



## Planta para la Obtención de Biodiesel a Partir de Aceite de Moringa Oleífera

(Plant to Obtain Biodiesel from Moringa Oleífera Oil)

Recibido: 05/05/2020 Aprobado: 30/09/2021

**Rusmery Salcedo.** Universidad Dr. Rafael Bellosó Chacín  
ORCID: 0000-0003-2134-8279 / [srusmery@gmail.com](mailto:srusmery@gmail.com)

**Ronald Brice.** Universidad Dr. Rafael Bellosó Chacín  
ORCID: 0000-0002-2361-8378 / [bbricerr@gmail.com](mailto:bbricerr@gmail.com)

### Resumen

El objetivo general de esta investigación fue proponer la creación de una planta para la obtención de biodiesel a partir de aceite de Moringa Oleífera. Estuvo sustentada teóricamente en aportes de autores como Sapag Chain, Sapag Chain y Sapag Puelma (2013), Miranda (2014), Baca (2013), Cartay (2010), entre otros. La investigación fue de tipo descriptiva, documental, así como proyecto factible, con un diseño bibliográfico, no experimental - transeccional. La técnica de análisis y recolección de datos se basó en un estudio documental de diferentes informes, publicaciones, artículos, datos estadísticos, cotizaciones de proveedores, que permitieron construir las categorías, sub-categorías y elementos de análisis relacionados al tema de investigación. Entre las categorías analizadas están el estudio de mercado para identificar la demanda potencial insatisfecha; la categoría de aspectos técnicos, donde se identificó el desarrollo operacional del proyecto. Por otra parte, se definieron los aspectos organizacionales, así como los aspectos legales en torno al proyecto. Por último, se elaboraron los aspectos económicos que permitieron establecer la rentabilidad del proyecto. Una vez analizados los resultados de la investigación, se evidenció la factibilidad de la creación de una planta para la obtención de biodiesel a partir de aceite de Moringa Oleífera, puesto que el proyecto genera altos índices de rentabilidad económica.

**Palabras claves:** planta industrial, biodiesel, moringa, aceite, proyecto.

### Abstract

The present research had as general objective to propose the creation of a plant to obtain biodiesel from Moringa Oleífera oil. It was supported theoretically in contributions of authors like Sapag Chain, Sapag Chain & Sapag Puelma (2013), Miranda (2014), Baca (2013), Cartay (2010), among others. Methodologically, the research was framed within descriptive, documentary and feasible project definitions, with a bibliographic, non-experimental and transeccional design. The technique of analysis and data collection was based on a documentary study of different reports, publications, articles, statistical data and supplier quotations that allowed to construct the categories, subcategories and elements of analysis related to the subject of research. Within the main categories analyzed, the market study



was carried out to identify the unsatisfied potential demand to be covered with the product offered, and the category of technical aspects was elaborated, where the operational development of the project was identified. On the other hand, the organizational and legal aspects were defined around the project and finally the economic aspects were elaborated that allowed to establish the profitability of the project. Once the results of the research were analyzed, it was demonstrated that it is feasible to create a plant to obtain biodiesel from Moringa Oleífera oil because the project generates high rates of economic profitability.

**Key words:** industrial plant, biodiesel, moringa, oil, project

## Introducción

Desde épocas prehistóricas, la humanidad se ha dedicado tanto a la utilización como al aprovechamiento de los diferentes recursos energéticos que se pueden encontrar en la naturaleza. El hombre siempre ha necesitado del uso de energías para su subsistencia; a lo largo del tiempo ha ido encontrando y aplicando nuevas fuentes en función de sus necesidades. Básicamente se distinguen dos tipos fundamentales de energía: las renovables y las no renovables. Dentro de las no renovables se encuentran los combustibles fósiles, considerados como los principales proveedores de fuentes energéticas a nivel mundial.

Gran parte del desarrollo de la humanidad se ha basado en el uso continuo de combustibles fósiles, tales como petróleo, carbón y gas natural. Estos constituyen la fuente de energía básica en el sector industrial, dándosele una gran cantidad de usos y aplicaciones en el sector transporte, la industria energética, inclusive en la rama cosmética. Es tanto el uso dado a estos recursos, según datos de la International Energy Agency (IEA, 2015), se registra un consumo de energía mundial procedente de combustibles fósiles de alrededor del 82%.

Dichos recursos naturales son limitados tal como lo pronosticó King Hubbert en 1956 (Deffeyes, 2009), en su estudio Nuclear Energy and the Fossil Fuels realizado para predecir la producción petrolera de los Estados Unidos entre 1956 y 1970. Con esta investigación se comenzó a implantar la teoría del pico de Hubbert o el cenit del petróleo, donde se plantea que la producción mundial de petróleo llegará a su cenit y después declinará tan rápido como creció, extraer el petróleo será mucho más difícil o comenzará a fluir cada vez más despacio, por ende, la producción irá disminuyendo potencialmente.

De allí que en países donde el uso de combustibles fósiles constituye una fuente de ingresos fundamental para sus economías, serán evidentes consecuencias como tasas de inflación elevada, reducciones de empleo, tensiones sociales y crisis económicas. Debido a esto, la reducción o extinción del aprovechamiento de los recursos naturales, significa una amenaza para estas naciones que carecen de otras actividades capaces de soportar su desarrollo económico.

No sólo la extinción de los combustibles fósiles es tema de preocupación; el planeta Tierra se ha visto y cada vez se ve más afectado por la indiscriminada explotación de sus recursos naturales. Estudios del IEA (2015) difundidos en su publicación CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, aseguran que las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ascienden a 32.000 millones de toneladas métricas provenientes de la quema de combustibles fósiles. Aunado a esto, la explotación de tierras y contaminación de las aguas del planeta como consecuencia del uso habitual de este tipo de combustibles.

Debido a lo anteriormente mencionado, existe una gran preocupación y atención en el mundo acerca de la problemática energética; evidentemente la población mundial está aumentando y por ende la demanda de energía incrementa en nivel proporcional. De allí que,



poco a poco se esté fomentando el uso de energías renovables que podrían sustituir en gran medida a las convencionales, esto con el fin de reducir la dependencia energética por parte de los combustibles fósiles, además de contribuir a la preservación del planeta Tierra.

Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana; se renuevan continuamente, a diferencia de los combustibles fósiles, de los cuales existen unas determinadas cantidades o reservas agotables en un plazo más o menos determinado. Las principales formas de energías renovables existentes son: la biomasa, hidráulica, eólica, solar, geotérmica y las energías marinas (Roldan, 2013).

Por otra parte, el término biomasa abarca un conjunto muy heterogéneo y variado de materia orgánica, se emplea para denominar a una fuente de energía basada en la transformación de la materia orgánica utilizando normalmente, un proceso de combustión (San Miguel y Fernández, 2015). Los productos procedentes de la transformación física, química o biológica de las fuentes de biomasa utilizados como combustibles se denominan biocombustibles.

Los biocombustibles, también llamados biocarburantes, se utilizan para sustituir el uso de combustibles derivados del petróleo en los motores. Entre ellos se encuentra el biodiesel, el cual corresponde a un combustible renovable, derivado de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, obtenido a través de un proceso industrial relativamente simple de transesterificación del aceite vegetal o animal y es utilizado para sustituir total o parcialmente el gasóleo (diesel) de automoción. Después del proceso y a diferencia del aceite que le dio origen, el biodiesel (éster metílico) tiene una viscosidad semejante a la del diesel derivado del petróleo y puede reemplazarlo en los usos más comunes.

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2010), señala entre los beneficios de este biocombustible, ser una fuente de energía limpia, renovable, de calidad y económicamente viable, además de que contribuye con la conservación del medioambiente, lo cual representa una alternativa a los combustibles fósiles. A su vez, se trata de un combustible biodegradable, cuyo uso disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y óxidos de azufre; también reduce entre 60% y 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemados. Puede ser producido económicamente en un amplio rango de lugares tanto rurales como urbanos, en diferentes escalas para autoconsumo o a nivel comercial.

En cuanto a la materia prima para la producción de biodiesel, esta tiende a proceder mayoritariamente de los aceites extraídos de plantas oleaginosas, especialmente girasol, soja y colza. Sin embargo, cualquier materia que contenga triglicéridos puede utilizarse para la producción de biodiesel (girasol, colza, soja, aceites de fritura usado, sebo de vaca, grasa de pollo y de pescado, entre otros).

En el mismo orden de ideas, Olivares (2011) plantea nuevas materias primas para la producción de biodiesel; una planta arbustiva llamada Moringa Oleífera, la cual tiene una gran plasticidad ecológica, ya que es capaz de adaptarse a las más diversas condiciones climáticas. Su valor nutricional y los elevados rendimientos de biomasa, la hacen un recurso fito-genético de importancia en los sistemas de producción, el cual puede ser consumido por diversas categorías de animales.

Adicionalmente, Kato, Flexor y Recalde (2012) recomiendan la Moringa Oleífera para la producción de biodiesel por considerarse un cultivo atractivo, fundamentalmente porque sus semillas contienen un 31-47% de aceite. Este puede ser extraído por el método de extracción mecánica tradicional y luego se procede a la obtención del biodiesel a través del proceso químico de transesterificación, conllevando a que la producción de biodiesel está creciendo aceleradamente en los últimos años.



Según la Bolsa de Comercio del Rosario (2015), para el año 2014 la Unión Europea encabezó la lista de productores mundiales de biodiesel con 11.750.000 toneladas de biodiesel (principalmente por procesamiento de aceite de colza), siguiéndoles Estados Unidos con 4.250.000 toneladas (insumo principal el aceite de soja), Brasil con 3.000.000 toneladas (principalmente aceite de soja), Indonesia con 2.900.000 toneladas, producto del procesamiento de aceite de palma y Argentina con una producción de 2.580.000 toneladas.

El mercado europeo, además de ser el principal productor a nivel mundial, constituye también el mayor consumidor de este biocombustible debido al desarrollo de los biocarburantes como parte del cumplimiento de políticas adquiridas para reducir la dependencia energética y disminuir las emisiones contaminantes del sector transporte. Así mismo, ha establecido metas fijas a largo plazo en cuanto al uso de biodiesel, por lo tanto, es un mercado altamente competitivo, en continuo desarrollo y crecimiento en el campo de los biocombustibles.

De esta manera, se evidencia que la producción de biodiesel no sólo representa una fuente de energía más limpia y un elemento clave en la diversificación de la demanda energética, sino que también establece un segmento atractivo del mercado, al ofrecer un sólido potencial actual y a largo plazo de inversiones, generando independencia económica para diversos países.

Venezuela por su parte, es un país totalmente dependiente de fuentes de energías provenientes de los combustibles fósiles, a lo cual se le suma una carencia de políticas y marcos regulatorios en materia de cambio climático, lo cual impide el desarrollo de las energías alternativas para contribuir a satisfacer la demanda energética de la población y abrir las posibilidades de abordar nuevos mercados de energías renovables que están surgiendo a nivel mundial.

Como es del dominio público, el país se ha visto inmerso en una crisis económica en los últimos años, en parte por la disminución de entradas de divisas a la nación, provocado por el actual declive en los precios del petróleo. Dicha situación ha ido afectando paulatinamente la economía venezolana, la cual es altamente dependiente de los ingresos obtenidos por la venta de este hidrocarburo. De manera puntual, el estado Zulia ha ocupado un lugar protagónico en la industria petrolera del país, ya que los principales campos de crudos livianos se identificaron y explotaron en la cuenca del Lago de Maracaibo, además de ser un espacio volcado a interacciones terrestres y marítimas con Colombia, el Caribe y Estados Unidos.

Así mismo, las relaciones comerciales con Panamá ofrecen conexiones globales, lo cual abre enormes posibilidades de interacción con muchos otros mercados. Sin embargo, en temas de proyectos para producir biodiesel en el estado Zulia, solo se han realizado algunas investigaciones sobre la obtención y producción de este biocombustible a partir de aceites vegetales o aceites residuales, contemplando únicamente el proceso químico para su producción, sin llegar a concretarse en proyectos industriales.

En tiempos de máxima competitividad en el mundo por el levantamiento industrial de grandes naciones, el surgimiento de nuevas tecnologías y formas de energías alternativas, conciencia en cuanto al cuidado y preservación de la tierra, así como el desarrollo notorio de las políticas de inserción competitiva de los países latinoamericanos al mercado mundial, se hace evidente la necesaria recuperación y repotenciación de la capacidad productiva de las industrias zulianas y venezolanas, por ende plantear nuevas propuestas para la incursión del país en mercados diferentes al petrolero; propuestas que deben impulsar el fortalecimiento industrial de Venezuela, para convertirla en un país capaz de aprovechar los recursos disponibles de manera oportuna con el propósito de responder de manera efectiva a los cambios energéticos, tecnológicos y económicos que se avecinan dentro del mercado global.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, surgió la necesidad de proponer la creación de una planta para la obtención de biodiesel a partir de aceite de Moringa Oleífera, para ser exportado hacia el mercado europeo. Dicha propuesta contribuiría al desarrollo económico del país, abriendo



horizontes en mercados internacionales y disminuyendo así la dependencia que existe en cuanto al uso de recursos energéticos no renovables como principal fuente de ingresos económicos de la nación.

### **Objetivo**

Proponer la creación de una planta para la obtención de biodiesel a partir de aceite de Moringa Oleífera.

### **Metodología**

La presente investigación contempló una serie de análisis estadísticos que permitieron diagnosticar la situación actual del mercado del biodiesel en la Unión Europea, dado que la propuesta de creación de la planta estuvo enfocada hacia el mercado internacional. En este sentido, la investigación fue descriptiva. De acuerdo con Tamayo y Tamayo (2014) el propósito de este nivel de investigación es el de interpretar realidades de hecho, hacer énfasis sobre conclusiones dominantes. Por otra parte, con la propuesta de la creación de una planta para la obtención de biodiesel, se pretendió dar solución a una problemática planteada, razón por la cual, la investigación también se catalogó como proyecto factible, en la cual se proponen alternativas de cambio, pero sin ejecutar la propuesta (Hurtado, 2015).

Por tratarse de una investigación en la cual se analizaron una serie de documentos los cuales sirvieron para elaborar la propuesta planteada, se consideró como una investigación con diseño bibliográfico en concordancia con Arias (2012). Así mismo, se formularon categorías y subcategorías de estudio, pero sin la intervención directa de los investigadores, por lo que también se le definió como no experimental, con base en lo expuesto por Hernández, Fernández y Baptista (2014), es decir se observaron los fenómenos en su contexto natural para después analizarlos.

En el mismo orden de ideas, por ser una investigación de tipo documental, la población objeto de estudio quedó conformada por la información recabada de una serie de documentos relacionados con cada una de las subcategorías y elementos de análisis estudiados, entre los cuales se pueden destacar los catálogos, especificaciones técnicas de equipos, maquinarias, listas de precios, manuales de procesos e información de fabricantes, informes, revistas, publicaciones técnicas y científicas, así como cualquier otro documento concerniente a la investigación realizada (Tamayo y Tamayo, 2014).

### **Resultados**

#### **Categoría: Estudio de mercado**

La primera parte de la investigación consistió en el estudio de la demanda y análisis de precios como parte del estudio de mercado (Baca, 2013), que permitieron determinar el mercado potencial para el producto y evaluar las posibilidades de penetración del mismo para luego determinar aspectos técnicos, organizacionales y económicos, en aras de determinar la factibilidad de la creación de una planta para la obtención de biodiesel a partir de aceite de Moringa Oleífera.

En el cuadro 1 se muestran las principales características del biodiesel, como son baja viscosidad, alto grado de inflamabilidad y alto contenido de azufre, una energía renovable que puede sustituir las energías convencionales, y así reducir la dependencia energética del petróleo, además de contribuir a la preservación del medio ambiente.

Cuadro 1  
*Características del producto (Biodiesel, B100)*

Propiedades	Unidad	Valor
Densidad a 15°C	kg/m <sup>3</sup>	875
Viscosidad a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	4.8
Índice de Cetano	-	67
Punto de Inflamabilidad	°C	162
Punto de enturbiamiento	°C	17
Estabilidad a la oxidación	h	3
Lubricidad	HFRF; μm	139
Contenido de Azufre	%	162
Contenido en cenizas de sulfatos	%	0.0124
Valor ácido	mg KOH/g	0.38
Contenido en metanol	%	0.165
Glicerina libre	%	0.012
Glicerina total	%	0.196

Fuente: Elaboración Propia (2018)

### **Demanda**

La demanda de biodiesel en la Unión Europea es una de las más grandes a nivel mundial, como consecuencia de que el biodiesel es uno de los biocombustibles más utilizados en esta región. Este mercado se desarrolla a través de la producción nacional, pero al mismo tiempo depende significativamente de las importaciones provenientes de otros grandes productores de biodiesel. Para la estimación de la demanda, se tomaron datos de la Red Mundial de Información Agrícola perteneciente al Servicio de Agricultura extranjera del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Usda, 2017), donde se reportan los datos de las exportaciones, importaciones y producción nacional de biodiesel en la Unión Europea. En el cuadro 2 se muestran antecedentes del consumo nacional aparente de biodiesel.

Cuadro 2.  
*Histórico del Consumo Nacional Aparente de biodiesel en la UE (TON)*

Años	2013	2014	2015	2016
Exportaciones	364.000,00	160.125,00	212.625,00	280.000,00
Importaciones	1.218.875,00	553.000,00	470.750,00	463.750,00
Producción	10.485.125,00	11.673.375,00	11.843.125,00	11.970.000,00
Consumo nacional aparente	11.340.000,00	12.066.250,00	12.101.250,00	12.153.750,00

Fuente: Elaboración Propia (2018)

### **Análisis del precio**

Para analizar los precios del mercado de biodiesel en la Unión Europea (Food and Agriculture Organization [FAO], 2017), se partió de la premisa de que en este mercado se

manejan diferentes importes, por lo tanto se tomaron en cuenta los precios de la producción nacional sobre importaciones como de exportaciones, para establecer un precio promedio histórico del biodiesel, tal como se muestra en el cuadro 3. Los precios de importación y exportación no incluyen los costos de fletes ni nacionalización pagados por la Unión Europea, es decir, representan los precios de compra/venta en la aduana del país declarante.

Cuadro 3.  
*Histórico del Precio de biodiesel en la UE (EUR/TON)*

Año	Producción Nacional	Importación	Exportación	Precio promedio
2013	753,21	1.188,20	1.009,61	983,67
2014	778,23	1.115,34	1.149,46	1.014,34
2015	899,24	1.176,11	1.180,24	1.085,20
2016	925,32	1.221,98	1.210,69	1.119,33
<b>Precio Promedio General</b>				<b>1.050,64</b>

Fuente: Elaboración Propia (2018)

### Categoría: Aspectos técnicos

El estudio de la categoría de aspectos técnicos de la planta, abarcó una revisión minuciosa para determinar el desarrollo operacional del proyecto (Sapag Chain et al., 2013). El mismo permitió también establecer las bases necesarias para el estudio económico, el análisis de una serie de factores para determinar el tamaño más conveniente, la identificación de la localización final apropiada, la selección del proceso productivo para la obtención del producto y la estimación del periodo operacional de la planta.

El tamaño de la planta fue definido específicamente según el análisis de las características del mercado de consumo y del mercado de proveedores de biodiesel en la Unión Europea, donde se determinó la demanda potencial insatisfecha, definiendo como premisa cubrir 3% de dicha demanda y establecer el tamaño óptimo de la planta en 70.000 m<sup>2</sup>, para una capacidad instalada de la planta de aproximadamente 800.000 toneladas de biodiesel al año. De la misma manera, se estableció una capacidad utilizada para el primer año del 60% de la capacidad instalada y en la medida en que se pueda penetrar al mercado y se mejore la eficiencia empresarial, ir incrementando la capacidad utilizada hasta llegar al tope dado por la capacidad instalada.

Se plantearon las siguientes tres opciones (sitios) para la localización de la planta, tomando en cuenta criterios para la mitigación de riesgos y reducir sobre costos de operación, como cercanía a los mercados y disponibilidad de los insumos, materia prima y productos, las vías de acceso y medios de comunicación adecuados, proximidad a puertos y aeropuertos: Opción 1, Municipio Santa Rita; Opción 2, Municipio Maracaibo; Opción 3, Municipio Cabimas.

Se asignaron pesos en una escala del 0 al 5, a cada criterio a fin de evaluar cada alternativa y determinar la mejor opción para la localización de la planta. Con base en el procedimiento descrito, la alternativa seleccionada para la localización de la planta fue el municipio Maracaibo por ser la que obtuvo la mayor puntuación (4,85), por ser la más cercana a los puertos de exportación y contar con excelentes vías de fácil acceso, tal como se observa en la tabla 1.

Tabla 1  
*Factores ponderados de localización*

Factor ponderado	Peso	Opciones					
		1		2		3	
		Calificación	Calificación Ponderada	Calificación	Calificación Ponderada	Calificación	Calificación Ponderada
Disponibilidad de materia prima	0,15	4	0,6	4	0,6	3	0,45
Proximidad de puertos	0,40	3	1,2	5	2	2	0,8
Vías de acceso	0,25	4	1	5	1,25	4	1
Disponibilidad de terrenos	0,20	5	1	5	1	5	1
	1,00		3,80		4,85		3,25

Fuente: Elaboración Propia (2018)

### **Ingeniería del producto**

En esta sub-categoría se analizó principalmente, el tipo de proceso productivo bajo el cual operará la planta y a su vez se realizó la descripción detallada del proceso de transformación de la materia prima para obtener el biodiesel, sintetizado en la figura 1, lo cual permitió elaborar las listas de materia prima, materiales y equipos necesarios para ejecutar el proceso (Miranda, 2014). Así mismo, se estimó el periodo operacional de la planta y se elaboró la ordenación física de los elementos que constituyen la instalación.



Figura 1. Proceso de producción del biodiesel  
Fuente: Elaboración Propia (2018)

A continuación, se detalla el proceso productivo para la obtención del biodiesel (Olivares, 2011).

a) Refinación del aceite: el aceite es tratado para remover sustancias fosfáticas y reducir el porcentaje de ácidos grasos libres, este proceso se lleva a cabo mediante centrifugación donde el aceite es secado para eliminar del agua.

b) Reacción de transesterificación I: el aceite refinado entra en un reactor continuamente, donde es mezclado con una solución de hidróxido en metanol. Adicionalmente, se agrega metanol en exceso de lo requerido para asegurar una reacción rápida.

c) Reacción de transesterificación II: una vez completada la primera reacción de transesterificación, se separan las dos fases por decantación. La primera, compuesta de ésteres metílicos, aceite sin reaccionar, metanol y jabones, pasa a un segundo reactor donde se vuelve a agregar metanol y catalizador. La segunda fase, que contiene glicerina con restos de metanol, jabones y catalizador, es unida a los otros flujos de glicerina para ser tratados en otro proceso.

d) Lavado: después de una segunda separación por decantación, los ésteres metílicos son lavados por una corriente continua de agua. Tras el lavado y una decantación, el flujo de agua lleva las impurezas, mientras el otro flujo es de ésteres metílicos y agua residual, el cual es secado en un secador al vacío y filtrado para remover partículas sólidas para obtener el biodiesel que es almacenado hasta ser distribuido.

e) Separación de la glicerina: los flujos de glicerina decantadas después de ambas etapas de transesterificación son unidos al flujo del lavado de agua donde se inyecta una solución de ácido clorhídrico, lo que transforma los jabones en ácidos grasos libres. La glicerina se separa de estos ácidos por densidad en un decantador

### Distribución de planta

Una vez definido el proceso productivo y realizado el detalle de los equipos necesarios para producir el biodiesel, se procedió a diseñar la distribución de dichos equipos en el espacio escogido para la construcción de la planta, tomando en cuenta un adecuado orden y manejo de las áreas de trabajo, con la finalidad de minimizar tiempos, espacios y costos. Dicha distribución, como se observa en la figura 2, se realizó un adecuado flujo de la materia prima, el producto en proceso, así como el producto terminado de la forma más eficiente posible (Baca, 2013).

La materia prima será almacenada en la planta dentro de tanques diseñados especialmente para aceites vegetales, metanol e hidróxido de sodio; dicha área contará con vías de acceso terrestre para la descarga del aceite procedente de camiones cisterna. Así mismo, los tanques estarán ubicados estratégicamente para enviar el aceite a la planta de refinación y bombear el metanol e hidróxido de sodio a la planta de producción de biodiesel por medio de sistemas de distribución.

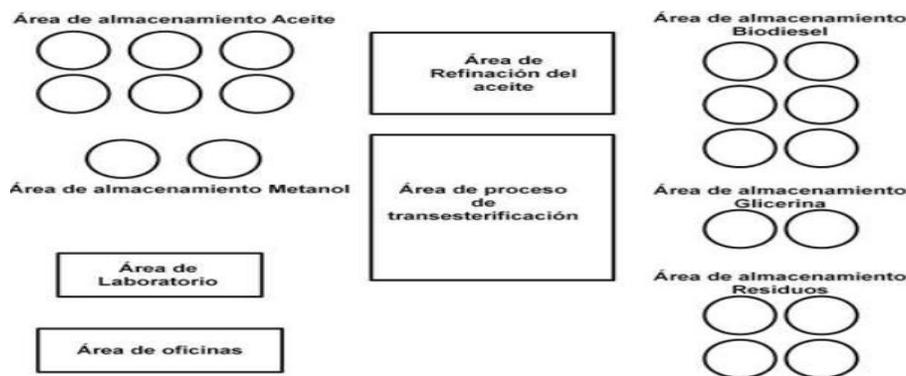


Figura 2. Distribución de planta  
Fuente: Elaboración Propia (2018)

## Aspectos organizacionales

Para el desarrollo de esta categoría se estableció la estructura organizativa de una planta para la obtención de biodiesel a partir de aceite de Moringa Oleífera. Como se observa en la figura 3, se elaboró el organigrama general de la empresa para representar las relaciones de autoridad dentro de las áreas funcionales de la organización. En concordancia con los postulados teóricos de Cartay (2010), la conformación de la organización se concibió como una empresa privada, registrada e inscrita en los entes correspondientes y con los permisos para las operaciones, exportaciones e importaciones necesarias.

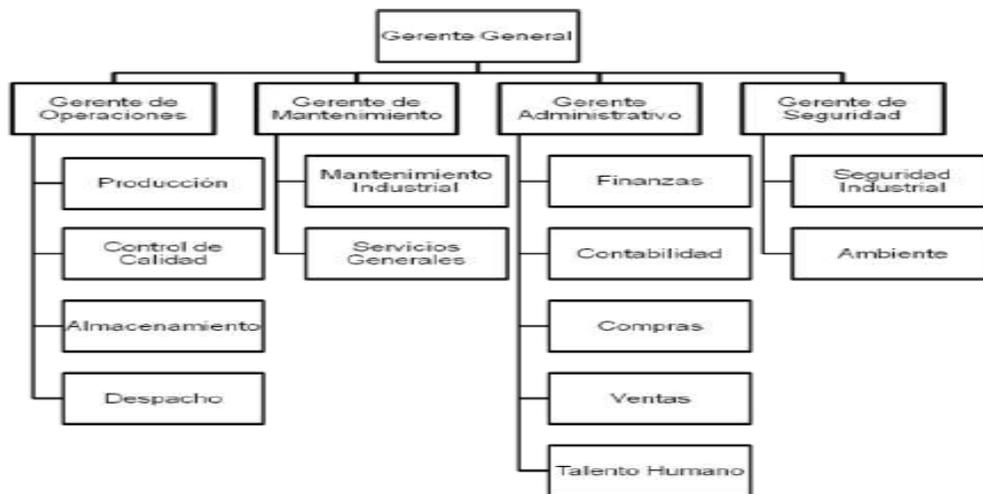


Figura 3. Organigrama general de la Organización  
Fuente: Elaboración Propia (2018)

El modelo de estructura organizacional corresponde al modelo piramidal, liderado por el Gerente General de la empresa, operando con un grupo de profesionales clave a cargo de determinadas áreas funcionales, como lo son; operaciones, mantenimiento, administración y seguridad industrial, acopladas para garantizar el logro de los objetivos y metas.

### Categoría: Aspectos económicos

Como última categoría estudiada en la presente investigación, se elaboró el análisis de los aspectos económicos relacionados con la propuesta de la creación de una planta para la obtención de biodiesel a partir de aceite de Moringa Oleífera. Para esto se realizó una estimación de factores como la inversión inicial necesaria para la puesta en marcha de la planta y el cálculo de los costos directos e indirectos asociados al proceso productivo, tal como lo indica Baca (2013).

Así mismo, se estimaron los ingresos por ventas y se elaboraron los flujos de caja según el horizonte económico definido con anterioridad en el elemento de análisis del periodo operacional de la planta. Todo esto sirvió para calcular índices económicos como el Valor Presente Neto, la Tasa Interna de Retorno y el periodo de recuperación de la inversión, los cuales constituyeron elementos fundamentales para definir la viabilidad económica financiera del proyecto.

Por último, se realizó un análisis de sensibilidad a través del método de simulación de Monte Carlo, que permitió estudiar los índices económicos calculados y su afectación según la variación

de los posibles escenarios económicos del proyecto (Baca, 2013). Todas las cantidades expresadas en esta sub-categoría fueron estimadas en Bolívares (VEF), moneda oficial de Venezuela, así mismo, se realizó la conversión a Euros (EUR), según la tasa de cambio obtenida por el Banco Central de Venezuela (BCV, 2017), establecida por el convenio cambiario N° 33.

### Estructura de costo

Una vez definidos todos los costos directos e indirectos asociados con la producción de biodiesel a partir de aceite de Moringa Oleífera, se procedió a elaborar el formato de la estructura de costos para la producción de una tonelada de biodiesel, tal como se muestra en el cuadro 4 donde se especifica el costo en bolívares y euros para la producción de una tonelada de biodiesel. De acuerdo a Cartay (2010), el valor de la inversión inicial se calculó mediante la estimación de los activos fijos tangibles e intangibles asociados al proyecto; así mismo, se obtuvo el monto asociado al capital de trabajo necesario para la producción de biodiesel durante los primeros tres meses.

Cuadro 4  
Estructura de costos

ESTRUCTURA DE COSTOS					
Descripción: PRODUCCIÓN DE BIODIESEL					
1	Unidad	Cantidad	Rendimiento		
	ton	1,00	2.200,00 ton/DIA		
<b>1.- MATERIALES</b>					
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
M001	Acete de moringa	kg	1.000,00	400,00	400.000,00
M002	Metanol	kg	100,00	268,48	26.848,00
M003	Hidroxido de sodio	kg	3,50	85,00	297,50
M004	Consumibles	sg	1,00	40,00	40,00
Total Materiales:					426.985,50
Unitario de Materiales:					426.985,50
<b>2.- EQUIPOS</b>					
Código	Descripción	Cantidad	Costo	Dep.o Alq.	Total
E01	Planta procesadora	1,00	7.301.732,58	1,00	7.301.732,58
E02	Camion sistema	15,00	573.634,93	1,00	8.604.623,95
Total Equipos:					15.906.256,53
Unitario de Equipos:					7.230,12
<b>3.- MANO DE OBRA</b>					
Código	Descripción	Cantidad	Salario	Total	
L01	Operador de planta	18,00	3.000,00	54.000,00	
L02	Supervisor	6,00	4.500,00	27.000,00	
L03	Chofer	15,00	2.800,00	42.000,00	
L04	Mecanico	6,00	2.200,00	13.200,00	
L05	Obrero	18,00	2.000,00	36.000,00	
			(a) Unitario Salarios :	172.200,00	
			(b) Factor de Sobre Costo Labor:	192,86%	332.104,82
			(c) Bono de Alimentación:	3.600,00	228.800,00
			Costo Total Labor (a+b+c) :	731.104,82	
			Unitario Labor :	332,32	
<b>4. Implementos de Seguridad</b>					55,64
<b>5. SUB-TOTAL ESTIMADO (1+2+3+4):</b>					434.803,58
<b>6. Administración</b>					39.472,79
<b>7 Comercialización</b>					132.820,85
<b>8. SUB-TOTAL ESTIMADO(5+6+7)</b>					606.897,22
<b>9. Contingencia</b>					12.133,94
					2%
<b>10. COSTO UNITARIO (VEF): (8+9)</b>					618.831,16
<b>11. COSTO UNITARIO (EUR): (8+9)</b>					812,79

Fuente: Elaboración Propia (2018)

### Capital de trabajo

Con los datos obtenidos de la estructura de costos para la producción de biodiesel, se procedió a estimar el capital de trabajo necesario para el inicio de las operaciones de la planta de biodiesel y el funcionamiento por tres meses, tiempo en el que se estima comience el flujo de ingresos

producto de la venta del biocombustible. En el cuadro 5 se pueden apreciar los componentes del capital de trabajo, como el costo de producción, la cantidad de producción y el periodo de la misma.

Cuadro 5  
*Capital de trabajo*

Costo producción (VEF)	Cantidad de producción (ton/mes)	Periodo de producción (meses)	Total Capital de trabajo (VEF)	Total Capital de trabajo (EUR)
618.831,16	42.000,00	3	77.972.726.160,00	102.411.082,86

Fuente: Elaboración Propia (2018)

Por último, tal como se aprecia en el cuadro 6, se elaboró un resumen de los desembolsos estimados para activos fijos tangibles e intangibles necesarios para la instalación y puesta en marcha de la planta, así como el capital de trabajo para los primeros tres meses de producción. Al final se muestra el total de la inversión en moneda nacional

Cuadro 6  
*Inversión inicial*

Descripción	Costos (VEF)	Costos (EUR)
Activos Fijos Tangibles	62.852.840.099,98	82.552.031,34
Activos Fijos Intangibles	67.500.000,00	88.855,98
Capital de Trabajo	77.972.726.160,00	102.411.082,86
<b>TOTAL INVERSION INICIAL</b>	<b>140.892.866.259,96</b>	<b>185.051.770,18</b>

Fuente: Elaboración Propia (2018)

### **Flujo de Caja**

Una vez realizadas las estimaciones necesarias del proyecto de inversión para la creación de una planta para la obtención de biodiesel a partir de aceite de Moringa Oleífera, se elaboró el detalle de los flujos de ingresos y egresos de dinero esperados del proyecto en el horizonte económico establecido con anterioridad. Dicho indicador permitió estudiar la liquidez esperada de la empresa. Seguidamente se establecieron las premisas que sirvieron de base para la elaboración del flujo de caja.

a) Las ventas de biodiesel se estimaron que sean de 480.000 toneladas para el primer año, 640.000 toneladas para el segundo año y a partir del tercer año se incrementen a 800.000 toneladas por año durante todo el periodo operacional de la planta. Así mismo, el precio de venta se irá incrementando un 4% anualmente.

b) Se estableció una tasa del 5% de inflación para el cálculo de los costos en el horizonte económico del proyecto. Dicha tasa fue definida según índices inflacionarios analizados para la materia prima y otros costos de producción. Es importante resaltar que los costos asociados a la materia prima son los de mayor impacto en el costo unitario final del producto, para los cuales se tomaron precios referenciales internacionales de mercados más estables.

c) Para la estimación de los gastos financieros asociados al proyecto, se calculó la amortización correspondiente por la obtención de un financiamiento para cubrir el monto total de la inversión inicial. La tasa de financiamiento se tomó según índices del Banco Central de Venezuela (BCV, 2017), la cual es del 24% de interés anual, con un plazo de pago de 24 cuotas mensuales.

d) Tarifa aplicable según Ley de Impuesto sobre la Renta (2014): 34%.

### **Valor Presente Neto (VPN)**

El cálculo del Valor Presente Neto del proyecto de inversión se elaboró para evaluar si según la tasa mínima de rendimiento, establecida como 10%, la cual indica la tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta, es factible recuperar la inversión inicial y además, generar una ganancia adicional después de recuperar dicha inversión (Sapag Chain et al., 2013). Este análisis se realizó con ayuda de una hoja de cálculo de Excel y se obtuvo el siguiente resultado, el cual indica que efectivamente el proyecto maximizaría la inversión.

$$\text{VPN (MVEF)} = 690.407,56$$

### **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

La Tasa Interna de Retorno fue calculada para medir la rentabilidad del proyecto en términos porcentuales, la cual representa la tasa de descuento para la cual el valor presente neto de la inversión arrojaría un resultado de cero. Igualmente, se calculó mediante una hoja de cálculo de Excel y se observó que la Tasa Interna de Retorno para el proyecto en estudio fue de 47%, mayor a la tasa mínima de rendimiento aceptable, demostrando así la rentabilidad del proyecto (Sapag Chain et al., 2013).

$$\text{TIR} = 47\%$$

### **Periodo de recuperación de la inversión**

Por último, se midió el plazo de tiempo requerido para que los flujos netos de efectivo de la inversión recuperen su costo de inversión inicial. Para esto se analizó el flujo de caja calculado y se estimó que la inversión inicial podrá ser recuperada en un periodo máximo de tres años, lo cual representa una gran rentabilidad del proyecto, si se compara con el horizonte económico establecido como 20 años.

$$\text{Periodo Recuperación Inversión} = 2,79 \cong 3 \text{ años}$$

### **Rentabilidad del proyecto**

Una vez analizados los diferentes tipos de índices financieros escogidos para la evaluación económica del proyecto de inversión propuesto, y habiéndose cumplido las siguientes premisas: a) Valor Presente Neto > 0, b) Tasa Interna de Retorno > tasa mínima de rendimiento aceptable y c) periodo de recuperación de la inversión de 3 años, se estableció que la propuesta para la creación de una planta para la obtención de biodiesel a partir de aceite de Moringa Oleífera, además de rentable, representa una alternativa atractiva al inversionista (Miranda, 2014).

### Análisis de Riesgos

Para establecer una mayor confiabilidad en la propuesta presentada, se realizó un análisis de sensibilidad mediante el método de Monte Carlo utilizando el software Crystal Ball (2017), donde se modificaron parámetros como inversión inicial, egresos e ingresos del proyecto y se midió la incidencia de estos parámetros en el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno, lo cual permitió mejorar las estimaciones de riesgos asociados al proyecto de inversión (Project Management Institute [PMI], 2017). A continuación, se detallan las simulaciones realizadas.

**Primera sensibilidad. VPN > 0, TIR > tasa mínima de rendimiento aceptable:** para esta simulación se definieron los parámetros mínimos de aceptación de un proyecto de inversión, los cuales son un Valor Presente Neto mayor a cero como se muestra en la figura 4 y una Tasa Interna de Retorno mayor a la tasa mínima de rendimiento aceptable definida para el proyecto, tal como se observa en la figura 5. Se efectuó la simulación con el software y los resultados obtenidos arrojaron una certeza del 100% de que los indicadores financieros del proyecto serán mayores a los parámetros mínimos de aceptación.

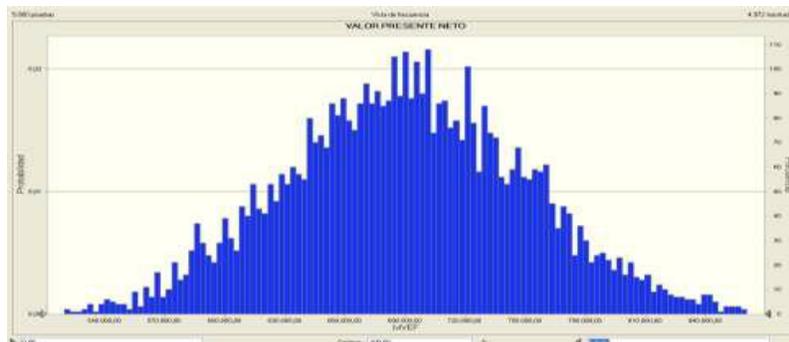


Figura 4. Primera sensibilidad. Valor Presente Neto

Fuente: Elaboración Propia (2018)

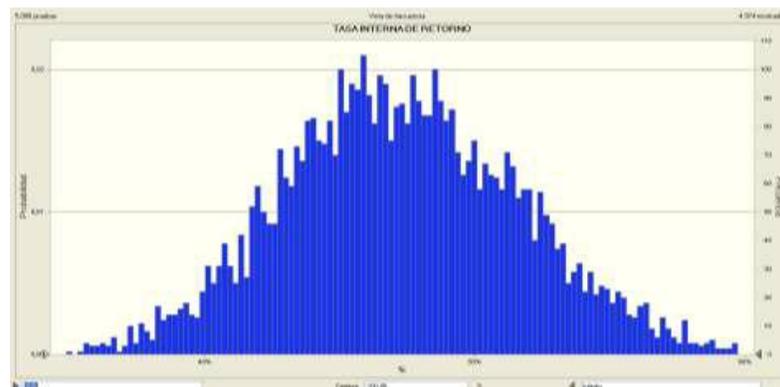


Figura 5. Primera sensibilidad. Tasa Interna de Retorno

Fuente: Elaboración Propia (2018)

**Segunda sensibilidad. Análisis de índices financieros:** por último, se elaboró una simulación para evaluar la probabilidad de que se cumplan los indicadores económicos calculados anteriormente. Los resultados obtenidos, y que se presentan en la figura 6, mostraron un 49% de certeza de un VPN para el proyecto mayor a 690.407,56 MVEF y a su vez, como se observa en la figura 7, existe un 51% de certeza de que la TIR del proyecto sea del 47%

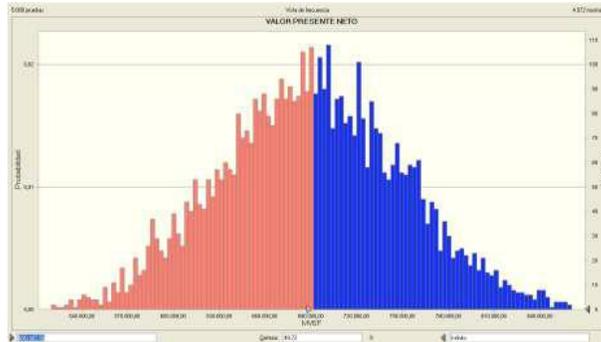


Figura 6. Segunda sensibilidad. Valor Presente Neto  
Fuente: Elaboración Propia (2018)

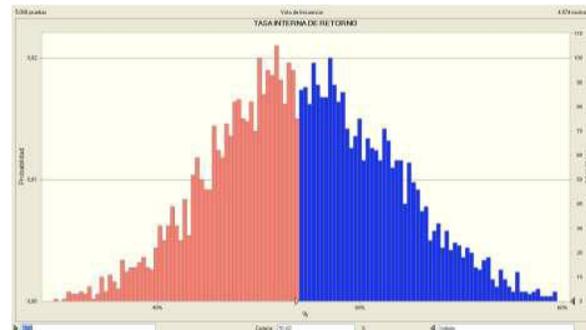


Figura 7. Segunda sensibilidad. Tasa Interna de Retorno  
Fuente: Elaboración Propia (2018)

### Conclusiones

La propuesta para la creación de una planta para la obtención de biodiesel a partir de aceite de Moringa Oleífera, se considera factible de acuerdo con los análisis técnicos, organizacionales y económicos realizados con anterioridad. De allí que, la planta propuesta tiene un área de 70.000 m<sup>2</sup> y una capacidad de producción de 800.000 toneladas de biodiesel al año destinadas al mercado europeo.

De igual manera, según los estudios económicos, el proyecto es factible puesto que, para una tasa mínima de rendimiento, establecida como 10%, se logrará recuperar la inversión inicial y además generar una ganancia adicional después de recuperar dicha inversión. Así mismo, el plazo de tiempo requerido para que los flujos netos de efectivo de la inversión recuperen su costo de inversión inicial es de tres años, lo cual representa una gran rentabilidad del proyecto si se compara con el horizonte económico establecido como 20 años.



### Referencias bibliográficas

- Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela (2014). *Ley de Impuesto Sobre la Renta*. Gaceta Oficial N° 6.152. Extraordinario, noviembre 16, 2014.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. Sexta edición. Caracas: Editorial Epistemes, C. A.
- Baca, G. (2013). *Evaluación de Proyectos*. 7ma. edición. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A.
- Banco Central de Venezuela (BCV, 2017). *Convenio cambiario N° 33*. Recuperado de: [www.bcv.org.ve](http://www.bcv.org.ve)
- Bolsa de Comercio del Rosario (2015). *El biocombustible en el mundo*. Recuperado de: <https://www.bcr.com.ar/es/print/pdf/node/63940>
- Cartay, I (2010). *Gestión de Proyectos un Enfoque PDVSA*. Segunda Edición. Mérida, Venezuela: Editorial Torococo.
- Crystal Ball (2017). *EViews Users Guide I*. Recuperado de: <https://www.oracle.com/applications/crystalball/>
- Deffeyes, K. (2009). *Hubbert's Peak: The Impending World Oil Shortage*. New Jersey, United States: Princeton University Press. Reissue Edition.
- San Miguel, G. y Fernández, G. (2015). *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética*. 3era. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Food and Agriculture Organization (FAO, 2017). *Biocombustibles, en OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2017-2026*, OECD Publishing, París. DOI: [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2017-13-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-13-es)
- Hernández, R., Fernández C. y Bastista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Sexta edición. México: Editorial McGraw Hill.
- Hurtado, J. (2015). *Metodología de la Investigación Holística*. Quinta Edición. Caracas, Venezuela: Quirón Ediciones.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2010). *Biblioteca de contenidos*. Recuperado de: <http://iica.int/es/recursos-informacion>
- International Energy Agency (IEA, 2015). *CO2 Emissions from Fuel Combustion*. Recuperado de: [www.iea.org](http://www.iea.org)
- Kato, K., Flexor, G. y Recalde, M. (2012). El mercado del biodiesel y las políticas públicas: Comparación de los casos argentino y brasileño. *Revista CEPAL*, (108). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11362/11560>
- Miranda, J. J. (2014). *Gestión de proyectos: evaluación financiera, económica, social, ambiental*. Bogotá. Colombia: Editorial MM editores.
- Olivares, P. (2011). *Obtención de Biodiesel en Condiciones Supercríticas*. Madrid, España: Editorial Académica Española.



- Project Management Institute (PMI, 2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del Pmbok)*. Sexta Edición. Pennsylvania, EE.UU: Editor Newton Square.
- Roldan V., J. (2013). *Energías renovables. Lo que hay que saber*. Ediciones Paraninfo. Madrid. España.
- Sapag Chain, R., Sapag Chain, N. y Sapag Puelma, J. (2013). *Preparación y Evaluación de Proyectos*, 6ta Edición. México: Editorial McGraw-Hill.
- Tamayo y Tamayo, M. (2014). *Proceso de la Investigación Científica*. México: Editorial Limusa
- United States Department of Agriculture (Usda, 2017). Recuperado de: <https://www.usda.gov/>