

# SELECCIÓN DE PROVEEDORES PARA UNA EMPRESA DEL RAMO FARMACÉUTICO EMPLEANDO ENFOQUES MULTICRITERIO

Ruth García Morales <sup>1</sup>; José Concepción López  
Rivera <sup>2</sup>; Javier García Gutiérrez <sup>3</sup>; Ana María De  
León Almaraz <sup>4</sup>

<sup>1-3</sup>Facultad de Ingeniería de la UAEMex, Toluca, Estado de México.

<sup>4</sup>Asesor externo de la Facultad de Ingeniería de la UAEMex

<sup>1</sup>rgarciam017@alumno.uaemex.mx <https://orcid.org/0000-0002-6077-1670>, <sup>2</sup>jclopezr@uaemex.mx, <sup>3</sup>jgarcia@uaemex.mx,  
<sup>4</sup>ing.ana\_deleon@hotmail.com.

## RESUMEN

La selección de proveedores es importante porque compromete recursos impactando simultáneamente actividades como el inventario, planificación y control de producción, flujo de efectivo y calidad del producto. El presente trabajo de investigación se desarrolla en una empresa del giro farmacéutico en la que se elaboran medicamentos genéricos que actualmente son distribuidos tanto en el mercado privado como en instituciones públicas de salud. En la planta en la que se enfocará la investigación, se producen alrededor de cuarenta medicamentos; esta fábrica cuenta con varios departamentos para dar cumplimiento a su respectiva planeación de productos, en la cual es fundamental el departamento de compras, que tiene como misión verificar que los insumos necesarios para la fabricación de los medicamentos tengan el precio, calidad y tiempo de entrega concertados. En este trabajo se aplican enfoques multicriterio para la selección de proveedores de esta empresa farmacéutica; esto con la finalidad de conocer sus alcances y diferencias en las características que el comprador requiera y al mismo tiempo generar una metodología en materia de selección de proveedores. Algunos de los enfoques multicriterio que son utilizados en este trabajo para la selección de proveedores son: el Proceso Analítico Jerárquico AHP, el Análisis Envoltante de Datos DEA y el Despliegue de la Función de Calidad QFD.

**Palabras clave:** *Selección de proveedores; Enfoques multicriterio; Industria Farmacéutica*

## ABSTRACT

The selection of suppliers is important because it commits resources simultaneously impacting activities such as inventory, production planning and control, cashflow and product quality. This research work is carried out in a company of the pharmaceutical sector in which generic drugs are manufactured that are currently distributed both in the private market and in public health institutions. In the plant on which the research will focus, around forty drugs are produced; This factory has several departments to comply with their respective product planning, in which the purchasing department is essential, whose mission is to verify that the necessary supplies for the manufacture of medicines have the price, quality and delivery time arranged. In this work, multi-criteria approaches are applied for the selection of suppliers of this pharmaceutical

company; this in order to know its scope and differences in the characteristics that the buyer requires and at the same time generate a methodology in terms of supplier selection. Some of the multi-criteria approaches that are used in this work for the selection of suppliers are: Analytic Hierarchy Process AHP, Data Envelopment Analysis DEA, Quality Function Deployment QFD.

**Keywords:** *Supplier selection; Multi-criteria approaches; Pharmaceutical industry.*

Aceptado: 14 de noviembre del 2021

Publicado: 07 de diciembre del 2021

## INTRODUCCIÓN

Este documento muestra un avance con respecto a los enfoques seleccionados en materia de selección de proveedores de la empresa farmacéutica en estudio. Por lo tanto, no se ha llegado a la explotación total de las herramientas a utilizar. A continuación, se muestra un avance de la introducción realizada al momento.

La gestión de la cadena de suministro y el proceso de selección de proveedores han recibido considerable atención en la literatura sobre gestión empresarial (Verma & Pullman 1998). Sin embargo, dentro del ramo farmacéutico y alimenticio, la selección de proveedores no ha sido de mucho interés para la parte aplicada en materia de investigación, de acuerdo con la literatura consultada; es por ello, que surge el interés de realizar este trabajo con el propósito de desarrollar un proceso de selección de proveedores para una empresa de esta área. En la actualidad la industria farmacéutica enfrenta la imperiosa necesidad de mejorar sus operaciones y la eficiencia de sus cadenas de suministro, con el fin de elevar su desempeño ante la creciente competencia en el área. En el ámbito farmacéutico, en particular, las grandes empresas, primordialmente extranjeras, deben sobrellevar la expiración de las patentes de los medicamentos que elaboran, perdiendo la exclusividad de su fabricación y soportando la incorporación de múltiples empresas, principalmente pequeñas, que participan en la competencia mediante la producción de

medicamentos genéricos, de menor costo y con similar eficacia médica. Por su parte, las empresas pequeñas, en buen número mexicanas, deben ofrecer, precios competitivos como los de sus similares y calidad equiparable a las de las empresas grandes, si es que desean hacerse de un espacio en una industria tan dinámica. En México existe un Reglamento de Insumos para la Salud (emitida por la Ley General de Salud), en el cual destaca la cláusula de excepción, misma que tiene por objeto facilitar el desarrollo de medicinas genéricas, de menor costo, pero con calidad y eficacia equivalente a las originales. En esta cláusula se establece que los fabricantes nacionales pueden iniciar los trabajos para el desarrollo de una molécula, conocida también como formulación de un medicamento, desde tres años antes del vencimiento de la patente y obtener el registro sanitario a partir del día siguiente al que ésta expire, con la finalidad de que en el menor tiempo posible los genéricos salgan al mercado y contribuyan a la disminución de precios y así mismo a que haya mayor acceso para los pacientes. Hoy en día en México existen numerosas empresas mexicanas dedicadas a la fabricación de medicamentos genéricos. El presente trabajo de investigación se desarrollará para una empresa farmacéutica ubicada en el municipio de Lerma, Estado de México; se caracteriza como una de las empresas que tienen el reto de desarrollar medicinas genéricas. En esta planta se fabrican sólidos orales (tabletas), cremas, jarabes, cápsulas y suspensiones. La

planta Farmacéutica en estudio tiene el reto de mejorar su desempeño en general, y su cadena de suministro en particular, debido a la fuerte competencia que enfrenta en el ámbito de sus medicinas genéricas, que hoy en día comercializa tanto en el sector privado como en el público. En tiempos recientes, en esta empresa se han presentado una serie de inconvenientes un tanto menores pero que dan idea de los aspectos que se deben mejorar y que al presente no han permitido que se consideren con seriedad sus expectativas de crecimiento. El objetivo general de esta investigación es desarrollar un proceso para la selección de proveedores, que incorpore los criterios establecidos por los decisores y los que se sugieren en la literatura, haciendo uso de enfoques multicriterio empleados por los especialistas del área. A su vez, los objetivos particulares se derivan de una revisión bibliográfica que son determinar los criterios a emplear tomando como base lo consultado en literatura además de considerar los criterios que actualmente intervienen en la empresa en estudio, por otra parte, un objetivo particular más en este estudio es identificar enfoques utilizados en literatura que han sido empleados para el caso de selección de proveedores para después proponer y comparar estas herramientas en este estudio. La empresa farmacéutica actualmente no cuenta con un sistema de selección de proveedores que incluya todos aquellos criterios necesarios para la selección de los mismos; es por ello, que surge la necesidad de elaborar un

instrumento para la selección de sus proveedores.

Algunas de las razones generales por las que es necesario un sistema para la selección de proveedores en una empresa son:

- Es un problema muy crítico en el sistema de gestión de la cadena de suministro, donde las empresas gastan un mínimo del 60% de sus ventas totales en la compra de artículos como materias primas. (Kumar, Kumar, & Barman, 2018)

- La selección del proveedor apropiado es de suma importancia, porque compromete recursos impactando simultáneamente actividades como el inventario, planificación, control de producción, flujo de efectivo y calidad del producto. (Seema & Kumar, 2014)

- La selección de proveedores se ha vuelto necesaria para que las organizaciones se mantengan en el mercado competitivo y así mejoren el rendimiento de su cadena de suministro, centrándose en las expectativas del cliente. (Yadavalli, Darbari, Bhayana, Jha, & Agarwal, 2019)

- La evaluación y selección de proveedores son tareas complejas para las empresas debido a que se requieren considerar varios criterios. (Kumar et al., 2018)

- En los últimos años nos encontramos con que hay una gran variedad de productos similares en el mercado que suelen ofrecer varios proveedores, lo cual conlleva a la necesidad de analizar el mercado y resolver el problema de encontrar el mejor proveedor de bienes que

satisfaga todos los requisitos requeridos por los consumidores. (Shendryk, Bychko, Parfenenko, Boiko, & Ivashova, 2019)

•La selección de proveedores sirve para reunir información sobre el número y tipos de criterios que serán requeridos para la evaluación del proveedor.” (Kahraman, Cebeci, & Ulukan, 2003) Atendiendo a estas consideraciones entonces, un proceso de selección de proveedores en una compañía farmacéutica tiene un papel importante en la reducción del costo, incremento de las ganancias y mejora de la calidad del producto terminado; por otro lado, tenemos que una incorrecta selección de proveedores puede llevar a que una cadena de suministro sufra pérdidas y esto se vea reflejado directamente en el rendimiento global de la empresa. (Taherdoost & Brard, 2019)

## **1. METODOLOGÍA**

El presente estudio se divide en las siguientes secciones:

### **1.1 Estado del arte**

En esta sección se presenta información de las consultas realizadas a la bibliografía, artículos de investigación y casos de estudio acerca de los enfoques, metodologías y criterios utilizados en la selección de proveedores.

#### **1.1.1 Enfoques y metodologías para la selección de proveedores.**

De acuerdo con la literatura revisada, se obtuvo que la evaluación y selección de proveedores se

ha convertido en un elemento importante de la gestión de la cadena de suministro, porque asigna la debida importancia a la tarea de conseguir proveedores calificados, considerados actualmente como elementos clave para el buen desempeño de las empresas y un recurso valioso a la hora de reducir costos (Bhutta, 2003). Asimismo, se apoyó en la tarea de analizar y discutir información sobre los criterios empleados para ello (Kahraman et al., 2003), sin perder de vista los aspectos dinámicos del entorno competitivo actual (Sarkis & Talluri, 2002). Diversos autores se han abocado al estudio del problema de la selección de proveedores y han propuesto diferentes procedimientos y metodologías para atenderlo, haciendo uso de múltiples herramientas. Entre algunos de los enfoques que se han empleado en la tarea de selección de proveedores tenemos al AHP propuesto en el trabajo de Nydick & Hill, (1992)). Por otro lado, hay autores que plantearon la combinación de un enfoque y un modelo de Programación Lineal, como es el caso de Ghodsypour & O'Brien (1998), quienes proponen una integración del AHP y un modelo de Programación Lineal para considerar factores tangibles e intangibles en la elección de los mejores proveedores y la asignación de las cantidades óptimas entre ellos, de manera que el valor total de compra sea máximo. Otro enfoque usado en la selección de proveedores es el DEA ya que, de acuerdo con De Boer, Labro, & Morlacchi, (2001) este método ayuda al comprador en la clasificación de los proveedores en dos

categorías, los proveedores eficientes y los proveedores ineficientes, de acuerdo con su estudio de métodos para la selección de proveedores. Asimismo, dieron a conocer la aplicación de este enfoque en la publicación de Liu, Ding, & Lall, (2000) en la que se muestra la aplicación del DEA en la evaluación del desempeño de proveedores para una firma manufacturera. De manera similar, se tiene el desarrollo de un modelo donde se hace uso del Proceso Analítico en Red (ANP) en la selección de proveedores en una retroalimentación sistemática, aplicada en el estudio de Gencer & Gürpınar, (2007) en el contexto de una empresa electrónica. Por su parte, Kirytopoulos, Leopoulos, & Voulgaridou, (2008) presentan un método integral para la evaluación y selección de proveedores en la industria farmacéutica (parafarmacéutica) en el que utilizan el ANP para la selección de la mejor oferta. Kokangul & Susuz, (2009), realizaron una integración del AHP y un modelo de Programación No Lineal Entera (PNLE); la primera herramienta hace coincidir las características del artículo con las características del proveedor y en cuanto al modelo de PNLE, éste determina analíticamente los mejores proveedores y las cantidades de pedidos óptimas entre los proveedores determinados. Por otra parte, Elanchezhian, Ramnath, & Kesavan, (2010) propusieron una metodología y un conjunto de criterios a considerar, empleando para su manejo herramientas de toma de decisiones multicriterio (TDMC), como ANP y la técnica para el desempeño de pedidos por el método de solución

de ideas similares (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS). En ese mismo contexto Shyur & Shih,

(2006) propusieron un modelo híbrido para apoyar el proceso de selección de proveedores que incorpora la técnica de ANP y luego se adopta el TOPSIS para clasificarlos productos de la competencia en términos de su rendimiento general. A su vez, Ho, Xu, & Dey, (2010), mencionan que se han adaptado amplios enfoques en la toma de decisiones con criterios múltiples propuestos para la selección de proveedores, como el AHP, ANP, DEA, Teoría de conjuntos Difusos, Razonamiento basado en costos, Algoritmos Genéticos, Programación Matemática, entre otros. Actualmente existe una gran variedad de enfoques, generalmente multicriterio para la selección de proveedores; dentro de la literatura, y como se ha visto, algunos autores se basan en un solo enfoque para dicho proceso, mientras que, por otro lado, tenemos investigadores que han desarrollado modelos que combinan más de un tipo de enfoques en la selección de proveedores. Pal et al., (2013), incluso, han utilizado metodologías como la Lógica Difusa combinada con diversos enfoques para el mismo propósito Yücenur, Vayvay, & Demirel, (2011). Las compañías son conscientes de que garantizar productos de calidad y servicios acordes con las necesidades del cliente no se cumple sólo con la optimización de sus procesos internos, sino que deben incluir los procesos externos en relación con las entradas de materiales a la empresa. Osorio, Arango, & Ruales (2011), realizaron un estudio de selección de proveedores utilizando el Despliegue de la función de Calidad Difusa, lo

que permite a la compañía contar con una herramienta que relacione los factores críticos en el proceso de compras. Por otro lado, Seema & Kumar, (2014) consideraron que AHP tiene la ventaja de adaptarse bien al problema de selección de proveedores ya que se puede usar para determinar tanto la importancia de ponderaciones para los criterios como la clasificación relativa de los proveedores potenciales.

En el caso de la industria alimentaria y farmacéutica de acuerdo con Ruíz, Mendoza, & Rosas (2013), se caracteriza por tener lotes de tamaño fijo; aunado a esto es limitada la investigación en el caso de la selección de múltiples proveedores con diferentes características y atributos, que es como se requiere en estas industrias. Por otra parte, la aplicación combinada de dos técnicas en la selección de proveedores se presenta también en el estudio realizado por Peña & Rodríguez (2018), en el que se empleó un enfoque multicriterio y un modelo de Programación Lineal Entera Mixta; el primero, AHP, como una técnica de tamizaje multicriterio y el segundo, (PLEM), como herramienta de optimización, con las cuales se busca mejorar la eficiencia en la toma de decisiones al momento de elegir un proveedor. Taherdoost & Brard, (2019) en su investigación dirigida al análisis de criterios y métodos de selección de proveedores, los principales enfoques que mencionan, aplicados en la bibliografía que consultaron, son el AHP, ANP, DEA y el Costo total de propiedad. También

incluyeron métodos de programación basados en las limitaciones que enfrentan los proveedores y compradores; por otra parte, también mencionaron que los métodos de razonamiento basados en casos y la Red Neuronal Artificial, que son parte de modelos de inteligencia artificial. Como se mencionó anteriormente, en la búsqueda de procedimientos para el tema de interés, también se han hecho combinaciones de enfoques con metodologías para la selección de proveedores, como son los casos de aplicar Lógica Difusa con AHP y Lógica Difusa con ANP para una empresa de la industria textil, Yücenur et al. (2011). También se han realizado fusiones de modelos de programación con alguna metodología, como es el caso de un modelo de Programación Multi-objetivo y Lógica Difusa, con la finalidad de manejar la incertidumbre en datos cuantitativos (Ávila & Osorio, 2015). Por otra parte, Dargi, Anjomshoae, Galankashi, Memari, & Tap, (2014) propusieron un ANP difuso para ponderar las medidas más críticas que determinaron con base en bibliografía consultada para evaluar a los proveedores; este modelo fue implementado en la industria automotriz.

### **1.1.2 Criterios para la selección de proveedores**

La evaluación y selección de proveedores es un típico problema de análisis de decisiones con múltiples criterios, que involucra tanto criterios cualitativos como cuantitativos. “El objetivo del proceso de selección del proveedor es para reducir el riesgo y maximizar el valor total, lo cual

involucra considerar una serie de variables estratégicas” (Paul, Chakraborty & Ayuby, 2011). Por lo que se refiere a los aspectos que afectan el proceso de selección de proveedores, por mencionar algunos, se encontraron: tipo de productos, cantidad mínima para ordenar, estrategia de abastecimiento, etc. Algunos de los criterios más importantes para la selección de proveedores citados en la literatura son los siguientes: precio, calidad, entrega a tiempo, historial de rendimiento, garantías y políticas de reclamo, instalaciones y capacidad de producción, capacidad técnica, posición financiera, reputación y posición en la industria, actitud, capacidad de embalaje, ubicación geográfica, entre otros Palet al. (2013). Por otra parte, Choi & Hartley, (1996), en su estudio aplicado en la industria automotriz, encontraron que los criterios de mayor impacto en este ramo son el diseño, precio, finanzas, consistencia, relación, flexibilidad, capacidad tecnológica, servicio posterior y confiabilidad. Asimismo, Sarkis & Talluri (2002), emplearon en su investigación para generar un modelo como estrategia en la selección de proveedores criterios como calidad, diseño, capacidad de procesamiento, disminución de inconformidades, disminución del trabajo en procesos, tiempo de entrega, flexibilidad, innovación de procesos, entre otros. En otro caso, Kahraman et al. (2003), mencionaron que los criterios para evaluar a los proveedores son desarrollados para medir aspectos importantes de la relación con el negocio cliente - proveedores, entre ellos se encuentran solidez financiera, gestión de enfoque y



capacidad, recursos de apoyo, sistemas de calidad, atenciónal cliente, profesionalismo y costo, entre otros. Por otro lado, Kirytopoulos et al., (2008) de acuerdo con su metodología aplicada en la selección de proveedores parafarmacéuticos, sus resultados indicaron que los problemas relacionados con la calidad dominan en el proceso de toma de decisiones en materia de selección de proveedores. Los criterios que se mencionaron en su estudio, los dividen en siete grupos, el primer grupo es enfocado a *costos*, el cual incluye el precio del producto, el costo del flete y los aranceles e impuestos; el segundo grupo lo nombran como de *servicios*, en el que se encuentran el tiempo de entrega, servicios de valor agregado y facilidad de comunicación; en cuanto al tercer grupo lo nominaron como *perfil del proveedor* que está relacionado con reputación, estado financiero, instalaciones de producción, capacidad y publicidad del proveedor; el cuarto grupo lo asignaron a *calidad*, en donde se incluyeron las especificaciones y la certificación del proveedor; el quinto grupo se destinó a las relaciones que puedan existir entre la cadena de suministro farmacéutica y el proveedor; como sexto grupo se clasificó como el de *riesgos* en donde se refiere a cualquier riesgo potencial que pueda ocurrir y, finalmente como último grupo, se incluyó el de *alternativas* donde se comprendieron a los competidores. Cabe hacer mención que Elanchezhian et al. (2010), en su estudio de selección de proveedores aplicando ANP y TOPSIS, mencionaron algunos criterios como

entrega a tiempo, calidad del producto, relación precio costo, instalación y tecnología, capacidad de respuesta a las necesidades del cliente, entre otros. También, Ho et al. (2010), de acuerdo con su revisión literaria acerca de la selección de proveedores encontraron que el criterio más popular es la calidad, seguido de la entrega a tiempo, relación precio costo, capacidad de fabricación, reputación, relación, riesgo y seguridad y medio ambiente. Además, Osorio et al. (2011), de acuerdo con su metodología de implementación de Lógica Difusa y Despliegue de la Función de Calidad (QFD) para la selección de proveedores, aplicaron los criterios de sistema de gestión de calidad, capacidad administrativa, desempeño comercial, estabilidad financiera, tratamiento de quejas y reclamaciones, posicionamiento geográfico, centros de distribución, soporte técnico, procesamiento de la información en el manejo de pedidos en línea, investigación y desarrollo, capacidad instalada de producción, etc. De la misma manera, Dargi et al. (2014) en su modelo de Proceso Analítico de Red difuso, utilizaron criterios como calidad, precio, capacidad de producción, capacidad técnica e instalación, servicio y entrega a tiempo, reputación y ubicación geográfica. De igual forma Seema & Kumar, (2014) en su estudio donde aplicaron AHP para selección de proveedores, manejaron cuatro principales criterios: precio, entrega a tiempo, calidad y servicio al cliente. A su vez, Ávila & Osorio (2015) en su estudio de Programación Multi-objetivo y Lógica Difusa aplican criterios como tiempo de entrega, calidad, precios, ventas,

facilidades de pago y confiabilidad del proveedor. De la misma manera, Taherdoost & Brard, (2019), en su estudio de análisis del proceso de criterios y métodos de selección de proveedores, encontraron diversos criterios, por ejemplo, calidad, entrega a tiempo, historial de rendimiento, garantías y políticas de reclamo, capacidad de producción, precio, confianza mutuay comunicación fácil, entre otras.

Las etapas mencionadas hasta este punto ya se realizaron en su totalidad y se continuará trabajando con las subsecuentes.

### **1.2 Determinación de los enfoques propuestos para la selección de proveedores**

Para el presente estudio se propone utilizar diversas herramientas multicriterio para la selección de proveedores en la empresa farmacéutica en estudio, las cuales, de manera general, se seleccionaron porque se consideran adecuadas para el trabajo y porque se ha encontrado suficiente literatura sobre ellas, de acuerdo con la consulta realizada. Las herramientas consideradas a utilizar son el Análisis Envoltante de Datos, Proceso Analítico Jerárquico y Despliegue de la Función de Calidad, mismas que se definen a continuación:

- a) Análisis Envoltante de Datos (DEA), es un enfoque multicriterio en el que, de manera general en el caso de selección de proveedores los va a clasificar en eficientes y no eficientes con diversidad en aplicaciones en campos como la Economía o la Ingeniería (Aparicio Baeza, 2012)
- b) Proceso Analítico Jerárquico (AHP), es una

herramienta multicriterio que, de acuerdo con la variedad de autores consultados, ha tenido diversas aplicaciones como es el caso de la industria automotriz. La ventaja de este proceso es que se presta para ordenar, en este caso, desde el mejor hasta el peor proveedor. (Toskano Hurtado, 2005)

c) Despliegue de la Función de Calidad (QFD), es una herramienta multicriterio que ha sido aplicada en la industria manufacturera, por mencionar alguna, y que se fundamenta en el análisis de las características de los proveedores que se deben cumplir, los "CÓMO", con el propósito de alcanzar las características deseadas de los productos, los "QUÉ". (Osorio et al., 2011).

### **1.3 Identificación de proveedores de los insumos o productos a comprar**

Para la determinación de los productos a comprar, que corresponden a las materias primas o insumos cuyos proveedores constituyen el propósito de este trabajo, se van a identificar los que intervienen en la fabricación de los productos de la empresa que mayor ingreso le procuran a la misma, para lo cual se va a realizar un análisis ABC.

El análisis ABC es una metodología de segmentación de productos de acuerdo a criterios preestablecidos (indicadores de importancia, tales como el "costo unitario" y el "volumen anual demandado"). El criterio en el cual se basan la mayoría de expertos en la materia es el valor de los inventarios Ballou (2004), varios autores suelen considerar que la zona "A" de la

clasificación corresponde estrictamente al 80% de la valorización del inventario, y que el 20% restante debe dividirse entre las zonas "B" y "C", tomando porcentajes muy cercanos al 15% y el 5% del valor del stock para cada zona respectivamente. Otros autores suelen asociar las zonas "A", "B" y "C" con porcentajes respectivos del valor de los inventarios del 60%, 30% y el 10%, sin embargo, el primer caso es mucho más común, por el hecho de la conservación del principio "80-20" (Ley de Pareto) que es la clasificación que se utilizará en el presentetrabajo. Para llevar a cabo la clasificación ABC, se obtendrán las ventas de los últimos 5 años de los productos que actualmente son comercializados; posteriormente se hará el ordenamiento de los productos de acuerdo a sus ventas anuales de mayor a menor y, a continuación se va a calcular el porcentaje de cada uno de los productos de acuerdo con las ventas anuales, enseguida se va a calcular el porcentaje acumulado de las ventas anuales de cada producto, posteriormente se va a realizar una clasificación de los productos de acuerdo con la regla de Pareto-Análisis ABC (ver tabla 1):

*Tabla 1. Participación estimada para cada clasificación*

<b>Participación estimada</b>	<b>Clasificación</b>
<b>0-80%</b>	A
<b>81%-95%</b>	B
<b>96%-100%</b>	C

*Fuente: Ballou, 2004*

Después se va a realizar la sumatoria de los productos de acuerdo con su tipo de clasificación y se tendrá que calcular el porcentaje de categoría sobre el total, seguidamente, se va a calcular la cantidad total de ingresos de cada categoría y asimismo, el porcentaje total de ingreso de cada categoría. Una vez determinados los productos con clasificación tipo A, se va a realizar un análisis en el que se escogen las materias primas de mayor uso para estos productos.

#### **1.4 Identificación de criterios para la selección de proveedores de la empresa en estudio**

Para establecer los criterios de selección de proveedores, va a ser necesario el diseño y aplicación de un instrumento de medición o encuesta a los tomadores de decisiones que participan en el proceso de selección de proveedores de la empresa en estudio. La encuesta va a ser diseñada para identificar los criterios que actualmente se utilizan en el proceso de selección de proveedores de la empresa, así como para determinar si hay inquietud por otros criterios que tengan los tomadores de decisiones para aplicar más adelante en la compañía. De esta manera se van a identificar criterios cualitativos y cuantitativos; una vez identificados, se va a poder realizar una aproximación-comparación entre los criterios de selección de proveedores reportados en la literatura y los criterios que consideran de mayor interés los tomadores de decisiones en la compañía al momento de realizar una compra. Cabe hacer

mención, que los criterios que se van a proponer en el instrumento de medición son resultado de la revisión presentada en el apartado 2.1.2 y que comunmente son utilizados en estudios de selección de proveedores, sin embargo, va a quedar abierta la opción de agregar otros criterios que son de interés para los tomadores de decisiones. La aplicación de la encuesta se va a realizar con la ayuda del jefe del departamento de Compras. Los encuestados van a ser de distintos departamentos dentro de la empresa que están involucrados en la selección de proveedores.

## 2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### a. Insumos o productos a comprar

Los resultados de la aplicación mencionada en el apartado 2.3, se presentan resumidos en la siguiente tabla.

*Tabla 2. Análisis ABC para productos farmacéuticos*

Clasificación	Número de productos	% de categoría sobre el total	Ingresos (millones de pesos)	% Total de ingresos
A	18	40.00%	\$ 703	79.34%
B	11	24.44%	\$ 139	15.65%
C	16	35.56%	\$ 44	5.01%
<b>TOTAL=</b>	<b>45</b>	<b>100.00%</b>	<b>\$ 886</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente: Elaboración propia*

clasificación ABC se obtuvo que 18 productos están en la clasificación A; 11 en la clasificación B y, por último, 16 en la clasificación C, entre las cuales destacan las materias primas denominadas, Lactosa monohidratada y Celulosa microcristalina, a las cuales vamos a denominar como MP1 y MP2 respectivamente. Sin embargo, se decidió trabajar con la MP1 ya que se usa en la mayoría de los productos con clasificación A en comparación con la MP2. La MP1 es utilizada en la producción de medicamentos sólidos orales (tabletas) ya que la mayoría de los productos clasificados como A son tabletas.

### b. Criterios identificados para la selección de proveedores de la empresa en estudio

De acuerdo con las pruebas piloto realizadas con el instrumento mencionado en el apartado 2.4 destacan los siguientes criterios que fueron seleccionados con mayor frecuencia: (ver tabla 3).

*Tabla 3. Principales criterios seleccionados de las pruebas piloto del instrumento aplicado*

1. Flexibilidad	7. Ubicación geográfica
2. Precio	8. Equipo e infraestructura
3. Calidad	9. Cumplimiento de acuerdos y procedimientos
4. Entrega a tiempo	10. Servicio al cliente
5. Reputación y posición en la industria	11. Capacidad de embalaje
6. Financiamiento	

*Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo con los resultados obtenidos en la

Los criterios de la Tabla 3, fueron seleccionados de entre un conjunto de ellos obtenido de la consulta a la literatura y de la aplicación de las pruebas piloto, sin embargo, queda abierta la posibilidad de depurar o adicionar otros de acuerdo con los resultados que se obtengan posteriormente de habersido aplicados a todo el personal dentro de la empresa involucrada en materia de selección de proveedores.

### c. Establecimiento de la calificación de los criterios

A partir de la consulta a la literatura y de las opiniones de personal involucrado con la selección de proveedores, se construyó la propuesta para la calificación de los criterios, que se presenta en la siguiente tabla:

*Tabla 4. Propuesta de escala para la calificación de los criterios para la selección de proveedores*

Criterio	Escala de medición	Calificación
Precio	En pesos	
Calidad	Porcentaje de cumplimiento en las especificaciones fisicoquímicas con respecto al total: *100 % (todas) *99-85% (mayoría) *84-60 % (casi mayoría) * <59% (minoría)	100% 90% 75% 10%
Entrega a	Desviación conforme a	

tiempo	la fecha de entrega acordada: -1-5 días -6-10 días -11-15 días ->15 días	100% 80% 40% 10%
Flexibilidad	Capacidad de producción en kg	
Reputación y posición en la industria	-Más de 30 años en el mercado -De 20 a 29 años en el mercado -De 10 a 19 años en el mercado -Menos de 10 años en el mercado	100% 85% 60% 20%
Financiamiento	Plazo en días:  -120 días o más -90 días -30 días -15 días	100% 80% 50% 10%
Ubicación geográfica	Distancia en km	
Equipo e Infraestructura	-Reciente y automatizado  -Reciente y manual  -Medio uso -Obsoleto	100% 85% 60% 10%
Cumplimiento de acuerdos y procedimientos	Cambio de producto o reembolso en: - los primeros 5 días  - los primeros 10 días  - los primeros 15 días	100% 65% 20%
Servicio al	-Envío de muestras	100%



### 3. CONCLUSIONES

De acuerdo con la literatura revisada, se puede concluir que las tres herramientas multicriterio propuestas para la realización del presente trabajo, han estado involucradas en el problema de la selección de proveedores, en estudios llevados a cabo por diversos investigadores. El AHP, por ejemplo, ha sido utilizado por autores como Ghodsypour & O'Brien, (1998), Kokangul & Susuz, (2009), Seema & Kumar, (2014), entre otros, que los han empleado con resultados bondadosos.

Por su parte, el DEA ha mostrado sus virtudes como soporte para la selección de proveedores en diversos sectores industriales, según lo indican estudios como el de De Boer, Labro, & Morlacchi, (2001).

En cuanto al QFD, también se tienen aplicaciones en el tema que nos ocupa; para muestra se tienen los trabajos de Osorio et al. (2011) y Yadavalli, Darbari, Bhayana, Jha, & Agarwal, (2019).

Resultará interesante hacer un comparativo de las ventajas y desventajas de las herramientas anteriores, abordando un caso semejante, pero, sobre todo, verificar la consistencia de sus resultados.

De acuerdo con el objetivo general del presente trabajo de investigación que es desarrollar un proceso para la selección de proveedores, que incorpore los criterios establecidos por los decisores y los que se sugieren en la literatura, haciendo uso de enfoques multicriterio empleados por los especialistas del área, con lo referido y propuesto al momento, se espera que

el hecho de aplicar AHP, DEA y QFD conduzca a resultados consistentes.

### 4. REFERENCIAS

- Aparicio Baeza, J. (2012). Una Introducción al Análisis Envolvente de Datos. *Sociedad de Estadística e Investigación Operativa*, (September), 6. Consultado de <http://www.seio.es/BEIO/Una-introducci-n-al-an-lisis-envolvente-de-datos.html>
- Ávila, S. L., & Osorio, J. C. (2015). Multiobjective Fuzzy Programming Model for Suppliers Selection. *Revista EIA*, 12, 163–174.
- Ballou, R. (2004). Logística, Administración de la cadena de Suministro. In *Logística. Adm. la cadena Suminist.* <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bhutta, M. K. S. (2003). Supplier selection problem: methodology literature review. *Journal of International Information Management*, 12(2), 5. <https://doi.org/http://scholarworks.lib.csusb.edu/jiim/vol12/iss2/5>
- Choi, T. Y., & Hartley, J. L. (1996). An exploration of supplier selection practices across the supply chain. *Journal of Operations Management*, 14(4), 333–343. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(96\)00091-5](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(96)00091-5)
- Dargi, A., Anjomshoae, A., Galankashi, M. R., Memari, A., & Tap, M. B. M. (2014). Supplier selection: A fuzzy-

- ANP approach. *Procedia Computer Science*, 31(I tqm), 691–700.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.05.317>
- De Boer, L., Labro, E., & Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7(2), 75–89.  
[https://doi.org/10.1016/S0969-7012\(00\)00028-9](https://doi.org/10.1016/S0969-7012(00)00028-9)
- Elanchezhian, C., Ramnath, B. V., & Kesavan, D. R. (2010). Vendor Evaluation Using Multi Criteria Decision Making Technique. *International Journal of Computer Applications*, 5(9), 4–9.  
<https://doi.org/10.5120/943-1321>
- Gencer, C., & Gürpınar, D. (2007). Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm. *Applied Mathematical Modelling*, 31(11), 2475–2486.  
<https://doi.org/10.1016/j.apm.2006.10.002>
- Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, 56–57, 199–212.  
[https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(97\)00009-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00009-1)
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16–24.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.009>
- Kahraman, C., Cebeci, U., & Ulukan, Z. (2003). Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics Information Management*, 16(6), 382–394.  
<https://doi.org/10.1108/09576050310503367>
- Kirytopoulos, K., Leopoulos, V., & Voulgaridou, D. (2008). Supplier selection in pharmaceutical industry: An analytic network process approach. *Benchmarking*, 15(4), 494–516.  
<https://doi.org/10.1108/14635770810887267>
- Kokangul, A., & Susuz, Z. (2009). Integrated analytical hierarch process and mathematical programming to supplier selection problem with quantity discount. *Applied Mathematical Modelling*, 33(3), 1417–1429.  
<https://doi.org/10.1016/j.apm.2008.01.021>
- Kumar, S., Kumar, S., & Barman, A. G. (2018). Supplier selection using fuzzy TOPSIS multi criteria model for a small scale steel manufacturing unit. *Procedia Computer Science*, 133, 905–912.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.097>
- Liu, J., Ding, F. Y., & Lall, V. (2000). Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement. *Supply Chain Management*, 5(3), 143–150.



<https://doi.org/10.1108/1359854001033889>

3

- Nydick, R. L., & Hill, R. P. (1992). Using the Analytic Hierarchy Process to Structure the Supplier Selection Procedure. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 28(2), 31–36. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493x.1992.tb00561.x>
- Osorio, J. C., Arango, D. C., & Ruales, C. E. (2011). Selección de proveedores usando el despliegue de la función de calidad difusa.
- Pal, O., Gupta, A. K., & Garg, R. K. (2013). Supplier Selection Criteria and Methods in Supply Chains: A Review. *International Journal of Social, Education, Economics and Management Engineering*, 7(10), 27–33.
- Paul, S., Chakraborty, R., & Ayuby, S. (2011). Selection of Suppliers through Different Multi-Criteria Decision Making Techniques. *Global Journal of Management and Business Research*, 11(4), 1–12.
- Peña, L. A., & Rodríguez, Y. L. (2018). Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta. *Ingeniería*, 23(3), 230–251. <https://doi.org/10.14483/23448393.13316>
- Ruíz, A. J., Mendoza, A., & Rosas, A. (2013). Modelo para la planificación en la cadena de suministro: Selección y asignación a proveedores en el caso de lotes fijos. *Ingeniería y Desarrollo*, 31(1), 1–21.
- Sarkis, J., & Talluri, S. (2002). A Model for Strategic Supplier Selection. *Journal of Supply Chain Management*, 38(4), 18–28. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493x.2002.tb00117.x>
- Seema, N. A., & Kumar, D. (2014). An analytical approach to supplier selection problem. *International Journal of Indian Culture and Business Management*, 9(2), 164. <https://doi.org/10.1504/ijicbm.2014.064187>
- Shendryk, V., Bychko, D., Parfenenko, Y., Boiko, O., & Ivashova, N. (2019). Information system for selection the optimal goods supplier. *Procedia Computer Science*, 149, 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.107>
- Shyur, H. J., & Shih, H. S. (2006). A hybrid MCDM model for strategic vendor selection. *Mathematical and Computer Modelling*, 44(7–8), 749–761. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2005.04.018>
- Taherdoost, H., & Brard, A. (2019). Analyzing the Process of Supplier Selection Criteria and Methods. *Procedia Manufacturing*, 32, 1024–1034. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.317>
- Toskano Hurtado, G. B. (2005). The Analytic Hierarchy Process (AHP) as a Tool for Making Decisions in the Selection of Suppliers. *Tesis Digitales UNMSM*, 100. Retrieved from [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano\\_hg/cap3.pdf%0Ahttp://www.jstor.org/stable/978380?origin=crossref](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano_hg/cap3.pdf%0Ahttp://www.jstor.org/stable/978380?origin=crossref)

Yadavalli, V. S., Darbari, J. D., Bhayana, N., Jha, P. C., & Agarwal, V. (2019). An integrated optimization model for selection of sustainable suppliers based on customers' expectations. *Operations Research Perspectives*, 6(October 2018), 100113.

<https://doi.org/10.1016/j.orp.2019.100113>

Yücenur, G. N., Vayvay, Ö., & Demirel, N. Ç. (2011). Supplier selection problem in global supply chains by AHP and ANP approaches under fuzzy environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 56(5–8), 823–833. <https://doi.org/10.1007/s00170-011-3220-y>