA DE UTILIZACIÓN DE INDICADORES POR CIUDAD.

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	TIBÍ	39	13,4
	Cúcuta	57	19,6
	Neiva	47	16,2
	Barrancabermeja	53	18,2
	Cali	51	17,5
	Orito	44	15,1
	Total	291	100,0

Fuente: Autores.

La [Fig. 3](#) muestra el uso de los indicadores por área de la logística considerando las más destacadas el aprovisionamiento y el almacenamiento.

Como se puede observar en la [Fig. 3](#) para el aprovisionamiento los indicadores más utilizados fueron el volumen de compras, el tiempo de entrega del proveedor y el tiempo de reposición.

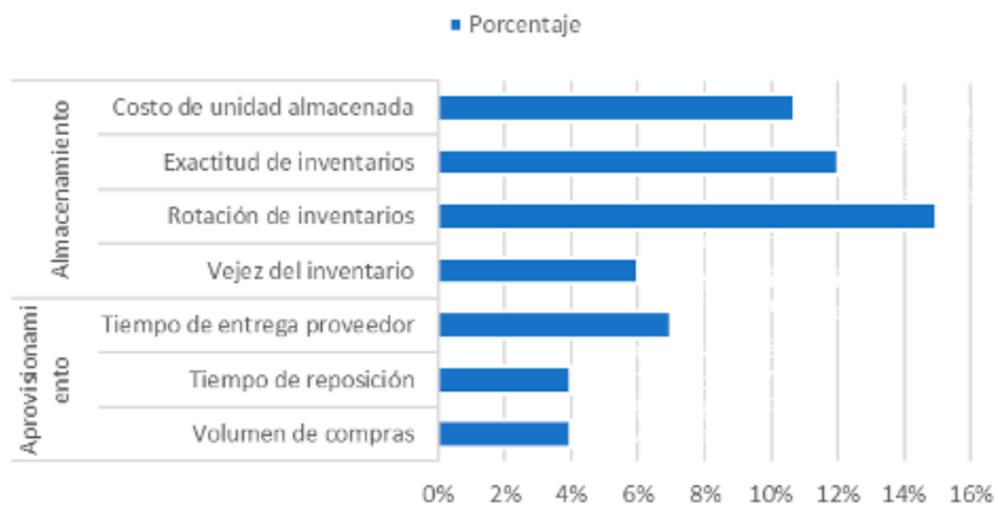


Fig. 3. Porcentaje de uso de los indicadores por área.
Fuente: Autores.

Para el almacenamiento los indicadores más utilizados son la rotación de inventarios, la exactitud y el costo de la unidad almacenada.

En distribución los más utilizados fueron el costo de transporte y el costo operativo por camión. Finalmente, los más usados en el área de servicio al cliente son los pedidos entregados a tiempo, los pedidos entregados completos y la entrega perfecta.

Para la variable “Ahorro” en costo discriminado por indicadores de gestión logística, se observa que los valores más altos están en ciclo de la orden, exactitud de inventarios y volumen de compras. Los valores de las medias de ahorro en costo para indicadores de gestión logística son diferentes, pero para determinar si hay diferencia significativa se hace una prueba ANOVA, cuyos resultados se presentan en detalle más adelante.

En las medidas estadísticas de la variable “Porcentaje ahorro” en costo discriminado por ciudades, el valor más alto está en la ciudad de Orito con 0.89% en promedio

La variable “Ahorro” en costo discriminado por indicadores de gestión logística, se observa que los valores más altos están en ciclo de la orden, exactitud de inventarios y volumen de compras.

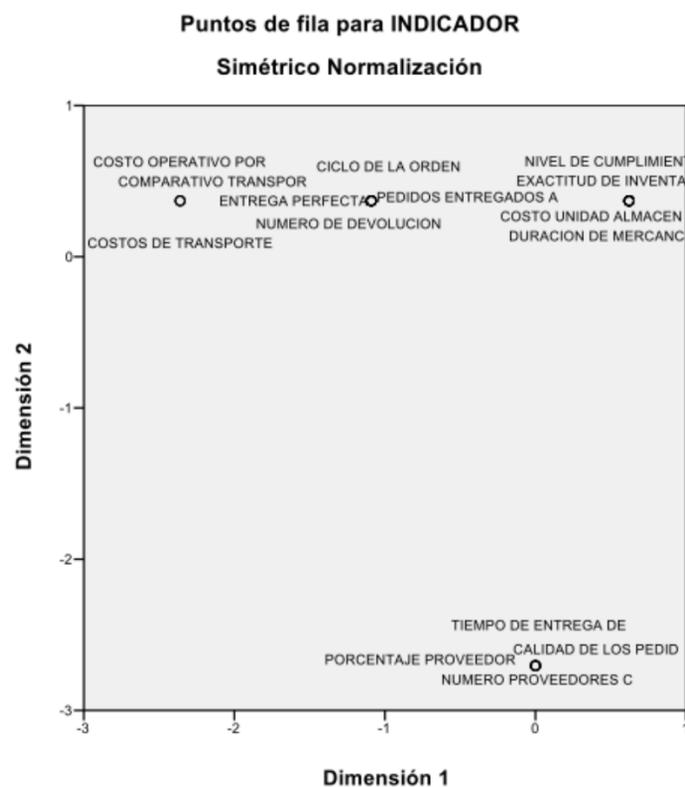


Fig. 4. Tabulación cruzada para indicadores.
Fuente: Autores.

La Fig. 4 representa la tabulación cruzada para cada uno de los indicadores por área, allí están consignadas las frecuencias absolutas y relativas. Se observa como los indicadores costo de unidad almacena, rotación de inventarios y exactitud de inventarios, son los que mayor frecuencia.

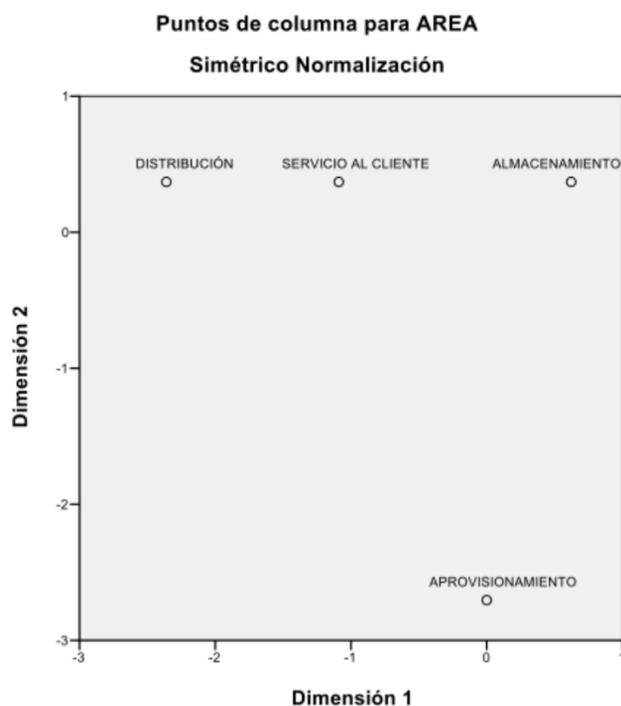


Fig. 5. Tabulación cruzada por área logística
Fuente: Autores.

La Fig. 5 y Fig. 6 presentan los gráficos individuales para las variables correspondientes a los perfiles individuales para fila y columna, por ejemplo, se observa como el área de aprovisionamiento está muy alejada de las otras y se encuentra en el lado negativo de la dimensión 2, así mismo el tiempo de entrega, calidad de los pedidos, porcentaje de proveedores evaluados y número de proveedores se encuentran en la parte positiva de la dimensión 1 y negativa de la dimensión.

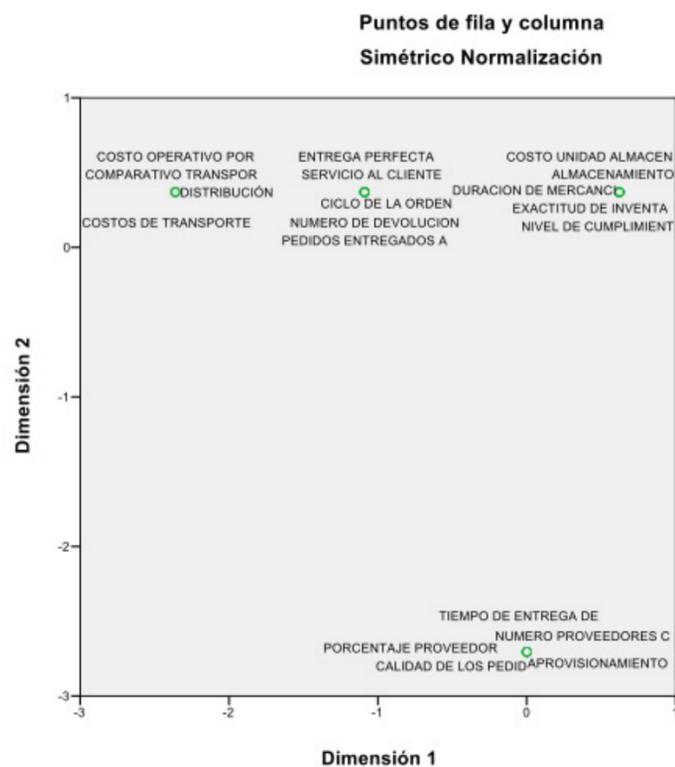


Fig. 6. Tabulación cruzada por área - indicador.
Fuente: Autores.

En la Fig. 6 se observan las categorías asociadas de las dos variables de análisis, por ejemplo se tiene que en el área de aprovisionamiento, en la parte inferior derecha, los indicadores de gestión logística que más se utilizan son tiempo de entrega, calidad de los pedidos, porcentaje de proveedores evaluados y número de proveedores, en tanto que, el almacenamiento, situado en la parte superior derecha de la figura, tiene asociado el nivel de cumplimiento, exactitud de inventario, costos unidad de almacén y duración de mercancía, el área de servicio al cliente, situado en la parte superior central, se relaciona con ciclo de la orden, pedidos entregados a tiempo, entrega perfecta y número de devolución y por último para el área de distribución se tiene costo operativo, costo de transporte, entrega perfecta, etc.

B. Análisis Multivariante Conglomerados

1) Conglomerados Variable-Ciudad

Como se muestra en la Tabla 5 para encontrar conjuntos de datos similares (conglomerados) se agrupan los datos de acuerdo con la similitud en el uso de indicadores y por ciudades. Se realizó un análisis descriptivo, partiendo de criterios geométricos mostrados en cada conglomerado formado, para clasificar en grupos homogéneos el conjunto de variables (indicadores), relacionadas con el ahorro en costos, seleccionando las más representativas de cada grupo, reduciendo el número de variables agrupadas (ciudades), que explican el mayor ahorro en costos.

TABLA 5.
PASOS DE AMALGAMACIÓN.

Paso	Número de conglomerados	Nivel de semejanza	Nivel de distancia	Conglomerados incorporados		Nuevo conglomerado	Número de obs. en el conglomerado nuevo
	5	99.5144	0.009713	1	4	1	2
2	4	99.4241	0.011518	5	6	5	2
3	3	98.5139	0.029723	2	5	2	3
4	2	97.1736	0.056527	1	2	1	5
5	1	84.5367	0.309267	1	3	1	6

Fuente: Autores.



Fig. 8. Dendrograma por ciudades.

Fuente: Autores.

La Fig. 8 muestra los conglomerados que se unieron en cada paso, la distancia entre los conglomerados y la similitud de los conglomerados.

Los resultados de distancia y similitud indican que 4 conglomerados son suficientes para la partición final. El nivel de similitud disminuye ligeramente del paso 1 (99.51) al paso 2 (99.42), al paso 3 (98.5), al paso 4 (97.17) y cambia abruptamente al pasar al paso 5 (84.53).

A partir del análisis del dendograma se concluye que respecto al ahorro en costos las empresas de Orito y Tibú tienen un comportamiento similar, así como las de Barrancabermeja y Neiva, Cali puede ser comparada con Orito y Tibú y la ciudad de Cúcuta difiere del resto. Si se consideran las características sociales, económicas y políticas, estos resultados son consistentes. Por ejemplo, en el caso de Cúcuta esta es una ciudad fronteriza.

2) Conglomerados Ciudad-Área

TABLA 6.
PASOS DE AMALGAMACIÓN CIUDAD ÁREA.

Paso	Número de conglomerados	Nivel de semejanza	Nivel de distancia	Conglomerados incorporados		Nuevo conglomerado	Número de obs. en el conglomerado nuevo
1	3	95.0602	0.098795	3	4	3	2
2	2	54.7612	0.904777	2	3	2	3
3	1	60.1544	0.796912	1	2	1	4

Fuente: Autores.

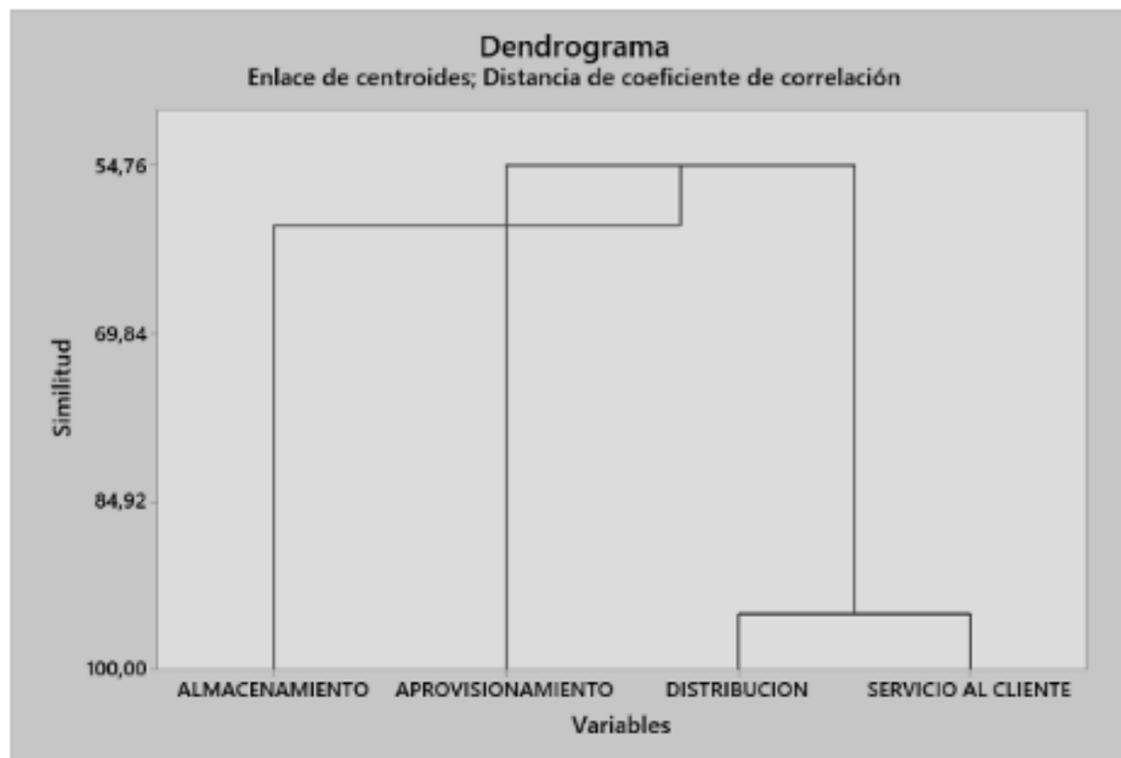


Fig. 9. Dendograma por área logística
Fuente: Autores.

La Fig. 9 muestra los conglomerados que se unieron en cada paso, la distancia entre los conglomerados y la similitud de los conglomerados.

Los resultados de distancia y similitud indican que 1 conglomerado es suficiente para la partición final. El nivel de similitud disminuye abruptamente del paso 1 (95.06) al paso 2 (54.76).

A partir del análisis del dendograma se concluye que respecto al ahorro en costos los indicadores de distribución y servicio al cliente tienen un comportamiento similar, así como los de almacenamiento y aprovisionamiento.

C. Análisis de Componentes

El Análisis multivariado de Componentes Principales se utiliza para identificar las dimensiones más relevantes, que en este caso son los indicadores por área de la logística, los cuales generan mayor ahorro en costo, sintetizando la información. Es decir, a partir de un número elevado de variables obtenemos un número reducido de componentes con la menor pérdida de información posible.

1) Análisis de componentes Área-Indicador

Para elegir el número de componentes que explique el sistema estos componentes deberían explicar al menos un 50% de la varianza acumulada. Como se observa en la [Tabla 7](#) la proporción acumulada para el segundo valor propio, es del 77%.

TABLA 7.
ANÁLISIS DE LOS VALORES Y VECTORES PROPIOS DE LA MATRIZ DE CORRELACIÓN.

Valor propio	9.7370	7.3333	4.9296	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Proporción	0.443	0.333	0.224	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Acumulada	0.443	0.776	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Valor propio	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	
Proporción	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	
Acumulada	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Valor propio	-0.0000	-0.0000	-0.0000							
Proporción	-0.000	-0.000	-0.000							
Acumulada	1.000	1.000	1.000							

Fuente: Autores.

Este resultado quiere decir que el 77% de la variación de la reducción de los costos logísticos, están representados en los dos primeros componentes principales ([Fig. 10](#)).

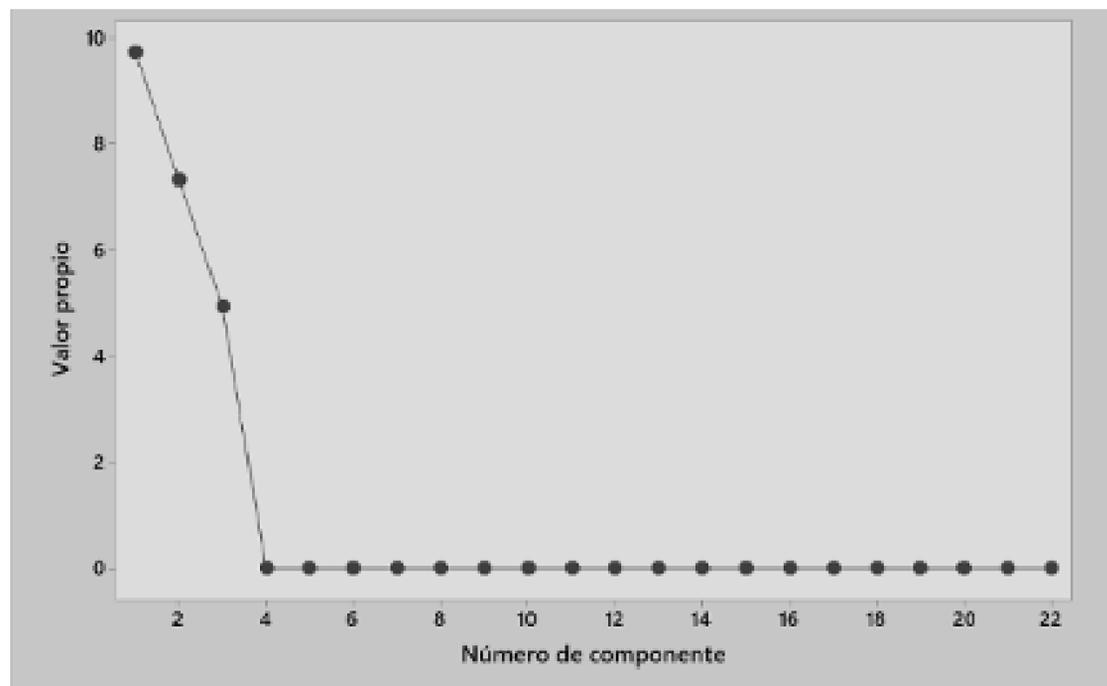


Fig. 10. Componentes y valores propios.
Fuente: Autores.

En la [Tabla 8](#) se relacionan los vectores propios por componente. Para el primer componente (PC1) que explica el 44% de la variación según la [Tabla 7](#) y [Fig. 10](#), los indicadores que más influyen pertenecen al área de almacenamiento y son el costo de unidad almacenada, duración de mercancías exactitud de inventarios, nivel de cumplimiento despachos, la rotación de inventarios, tiempo reposición ABC, las unidades separadas y despachadas y la vejez del inventario, que tienen un coeficiente de 0.312 en valor absoluto.

TABLA 8.
VECTORES PROPIOS.

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4
Calidad de los Pedidos	0.095	-0.296	0.235	-0.223
Ciclo de la Orden	0.167	0.296	0.133	-0.265
Comparativo Transporte	0.051	-0.059	-0.439	-0.246
Costo Operativo por Camión - CO	0.051	-0.059	-0.439	-0.171
Costo Unidad Almacenada	-0.312	0.059	0.071	0.132
Costos de Transporte	0.051	-0.059	-0.439	-0.220
Duración de Mercancías	-0.312	0.059	0.071	0.015
Entrega Perfecta	0.167	0.296	0.133	0.052
Exactitud de Inventarios	-0.312	0.059	0.071	0.025
Nivel de cumplimiento de Despach.	-0.312	0.059	0.071	0.056
Número de devoluciones	0.167	0.296	0.133	-0.143
Número Proveedores Cert	0.095	-0.296	0.235	-0.267
Pedidos entregados a tiempo	0.167	0.296	0.133	-0.078
Pedidos entregados completos	0.167	0.296	0.133	-0.088
Porcentaje Proveedores Eva	0.095	-0.296	0.235	-0.005
Rotación de Inventario	-0.312	0.059	0.071	0.182
Tiempo de Entrega	0.167	0.296	0.133	-0.116
Tiempo de Entrega Proveedor	0.095	-0.296	0.235	-0.055
Tiempo de Reposición ABC Contra	-0.312	0.059	0.071	0.004
Unidades separadas	-0.312	0.059	0.071	-0.568
Vejez del Inventario	-0.312	0.059	0.071	-0.483
Volumen de Compras	0.095	-0.296	0.235	-0.087

Fuente: Autores.

Para el segundo componente que explica el 33% de la variación, los indicadores más importantes pertenecen a las áreas de aprovisionamiento y servicio al cliente y son: la calidad de los pedidos generados, el ciclo de la orden, la entrega perfecta, el número de devoluciones, de proveedores certificados, los pedidos entregados a tiempo, los pedidos completos, el porcentaje de proveedores evaluados, el tiempo de entrega, el tiempo de entrega del proveedor y el volumen de compras.

A partir del análisis de componentes principales realizado con los datos de las empresas implicadas en este estudio, se concluye que los indicadores que permiten mayor ahorro en costos son los del área de almacenamiento, debido a que son los que más influyen en el el primer componente (PC1) que es el que explica la mayor variación. Sin embargo, en el segundo componente tienen mayor peso los indicadores de aprovisionamiento y servicio al cliente. En este sentido puede concluirse que para lograr la reducción de costos logísticos en una empresa es necesario la medición y control utilizando indicadores de todas las áreas.

2) *Análisis de componentes Ciudad-Indicador*

Al realizar el análisis por ciudades, considerando los indicadores utilizados, los dos primeros componentes representan el 57 % de la variación de la reducción de costos, como se observa en la [Tabla 9](#).

En la [Fig. 11](#) se puede evidenciar gráficamente la sedimentación de componentes. El valor propio del segundo componente es 5.79%.

TABLA 9.
ANÁLISIS DE LOS VALORES Y VECTORES PROPIOS DE LA MATRIZ DE CORRELACIÓN.

Valor propio	6.8206	5.79	4.312	3.037	2.035	0.000	0.000	0.000	0.000
Proporción	0.310	0.26	0.196	0.138	0.093	0.000	0.000	0.000	0.000
Acumulada	0.310	0.57	0.769	0.907	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Valor propio	0.0000	0.00	0.000	0.000	-	-	-	-	
Proporción	0.000	0.00	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	
Acumulada	1.000	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Valor propio	0.000	-0.000	-000						
Proporción	-0000	0.000	-0.000						
Acumulada	1.000	1.000	1.000						

Fuente: Autores.

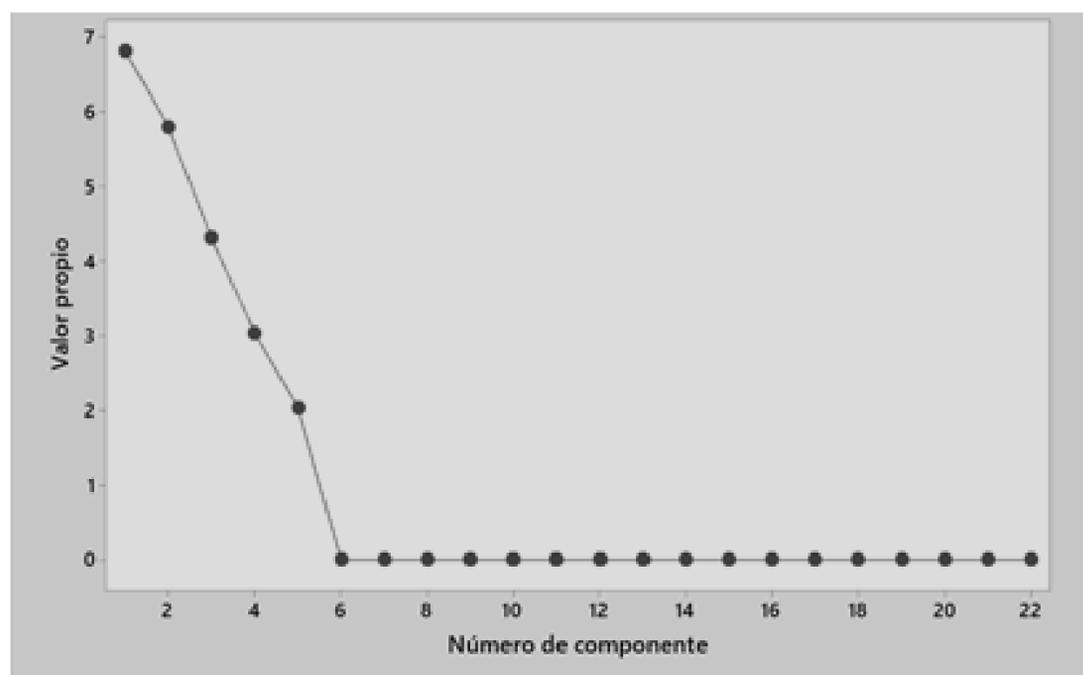


Fig. 11. Gráfica de sedimentación componentes.
Fuente: Autores.

TABLA 10.
VECTORES PROPIOS

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4
Calidad de los Pedidos Generado	0.054	-0.033	0.454	0.080
Ciclo de la Orden	0.284	0.141	0.148	0.270
Comparativo Transporte	-0.086	0.098	0.377	0.234
Costo Operativo por Camión	0.167	0.327	-0.207	0.040
Costo Unidad Almacenada	0.052	0.334	-0.226	-0.006
Costos de Transporte	0.024	-0.301	-0.009	0.393
Duración de Mercancías	0.183	-0.021	0.229	-0.362
Entrega Perfecta	0.215	-0.257	-0.070	-0.077
Exactitud de Inventarios	-0.267	0.244	-0.136	0.011
Nivel de cumplimiento de Despac.	0.278	0.243	-0.162	0.033
Numero de Devoluciones	0.021	-0.292	-0.232	0.286
Numero Proveedores Certificados	0.200	-0.104	-0.314	0.279
Pedidos entregados a tiempo	-0.251	0.128	0.232	0.253
Pedidos entregados completos	-0.057	-0.319	-0.071	-0.328
Porcentaje Proveedores Evaluado	-0.286	0.267	-0.059	0.069
Rotación de Inventario	-0.119	0.000	-0.186	-0.072
Tiempo de Entrega	-0.070	-0.229	-0.272	0.304
Tiempo de Entrega del Proveedor	0.338	0.178	0.043	-0.026
Tiempo de Reposición ABC Contra	0.344	-0.040	-0.004	-0.142
Unidades Separadas o Despachada	-0.289	0.213	-0.117	0.043
Vejez del Inventario	0.221	0.055	0.259	0.338
Volumen de Compras	0.279	0.237	-0.168	0.039

Fuente: Autores.

En la [Tabla 10](#) se relacionan los vectores propios por componente. Para el primer componente (PC1) que explica el 31% de la variación según la [Tabla 9](#) y [Fig. 11](#), los indicadores que más influyen son el tiempo de entrega del proveedor y el tiempo de reposición ABC. Para el segundo componente que explica el 26% de la variación, los indicadores más importantes son costo operativo por camión, costo de transporte, costo de unidad almacenada y pedidos entregados completos.

VI. CONCLUSIONES

A partir de la base de datos obtenida del resultado de la implementación de los planes de mejoramiento logístico por las empresas participantes del proyecto “Fortalecimiento de las operaciones logísticas de las empresas proveedoras de bienes a una empresa del sector petrolero” se realizó el análisis de estadística descriptiva de los datos, que permitió conocer las características de los datos. Un ejemplo es la curtosis, que siendo positiva y mayor a cero, indica concentración de los ahorros en costos en un área de la logística, que resultó ser el almacenamiento. A partir de los resultados obtenidos se demuestra a lo largo del ejercicio que el aumento de ahorro en costos logísticos para las empresas se puede lograr si se tienen indicadores de almacenamiento que permitan realizar el seguimiento, control y obtención de metas.

Por otra parte, se realizó el análisis de conglomerados por área y ciudad, identificando las agrupaciones de indicadores más utilizados por área, encontrando que los indicadores de almacenamiento como la exactitud en inventario, rotación de inventario y costo por unidad almacenada son los más relacionados con los ahorros en costos logísticos. En este sentido el estudio es importante porque demuestra que el empresario puede iniciar el seguimiento y control a partir de estos tres indicadores que en la práctica son los más utilizados para ahorrar costos en la empresa. Por otra parte la ciudad donde mayores ahorros se identificaron fue en Orito, 0.89% en promedio de todos los ahorros a nivel nacional.

Se desarrolló el análisis de componentes para reducir el gran número de variables (indicadores) estudiadas a unos cuantos de mayor impacto en el ahorro, encontrando que el 77% de la variación de la reducción de los costos logísticos, están representados en los dos primeros componentes principales.

Para el primer componente que explica el 44% de la variación los indicadores que más influyen pertenecen al área de almacenamiento y son el costo de unidad almacenada, duración de mercancías exactitud de inventarios, nivel de cumplimiento despachos, la rotación de inventarios, tiempo reposición ABC, las unidades separadas y despachadas y la vejez del inventario, que tienen un coeficiente de 0.312. Este análisis permite identificar un segundo grupo de indicadores importantes para la reducción de costos en las empresas, como duración de mercancías, vejez del inventario y nivel de cumplimiento, adicionales a los tres considerados inicialmente. Se destaca que el nivel de cumplimiento representa el nivel de servicio y es un indicador de entregas a tiempo, básicamente de servicio logístico.

El segundo componente explica el 33% de la variación los indicadores más importantes pertenecen a las áreas de aprovisionamiento y servicio al cliente y son: la calidad de los pedidos generados, el ciclo de la orden, la entrega perfecta, el número de devoluciones, de proveedores certificados, los pedidos entregados a tiempo, los pedidos completos, el porcentaje de proveedores evaluados, el tiempo de entrega, el tiempo de entrega del proveedor y el volumen de compras. Este componente contiene varios indicadores adicionales que ya no son de almacenamiento, coincidiendo con el primer componente los pedidos entregados a tiempo, representando a las empresas ahorros en costos logísticos.

Se concluye de acuerdo a los resultados que para ahorrar en costos logísticos las áreas en las cuales se enfocaron las empresas consideradas son almacenamiento y servicio al cliente. El control debe ser orientado a acciones de mejora para aumentar la exactitud de inventarios, la rotación y las entregas a tiempo, obteniendo como consecuencia ahorros en costos logísticos para las empresas.

En investigaciones futuras es importante considerar otros indicadores que se están utilizando actualmente, por ejemplo, los relacionados con la huella de carbono generada por los diferentes procesos logísticos. Si se fuera a repetir un estudio similar al presentado, se recomienda revisar nuevamente todos los indicadores seleccionados para la línea base, por parte de un grupo de expertos, que desconozca los resultados encontrados en esta investigación, con el objetivo de comparar la similitud de los KPI recomendados por los expertos con los considerados en esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] C. Gonzalez, J. Martinez, C. Malcon y J. Cavazos, "Metodología de la gestión logística para el mejoramiento de pequeñas empresas", *RIAF*, vol. 6, no. 5, pp. 121–129, Ene. 2013. Recuperado de <http://www.theibfr2.com/RePEc/ibf/riafin/riaf-v6n5-2013/RIAF-V6N5-2013-9.pdf>
- [2] J. W. Creswell & J. D. Creswell, *Research Design. Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches*. THOK, CA: Sage, 2017. Available from https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_609332/objava_105202/fajlovi/Creswell.pdf
- [3] J. Avilez, P. Escobar, G. Von Fabeck, K. Villagran, F. García, R. Matamoros y A. García Martínez, "Caracterización Productiva de Explotaciones Lecheras Empleando Metodología de Análisis Multivariado", *Rev Cient FCV-LUZ*, vol. 20, no. 1, pp. 74–80, Feb. 2010. Disponible en <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/15529>
- [4] L. Mora, *Indicadores de gestión logística KPI Los indicadores claves del desempeño logístico*. BO, CO: Ecoe, 2012. Recuperado de https://www.fesc.edu.co/portal/archivos/e_libros/logistica/ind_logistica.pdf
- [5] H. Khan & J. D. Wisner, "Supply chain integration, learning, and agility: Effects on performance," *Oper SCM*, vol. 12, no. 1, pp. 14–23, Feb. 2019. <http://doi.org/10.31387/oscm0360218>
- [6] C. González, "Sistema para la gestión logística empresarial", *Sotavento M.B.A.*, no. 23, pp. 32–41, Jun 2014. Disponible en <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/sotavento/article/view/3985>
- [7] C. Giraldo, L. Moreno y H. Cortés, "Modelo de gestión por procesos en logística aplicado a empresas de Medellín", *Rev Soluposgrados EIA*, vol. 5, no. 9, pp. 117–141, Nov. 2013. Disponible en <https://revistas.eia.edu.co/index.php/SDP/article/view/366>
- [8] Y. Becerra, "Propuesta metodológica para la definición de estrategias de mejoramiento en logística de pymes", *I2+D*, vol. 15, no. 1, pp. 48–57, Jun. 2015. <http://doi.org/10.19053/1900771X.3938>
- [9] B. Kucukaltan, Z. Irani and E. Aktas, "A decision support model for identification and prioritization of key performance indicators in the logistics industry," *Comput Hum Behav*, vol. 65, pp. 346–358, Dec. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.045>

- [10] A. Zuluaga-Mazo, R. Gómez-Montoya y S. Fernández-Henao, “Indicadores logísticos en la cadena de suministro como apoyo al modelo Scor”, *Clío Amer*, vol. 8, no. 15, pp. 90–110, Jun. 2014. <https://doi.org/10.21676/23897848.832>
- [11] G. Vidalón, “Mejoramiento continuo en la logística de la empresa negocios, tecnología y soluciones Perú S.R.L. Los Olivos”, *Tesis Licenciatura*, Fac. Cienc. Empr., UCV, LIM, PE, 2018. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/19325>
- [12] M. Arango, S. Ruiz, L. Ortiz y J. Zapata, “Indicadores de desempeño para empresas del sector logístico: Un enfoque desde el transporte de carga terrestre”, *Ingeniare*, vol. 25, no. 4, pp. 707–720, Dic. 2017. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000400707>
- [13] O. Barbosa, *Los indicadores de gestión y su contexto*. BO, CO: ESAP, 2000.
- [14] D. C. Hoaglin & R. E. Wewlseh, “The hat matrix in regresión and ANOVA,” *Am Stat*, vol. 32, no. 1, pp. 17–22, Oct. 1976. Available: <http://hdl.handle.net/1721.1/1920>
- [15] M. Rendón-Macías, M. Villasís-Keever y M. Miranda-Novales, “Estadística descriptiva”, *RAM*, vol. 63, no. 4, pp. 397–407, Dic. 2016. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i4.230>
- [16] C. Díaz y G. Rivas, “Fundamentos para la aplicación de Bioestadística en Odontología”, *Rev Salud Pública Parag*, vol. 5, no. 2, pp. 56–61, Dic. 2015. Recuperado de <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/06/905325/56-61.pdf>
- [17] F. Tusell, *Estadística: Análisis Multivariante (15763) Curso 2007–2008*. BB, ES: UPV/EHU, 2016. Recuperado de <http://www.et.bs.ehu.es/~etptupaf/pub/programas/estad4.pdf>
- [18] C. Cuadras, *Nuevos métodos de análisis multivariante*. BAR, ES: CMC Editions, 2007. Recuperado de http://www.est.uc3m.es/esp/nueva_docencia/getafe/estadistica/analisis_multivariante/doc_generica/archivos/metodos.pdf
- [19] E. Burbano-Vallejo y E. Moreno, “Análisis de Conglomerados del Norte del Valle del Cauca. Caso estudio Cartago, Zarzal y la Unión”, *II*, vol. 39, no. 1, pp. 78–91, Abr. 2018. Disponible en <https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/801>
- [20] C. Véliz, *Análisis multivariante: métodos estadísticos multivariantes para la investigación*. CABA, AR: Cengage Learning, 2015. Disponible en <https://centrumthink.pucp.edu.pe/publicaciones/analisis-multivariante-metodos-estadisticos-multivariantes-para-la-investigacion/>
- [21] D. Garcés y F. Jaimes, “Ronda Clínica y Epidemiológica. Introducción al Análisis Multivariable (Parte I)”, *IATREIA*, vol. 27, no. 3, pp. 355–363, Sep. 2014. Disponible en <https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&u=googlescholar&id=GALE|A439636050&v=2.1&it=r&sid=AONE&asid=9af38fe0>
- [22] Consorcio Cluster Development, Metis Gaia y J. D’ávila Quevedo, *Elaboración de un mapeo de clusters en el Perú*. LIM, PE: CNCF, 2013.
- [23] M. Sato-Ilic, “Homogeneous Cluster Analysis”, *Proc Comp Sci*, vol. 140, pp. 269–275, Jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.320>
- [24] A. Banerjee & I. Abu, “Evolutionary Clustering Algorithms for Relational Data,” *Proc Comp Sci*, vol. 140, pp. 276–283, Jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.319>
- [25] S. Hantsch, H. Kergel, M. Munoz y M. Nergel, *Excelencia en la administración de clusters en México. Clusters de TI Mexicanos en comparación con sus pares europeos*. BE, DE: ESCA, 2015.
- [26] X. Yao, S. Ge, H. Kong & H. Ning, “An Improved Clustering Algorithm and Its Application in WeChat Sports Users Analysis”, *Proc Comp Sci*, vol. 129, pp. 166–174, Jan. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.03.067>
- [27] S. Wade & Z. Ghahramani, “Bayesian Cluster Analysis: Point Estimation and Credible Balls (with Discussion),” *Bayesian Anal*, vol. 13, no. 2, pp. 559–626, Jun. 2018. <https://doi.org/10.1214/17-BA1073>
- [28] R. Ruiz, J. Arévalo, G. Morillo y P. Acosta, “Análisis de componentes principales aplicado a la prueba estatal Colombiana Saber 11”, *Espacios*, vol. 39, no. 10, pp. 1–12, Nov. 2017. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n10/a18v39n10p01.pdf>
- [29] C. Gil, “Análisis de componentes principales (PCA)”, Jun 2018. [En línea]. Disponible en https://rpubs.com/Cristina_Gil/PCA
- [30] J. Cruz, “La calidad de vida laboral y el estudio del recurso humano: una reflexión sobre su relación con las variables organizacionales”, *Pensam Gest*, no. 45, pp. 58–81, Dic. 2018. Disponible en <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/article/view/10617>

Carlos Alberto Camargo González. Universidad del Bosque. Bogotá, D.C. (Colombia). <https://orcid.org/0000-0003-1305-0966>

Diana Marcela Mosquera Cicero. Universidad del Bosque. Bogotá, D.C. (Colombia).