

# Proyecto de Inversión para la elaboración y comercialización de Biodiesel a partir de la planta *Jatropha Curcas* en el Ecuador

Víctor Armando Rengifo Alvear <sup>1</sup>, Felipe Álvarez <sup>2</sup>  
Escuela de Diseño y Comunicación Visual <sup>1</sup>  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)<sup>1</sup>  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador <sup>1</sup>  
vrengho@claro.com.ec <sup>1</sup>  
fdalvare@espol.edu.ec <sup>1</sup>

## Resumen

*El ahorro de energía, ha adquirido importancia debido al calentamiento del planeta ocasionado por el consumo de hidrocarburos en la generación de energía, que produce contaminación ambiental, tanto térmica como atmosférica y que ocasionan el efecto invernadero.*

*El presente proyecto propone determinar la factibilidad técnica y financiera del cultivo de *Jatropha curcas* con miras a ser utilizado como biocombustible en Ecuador. Para ello se analizará la información técnica, los costos de la inversión, de operación y mantenimiento y las condiciones del entorno económico.*

*La introducción comercial del cultivo energético de la *Jatropha Curcas* como fuente de energía renovable trae consigo los siguientes beneficios al Ecuador: contribución al desarrollo económico, social y ambiental, así como el ahorro de divisas, la generación de empleos y la reducción de emanaciones de gases contaminantes.*

*El aceite de las semillas de *Jatropha Curcas* puede ser transformado en Biodiesel mediante proceso de esterificación. Los subproductos en la elaboración de biodiesel con aceite de *La Jatropha Curcas* son: glicerina y pasta resultante de la extracción de aceite.*

**Palabras Claves:** *Biodiesel, *Jatropha Curcas*.*

## Abstract

*The energy save has acquired importance due to the heating of the planet, caused by the consumption of hydrocarbons in the electricity generation that produces environmental pollution, as thermal as atmospheric and causes the greenhouse effect.*

*This project proposes to determine the technical and financial feasibility of the cultivation of *Jatropha Curcas* with the objective to use it as biofuel in Ecuador. Therefore, the technical information, the investment costs, operation and maintenance costs, and the economic environment conditions will be analyzed in this project.*

*The commercial introduction of *Jatropha Curcas* as renewable power source brings the following benefits to Ecuador: contribution for the economic, social and environmental development as well as the save of foreign exchange, employment generation and reduction of emanation of pollutant gases.*

*The seed oil of *Jatropha Curcas* can be transformed in biofuel by the esterification process. The subproducts in the biofuel elaboration with *Jatropha Curcas* oil are: glycerin and paste resulting from extraction of oil.*

**Keywords:** *Biofuel, *Jatropha Curcas*.*

## 1. Introducción

Considerando el alto costo que significan las importaciones de hidrocarburos, el alto nivel de desempleo en el Ecuador, la crisis económica, la necesidad de reforestación, la gran cantidad de áreas disponibles y la falta de divisas líquidas, es de vital

importancia el desarrollo de una alternativa de fuente energética como el cultivo de la *Jatropha curcas* para la extracción de aceite y su procesamiento en Biodiesel, que además de ser renovable y de menor grado de contaminación que el diesel, amplía el nivel de ocupación para el sector rural y mejora el ingreso de los agricultores involucrados.

El Biodiesel es un biocombustible sintético líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, con o sin uso previo, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales del petrodiesel o gasóleo obtenido del petróleo.

El Biodiesel puede mezclarse con gasóleo procedente del refinado de petróleo en diferentes cantidades. Se utilizan notaciones abreviadas según el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla: B100 en caso de utilizar sólo biodiesel, u otras notaciones como B5, B15, B30 o B50, donde la numeración indica el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla.

Se plantea un proyecto de inversión integrado denominado 'Ecodiesel' que consiste en la siembra de *Jatropha curcas* para la producción de Biodiesel, se proyecta la creación de una compañía con el nombre de ECUAJATROPHA que proporcionará el Biodiesel necesario para una mezcla en el diesel 2, con una concentración del 5%, pero sólo penetrando en el 50% del mercado Nacional a modo de introducción; dejando libre el otro 50% para futuras expansiones en su producción.

El producto final se denominará 'Ecodiesel' o tipo de biodiesel que contiene 95% de diesel 2 y un 5% de Biodiesel. Su elevado octanaje, punto de detonación y lubricación significan un excelente desempeño del motor, seguridad y bajo consumo de combustible.



Figura 1. Semillas de *Jatropha Curcas*.

## 2. Planteamiento del Problema

El Biodiesel, ayudará al desarrollo sostenible del país al ser una forma renovable de energía y un medio de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, es primordial determinar la existencia de un nicho de mercado para el Biodiesel en el Ecuador, es decir probar si hay o no un grupo de consumidores que estén dispuestos a comprar Biodiesel. Frente a lo expuesto, el problema de decisión gerencial es:

¿Debería cultivarse *Jatropha curcas* para producir Biodiesel en el Ecuador?

## 3. Conclusiones de la investigación de mercado

1. Existe un nicho de mercado para el Biodiesel estimado en 972'135.660 Ga, al año, en el Ecuador.
2. Se identificó una oportunidad de mercado para la oferta de Biodiesel necesario para una mezcla en el diesel 2, con una concentración del 5%, pero sólo penetrando en el 50% del mercado Nacional a modo de introducción, de aproximadamente 24'303.391,5 Ga de Biodiesel al año.
3. Petrocomercial es la encargada de abastecer de combustibles al mercado Ecuatoriano, es una institución del sector público, quién está a cargo del abastecimiento oportuno de combustibles para las comercializadoras privadas y a la misma PETROCOMERCIAL. Por esto ECUAJATROPHA decide enfocar sus esfuerzos en captarla como cliente. La existencia de un producto como el Biodiesel 'Ecodiesel' tiene garantizada su demanda en el Ecuador, siempre y cuando el Estado Ecuatoriano implemente por regularización el consumo de Biodiesel al 5% como mezcla del diesel 2.

Tabla 1. Despachos anuales en galones de Petrocomercial abastecedora del producto.  
Fuente: Petrocomercial

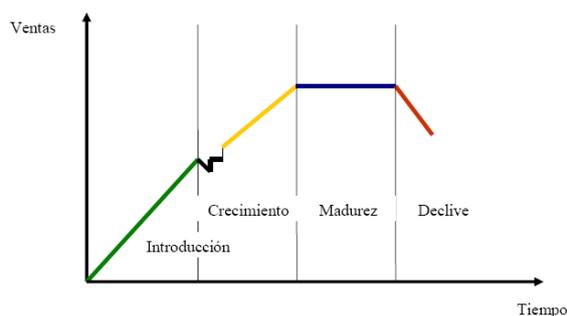
PRODUCTOS	2004	2005	2006	2007	2008	2009
DIESEL 2	780.845.937	879.907.838	976.912.081	960.996.500	970.459.426	972.135.660
DIESEL 1	13.904.202	11.738.865	8.814.289	7.050.852	7.370.975	1.544.420
PESCA	13.449.155	16.282.819	19.394.695	21.272.460	24.087.858	26.470.604
GASOLINA	440.062.216	460.012.897	489.220.846	521.278.196	557.071.921	559.076.368
EXTRA	113.871.557	125.108.620	140.204.256	156.514.221	171.226.942	173.824.016
GLP	388.830.419	420.583.977	438.811.765	457.064.869	469.021.912	445.153.317
PURE OIL	220.820.550	243.903.887	221.233.286	192.317.903	190.205.947	160.595.556
LIVIANO	90.189.218	101.209.880	105.762.655	109.807.358	111.636.940	110.522.304
AEROCOMBUSTIBLE	54.556.501	72.431.636	90.372.166	142.556.708	139.043.829	179.236.872
NAFTA	6.694.904	25.553.067	33.234.390	3.005.328	11.123.532	6.010.704
SOLVENTES	5.084.480	6.529.880	9.471.344	11.654.099	14.507.473	16.342.380
ASFALTO	49.859.094	42.028.656	43.764.988	41.956.003	54.948.199	75.928.049
FUEL OIL	198.758.820	187.841.008	176.897.352	175.184.638	180.376.407	196.279.934
ABSORBER OIL	62.000	4.000	-	-	-	40.000
TOTAL	2.376.829.852	2.593.137.831	2.754.094.025	2.801.549.137	2.891.079.561	2.922.959.185

## 4. Plan de Marketing

El plan de marketing se constituye en una herramienta para 'dar a conocer' el producto (Biodiesel 'Ecodiesel') a Petrocomercial que es la encargada de abastecer de combustibles al mercado Ecuatoriano. Se concluye que la existencia de un producto como el Biodiesel 'Ecodiesel' tiene garantizada su demanda.

### 4.1. Ciclo de vida

El producto, 'Ecodiesel', que se va a lanzar se ubicará en la etapa de introducción; lo cual implica la existencia de cierto nivel de incertidumbre, pese a existir una demanda potencial por cubrir. Sin embargo es de esperar que durante los primeros períodos (meses) los flujos de ingresos sean significativos. Por supuesto, con el pasar del tiempo, se espera que gracias a una adecuada estrategia de comercialización, la cantidad demandada por este producto aumente cumpliendo la meta de crecimiento promedio anual del 5% establecida en el presente estudio.



**Figura 2.** Ciclo de vida del Ecodiesel.

## 4.2. Objetivos del Plan de Marketing

### 4.2.1. Objetivos Financieros

1. Recuperar el monto de inversión inicial en el menor tiempo posible.
2. Obtener ingresos que sean mayores a los costes y gastos producidos, tal que se goce de utilidades.
3. Obtener flujos de cajas positivos que sean mayores a los negativos.

### 4.2.2. Objetivos de Mercadotecnia

1. Lograr introducir el producto (Biodiesel) en el mercado potencial, para luego posicionar el mismo en la mente del consumidor objetivo.
2. Obtener una creciente y amplia participación de mercado, tal que en el largo plazo el producto sea líder del mercado objetivo.
3. Lograr 'lealtad' por parte del cliente meta hacia el producto.
4. Alcanzar un incremento en las ventas del producto en un 5% anual.

## 4.3. Misión/Visión

Ser una empresa productora líder en el cultivo de *Jatropha curcas* para la producción de Biodiesel en el Ecuador, empleando y desarrollando tecnologías y conocimientos de primer nivel, con innovación,

compromiso con el desarrollo social y cuidado del medio ambiente de nuestro país.

## 4.4. Análisis FODA del Proyecto

### 4.4.1. Debilidades

- a. Selección de la especie de *Jatropha curcas* apropiada.
- b. Inversión inicial del proyecto.
- c. Determinación de inversiones y costos operativos.
- d. Desarrollo e investigación de los cultivos.
- e. Implantación masiva en la siembra.
- f. Desarrollo de cosechadora mecanizada para la cosecha.

### 4.4.2. Amenazas

- a. Reducción de márgenes de ganancia.
- b. Incendios, plagas y enfermedades en los cultivos.
- c. Productividad menor a la esperada.
- d. Riesgos climáticos como sequías, inundaciones, vientos dañinos y heladas.
- e. Invasión de terrenos, robo de cosechas, vandalismo.
- f. Escasez de fuerza laboral y fenómenos sociales negativos.
- g. Cambios de moneda, costos, precio de biocombustibles.
- h. Disponibilidad de terrenos.

### 4.4.3. Fortalezas

- a. Sin interferencia con el sector alimentario porque no utiliza alimentos para la producción de energía.
- b. Alta mejora en el medioambiente.
- c. Incorporación de aéreas no productivas con el aprovechamiento de suelos no aptos para producción alimentos.
- d. Revalorización de la tierra.
- e. Buena calidad del biodiesel obtenido.
- f. Generación de empleos en comunidades rurales.

### 4.4.4. Oportunidades

- a. El abastecimiento de materia prima es necesaria para la producción de biodiesel.
- b. La industria del biodiesel depende de su capacidad de aprovisionamiento de materia prima (volumen y precios).
- c. El mercado internacional de aceites vegetales no dispone del volumen necesario para suministrar la futura demanda.

- d. Incremento en los precios de la materia prima a consecuencia de la demanda de los biocombustibles.

## 4.5. Mercado Meta y Macro-Segmentación

### 4.5.1. Funciones ¿Qué necesidades satisfacer?

Mejorar la calidad del aire, producto de la combustión de automotores a diesel e incentivar la producción agrícola.

### 4.5.2. Tecnología ¿Cómo satisfacer nuestras necesidades?

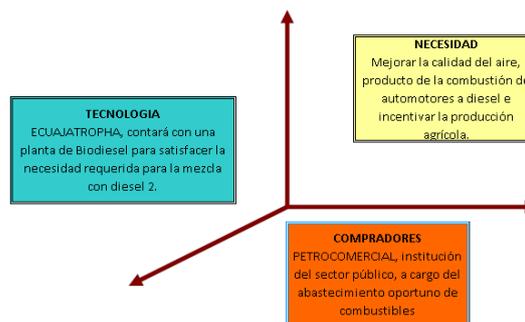
ECUAJATROPHA, es una empresa que se ubica en la costa ecuatoriana en la Provincia de Santa Elena, en un sitio seleccionado con aproximadamente 12 mil hectáreas disponibles para el cultivo de la Jatropha, con una moderna tecnología para la cosecha mecanizada y una planta industrial para producir Biodiesel, con el objetivo de abastecer 24 Millones de galones de Biodiesel anuales para sustituir en un 50% del diesel 2 que actualmente se consume en el Ecuador por una mezcla de Biodiesel en diesel 2, a una concentración del 5%. Una vez que se capacite a la comunidad en la siembra y cosecha de la Jatropha, se empezaría con la plantación industrial.



**Figura 3.** Ubicación del proyecto en el sector Colonche de la provincia de Santa Elena

### 4.5.3. Compradores ¿A quién satisfacer?

A PETROCOMERCIAL, institución del sector público, quién está a cargo del abastecimiento oportuno de combustibles a las comercializadoras privadas y a la misma PETROCOMERCIAL, entre sus funciones se encuentran la programación, facturación y coordinación de los despachos que se realizan a los diferentes clientes de las comercializadoras autorizadas por la Dirección Nacional de Hidrocarburos, con las cuales se mantienen contratos suscritos para este fin.



**Figura 3.** Macrosegmentación del mercado meta de Biodiesel

## 5. Producto Biodiesel

El biodiesel se describe químicamente como compuestos orgánicos de esteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga y corta.



**Figura 4.** Muestra de Biodiesel

### 5.1. Reacciones de síntesis

El proceso de transesterificación consiste en combinar, el aceite (normalmente aceite vegetal) con un alcohol ligero, normalmente metanol, y deja como residuo de valor añadido propanotriol (glicerina) que

puede ser aprovechada por la industria cosmética, entre otras.

## 5.2. Procesos industriales ultrasónicos

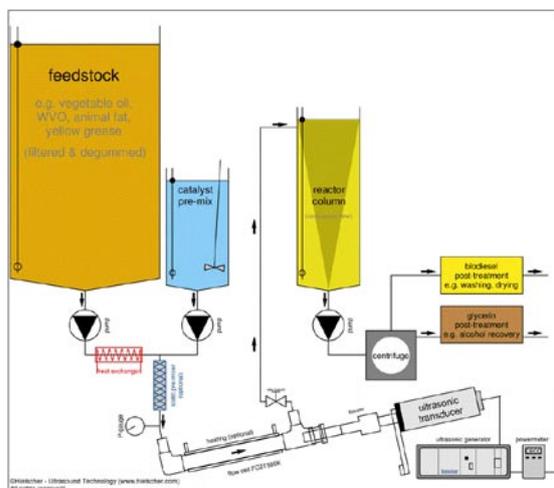
La tecnología de mezcla ultrasónica continua mejora el rendimiento del biodiesel y reduce sus costos.

Para los productores de biodiesel el desafío es producir biodiesel de alta calidad con características constantes, independientemente de la materia prima. En el entorno actual, sólo los productores con costos más bajos son capaces de producir combustible con margen positivo. Si consideramos una planta de biodiesel tenemos que fijarnos en la tecnología de mezcla por ultrasonidos para la mejor eficiencia en el procesamiento de biodiesel.

Los dispositivos ultrasónicos son probados y comprobados en múltiples plantas para aumentar la producción de biodiesel y reducir los costes operativos.

Básicamente, hacer biodiesel de aceite de Jatropha, metanol y catalizador, es un proceso químico simple. El problema radica en la cinética de la reacción química. La transesterificación convencional de los triglicéridos a los ésteres metílicos grasos y la glicerina es lento y no completa. Durante el proceso de conversión no todas las cadenas de ácidos grasos se convierten en biodiesel. Esto reduce la calidad del biodiesel y el rendimiento, de manera significativa.

En una instalación con tecnología de mezcla por ultrasonidos para el procesamiento de biodiesel continuo, el aceite caliente y la pre-mezcla catalizadora se mezclan continuamente utilizando bombas ajustables. Un mezclador estático en línea mejora la homogeneidad de la alimentación al reactor de ultrasonidos.



**Figura 4.** Proceso de conversión de Biodiesel usando Ultrasonicación.

La mezcla de aceite y catalizador pasa a la celda de flujo, donde se está expuesto a la cavitación por ultrasonidos por un tiempo de 5 a 30 segundos. Una válvula de presión se utiliza para controlar la presión en la celda de flujo. La mezcla sonicada entra a la columna del reactor en la parte superior. El volumen de la columna del reactor está diseñado para dar aprox. 1 hora de tiempo de retención en la columna. Durante ese tiempo, se ha completado la reacción de transesterificación. La mezcla de glicerina/biodiesel se bombea a la centrifuga donde se separa en biodiesel y glicerina. El post-tratamiento incluye la recuperación del metanol, lavado y secado y se puede hacer de forma continua, también. Esta configuración, elimina agitadores convencionales y los tanques de separación de gran tamaño.

## 6. Indicadores de Rentabilidad

### 6.1. Valor Actual Neto (VAN)

La evaluación del proyecto compara, mediante distintos instrumentos, si el flujo de caja proyectado permite obtener la rentabilidad deseada, además de recuperar la inversión. Utilizamos el Valor Actual Neto por ser el método más conocido, mide la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor de todos los flujos futuros de caja, proyectados a partir del primer período de operación, y le resta la inversión total expresada en el momento cero.

Como el resultado fue mayor que cero, el VAN nos indica cuánto ganamos con el proyecto después de recuperar (\$ 34.414.671,93) la inversión por sobre la tasa  $i$  que se exigía de retorno al proyecto. Se debe aceptar la inversión porque el VAN es positivo.

### 6.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

También utilizamos un segundo criterio de evaluación como es la tasa interna de retorno, TIR, que mide la rentabilidad como porcentaje. La TIR nos entrega un resultado que conduce a la misma decisión que la obtenida con el VAN, con base en la regla de la TIR que indica que una inversión es aceptable si la TIR excede el rendimiento requerido. Por tanto el proyecto es rentable con una TIR del 24%, considerando una TMAR del 20%.

## 7. Conclusiones

- A partir de los valores base o unitarios se presenta la proyección de flujos de efectivo, costos de inversión, ganancias y pérdidas para sistemas de producción con la capacidad de 81 mil galones diarios de fabricación de

biodiesel para un proyecto de inversión integrado (siembra y producción) que es el escenario de organización que visualizamos como el más probable. La rentabilidad calculada fue de 11%.

- b. El Biodiesel de Jatropha Curcas, si bien, ha demostrado ser exitoso en otras latitudes como Egipto e India, estudios realizados en otros países de la región demostraron que era económicamente inviable, pues la inversión en la siembra no daba retornos positivos. La causa principal de este efecto es que el 90% de los costos de la siembra corresponden a mano de obra, la cual debe ser utilizada en una gran cantidad para poder ejecutar las operaciones de siembra y cosecha. De hecho este componente era de tanto impacto en el proyecto, que el mismo solo era viable en países donde la mano de obra es muy barata.
- c. Este inconveniente ECUAJATROPHA soluciona con nuevas técnicas de siembra y mecanización de la cosecha gracias a considerar la adquisición de cosechadoras Norteamericanas especializadas, con esto el proyecto logra mantener dos beneficios fundamentales como son generar 850 nuevos puestos de trabajo en comunidades rurales y atractivas ganancias para inversionistas; finalmente con la compra de tecnología alemana para procesos industriales para obtener biodiesel utilizando el método de reacción ultrasónica, se adquiere la capacidad de producción industrial de Biodiesel.

## 8. Recomendaciones

- a. Se recomienda realizar el proyecto, que el sector privado pase a una etapa más avanzada de análisis de ingeniería de detalle, para afinar los montos de inversión y proyecciones.
- b. Para el sector público, se recomienda crear el ambiente necesario para que esta industria florezca pues dado su bajo riesgo, el auge actual de los precios del crudo, la posibilidad de combinar ventas de aceite y de Biodiesel, así como la actual creación de demanda independiente de biocombustibles lo hacen un proyecto muy atractivo.
- c. La inversión está dirigida a la sustitución de importaciones de combustibles con la justificación de que esta sustitución va acompañada de una mejora en la calidad del ambiente.
- d. La rentabilidad del proyecto integrado de siembra y producción es económicamente rentable, y lo es más si se incluye los ingresos

provenientes del certificado de emisión de carbono (CER).

## 9. Bibliografía

- [1] ROSS WESTERFIELD JORDAN. FUNDAMENTOS DE FINANZAS CORPORATIVAS. MC GRAW HILL.
- [2] NASSIR SAPAG CHAIN. PROYECTOS DE INVERSION/FORMULACION Y EVALUACION. PRENTICE HALL.
- [3] [http://www.cedega.gov.ec/documentos/TRAS\\_VASE\\_SUBEYBAJA\\_SANVICENTE.pdf](http://www.cedega.gov.ec/documentos/TRAS_VASE_SUBEYBAJA_SANVICENTE.pdf). UBICACIÓN DE TERRENOS DE SIEMBRA DE JATROPHA
- [4] <http://www.svlele.com/> CULTIVO DE JATROPHA Y DESARROLLO MECANIZADO DE LA COSECHA
- [5] <http://www.jatropha-world.org/9.html> CULTIVO DE JATROPHA
- [6] <http://www.ceda.org.ec/descargas/ForoBio/3%20PANEL/Mauro%20Gonzalez.pdf> PROYECCIÓN DE OFERTA Y DEMANDA DE DIESEL 2 EN EL ECUADOR
- [7] <http://www.hielscher.com/ultrasonics/> PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN DEL BIODIESEL POR ULTRASONIDO
- [8] <http://www.methanex.com/products/methanol/price.html> PRECIO DE GALÓN DE METANOL
- [9] <http://www.eagletanks.com/tankspage/index.html> PRECIO DE TANQUE DE ACERO PARA INDUSTRIA DEL BIODIESEL
- [10] <http://www.youtube.com/watch?v=UKfppA0CogM&NR=1> DESARROLLO DE MECANIZACIÓN DE LA COSECHA DE JATROPHA
- [11] <http://www.jatropha-oil-extraction.com/> MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE BIODIESEL DE JATROPHA
- [12] <http://www.jatropha.de/Journal/Art.-Jatropha-Biodiesel-Traore-Guinea..pdf> PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN DE JATROPHA