

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA AGROINDUSTRIA  
DE *JATROPHA CURCAS* EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

PIMIENTA IBARRA EDGAR MIGUEL  
PINEDO LINERO JEINER ENRIQUE  
RIVAS NORIEGA JULIAN ALBERTO  
ROBLES MEJIA HUGO CARLOS

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERIA  
SANTA MARTA - MAGDALENA

2018

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA AGROINDUSTRIA  
DE *JATROPHA CURCAS* EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

PIMIENTA IBARRA EDGAR MIGUEL  
PINEDO LINERO JEINER ENRRIQUE  
RIVAS NORIEGA JULIAN ALBERTO  
ROBLES MEJIA HUGO CARLOS

DIRECTOR

Diana Belmonte Jiménez  
Ingeniera Civil y de Sistemas  
Especialista en Gerencia y Control de la Construcción

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERIA  
SANTA MARTA - MAGDALENA

2018

NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

DIRECTORA DE TESIS

---

JURADOS DE TESIS

---

---

SANTA MARTA/ MAGDALENA 2018



## DEDICATORIA

Este trabajo de tesis de grado está dedicado a DIOS, por darnos la vida a través de nuestros queridos PADRES quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de nosotros unas personas con valores para poder desenvolvernos como: HIJOS, AMIGOS Y ESTUDIANTES. También a todas esas personas que nos gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de nuestra formación profesional y de nuestras vidas.

PINEDO LINERO JEINER ENRRIQUE

PIMIENTA IBARRA EDGAR MIGUEL

ROBLES MEJIA HUGO CARLOS

RIVAS NORIEGA JULIAN ALBERTO





## Contenido

ÍNDICE DE CUADROS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
GLOSARIO .....	XII
1. INTRODUCCIÓN .....	155
OBJETIVO General .....	<b>177</b>
OBJETIVOS Específicos: .....	<b>177</b>
2. JUSTIFICACION .....	188
3. MARCO REFERENCIAL .....	<b>19</b>
3.2 AGRONOMIA DE LA <i>JATROPHA CURCAS</i> .....	<b>20</b>
3.2.1. Botánica de la especie. ....	200
3.2.2. Taxonomía.....	21
3.2.3. Requerimientos ambientales .....	212
3.2.4. Fenología.....	22
3.2.5. Problemas fitosanitarios .....	234
3.2.6. Materiales genéticos .....	254
3.3. Servicios ambientales .....	<b>255</b>
3.4. AGROINDUSTRIA DE LA <i>jatropha curcas</i> .....	<b>255</b>
3.4.1. Componentes de la agroindustria .....	266
3.4.2. Paquete técnico y antecedentes económicos .....	300
3.4.3. Proceso de producción .....	311
3.4.4. Efectos económicos del estudio técnico.....	312
3.5. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA DE <i>JATROPHA CURCAS</i> .....	<b>322</b>
3.5.1. Costos relacionados al capital .....	333
3.5.2. Costos de mantenimiento .....	334
3.6. MERCADO DE <i>JATROPHA CURCAS</i> .....	<b>344</b>
3.6.1. Situación actual de la producción mundial de biodiesel .....	355
3.6.2. Experiencias y penetración del mercado .....	36
3.6.3. El aceite de <i>Jatropha</i> hace volar a América Latina .....	37
3.6.4. Estado actual del biodiesel en Colombia.....	38
4. METODOLOGIA .....	39
4.1. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	<b>39</b>
4.2. DISEÑO DE ESTUDIO.....	<b>400</b>
4.3. ALCANCE Y RESTRICCIONES .....	<b>400</b>
4.4. CONTEXTUALIZACIÓN.....	<b>411</b>
4.5 METODOLOGÍA PARA REALIZAR EL ESTUDIO TÉCNICO.....	<b>411</b>
4.5.1. Localización del proyecto .....	412
4.5.2. Tamaño del proyecto.....	424
4.5.3 .Tecnología.....	424
4.6. METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE MERCADO .....	<b>42</b>
4.6.1. Definición del producto.....	43
4.6.2. Objetivos del estudio de mercado .....	43
4.6.3. Análisis de la demanda.....	434
4.7. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA .....	<b>44</b>
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46

5.1. factibilidad técnica del proyecto para una unidad técnica productiva de <i>Jatropha Curcas</i> .	<b>4646</b>
5.1.1. Ubicación	46
5.1.2. Estudio de suelo	4646
5.1.3. Trasplante	47
5.1.4. Características del suelo y fertilización	47
5.1.5. Impacto generales	47
5.2. Aspectos técnicos y económicos de producción	<b>49</b>
5.3. Estudio de mercado	<b>51</b>
5.4. VALOR PRESENTE NETO Y TIR	<b>53</b>
CONCLUSIONES	55
BIBLIOGRAFIA	57

## ÍNDICE DE CUADROS

<i>CUADROS 1. Algunas características de semilla en <i>Jatropha curcas</i> (Quimbayo, 2010).</i>	23
<i>CUADROS 2. Plagas y enfermedades que afectan el cultivo de <i>Jatropha curcas</i>.</i>	24
<i>CUADROS 3. Norma de calidad para aceites vegetales DIN V 51605 Fuente: Frauches, 2011</i>	27
<i>CUADROS 4. Costos preliminares de una hectárea de <i>J. curcas</i> en México. (Quimbayo A, 2010)</i>	32
<i>CUADROS 5. Conceptos de referencia para el promedio de inversion de capital total</i>	33
<i>CUADROS 6. Rendimiento de la extraccion del aceite de la <i>jatropha c.</i> (Sagarpa , 2012)</i>	54
<i>CUADROS 7. rendimiento de la extraccion de l biodiesel de la semilla <i>jatropha curcas</i></i>	63
<i>CUADROS 8. Relación del número de días en cultivo de <i>Jatropha curcas</i> en Cerrejón. (Fuente: CORPOICA-CERREJÓN-COLCIENCIAS. Informe parcial. Junio 2013. A través de oficina de Gestión Ambiental, Cerrejón Coal Ltda.)</i>	50
<i>Cuadro 9. Flujo de Caja Neto</i>	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Planta J.curcas en cultivo en la vía Riohacha-Maicao (Foto tomada por Martha L. Castellanos, agosto 2011).....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2. Productos y subproductos y los beneficios de la jatrofa. (Camboya, 2008).....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3. Ciclo de carbono en Etanol.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 4. Localización Geográfica del el Departamento del Magdalena (Hansa , 1992)..</i>	<i>39</i>
<i>Figura 5. Valor presente neto y costos de Jatropha curcas.....</i>	<i>53</i>

## ANEXOS

- 1. Cronograma*
- 2. Presupuesto*

## GLOSARIO

Los estudios de factibilidad constituyen el elemento primordial para analizar los servicios o productos que demanda el mercado y condiciones técnicas, financieras y ambientales que se deben tener en cuenta para el desarrollo de cualquier proyecto, es necesario definir una serie de conceptos que sirven de base para formular variables y ampliar la concepción del proyecto que se desea implementar.

En este sentido, para establecer la agroindustria de la *Jatropha curcas* en el departamento del Magdalena es indispensable realizar un estudio de factibilidad, con el objetivo de saber si al cultivar esta planta, generara un desarrollo a la región, si los niveles de oferta y comercialización del servicio serán altos y si las condiciones técnicas y de financiación son las apropiadas para la puesta en marcha del proyecto, y del mismo modo abrirá las ventanas para continuar y avanzar en nuevas investigaciones sobre este arbusto.

Es de alta relevancia argumentar que fracasos de este tipo de estudios o puestas en marcha con este tipo de agroindustria, es por la falta de aplicación de estudios de factibilidad, luego es importante mencionar además de todo la experticia obtenida por este tipo de estudios o proyectos de investigación, radica soluciones temporales (corto, mediano y largo) a lugares con dificultades de agua y/o sequía.

De acuerdo al anterior enunciado es necesario definir los términos de referencias para el estudio en mención:

**AGROINDUSTRIA:** es un sistema dinámico que implica la combinación de dos procesos productivos, el agrícola y el industrial, para transformar de manera rentable los productos provenientes del campo. (Urbina, 2008-2012)

**ACIDEZ:** La acidez es la cualidad de un ácido. Pueden presentar características tales como sabor agrio, liberación de hidrógeno, o pH menor que 7 (a 25°C).

**BIODIESEL:** Es un 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.

**COMERCIALIZACIÓN:** “es la actividad que permite al productor hacer llegar un bien o servicio con los beneficios de tiempo y lugar”. En este sentido para el proyecto se define como las estrategias de promoción, publicidad y ventas que se requieren para captar la atención del público hacia la empresa de servicios náuticos. (Urbina, 2008-2012)

**CULTIVO:** Conjunto de las labores que se efectúan para que el suelo dé mayores y mejores cosechas. (Urbina, 2008-2012)

**CAPITAL DE TRABAJO:** son los dineros que se requieren para mantener funcionando la empresa sin necesidad de recurrir a los ingresos por venta, durante un periodo determinado. (Urbina, 2008-2012)

**COSTOS OPERACIONALES:** son los que se causan durante el periodo de operación y los constituyen los costos de producción de servicios, gastos de administración, gastos ambientales y gastos de venta, estos últimos relacionados con la comercialización de la empresa. (Buitrago, 2004)

**DEMANDA:** “La demanda se define como el número de unidades de un servicio o de un bien, que los consumidores o usuarios están dispuestos a adquirir, para satisfacer una necesidad determinada, durante un periodo de tiempo específico y bajo un conjunto dado de condiciones”, luego entonces podemos entender que la demanda de *Jatropha curcas* y la generación de sus subproductos es, todo lo obtenido de su agroindustria y que la población necesita para suplir las necesidades de este bien. (Buitrago, 2004)

**ESTUDIO FINANCIERO:** Se convierten las variables de mercado y técnicas a valores monetarios, para establecer la moto de los recursos financieros que serán necesarios para la implementación y operación del proyecto, por tanto se deben analizar el monto de la inversión, los costos operacionales, los ingresos, punto de equilibrio y flujos de fondos necesarios para su evaluación. (Urbina, 2008-2012)

**EVALUACIÓN DEL PROYECTO:** Consiste en determinar si el proyecto es factible económicamente para los inversionistas y la incidencia que este ejercerá en lo social y al medio ambiente. (Buitrago, 2004)

**FLUJO DE FONDOS:** Es la cuantificación proyectada en el tiempo de la inversión, flujo de operación y flujo financiero neto del proyecto con lo cual se puede evaluar el proyecto económicamente. (Urbina, 2008-2012)

**INVERSIONES:** Una inversión es una cantidad limitada de dinero que se pone a disposición de terceros, de una empresa o de un conjunto de acciones, con la finalidad de que se incremente con las ganancias que genere ese proyecto, en este caso serán los dineros o las partidas monetarias necesarias para hacer y verificar si la factibilidad tanto técnica, comercial y económica es viable u óptima.(Contreras Buitrago 2004),

**INTANGIBLES:** lo constituyen los dineros que hay que invertir en la puesta en marcha, estudio económico, organización, estudios y planes de productividad y calidad, desarrollo de recursos humanos, factor ambiental, muebles y enseres, entre otros. (Urbina, 2008-2012)

**INGRESOS:** Los ingresos provocan el incremento del patrimonio empresarial, ya que por un lado puede aumentar el activo de una empresa, Son los dineros que percibirá la empresa.

**OFERTA:**“Por oferta se entiende la cantidad de bien o de servicios que los productores u oferentes están dispuestos a poner a disposición del mercado a un precio determinado”. (Urbina, 2008-2012)

**MONOCULTIVO:** El monocultivo se refiere a las plantaciones de gran extensión con el cultivo de una sola especie, con los mismos patrones, resultando en una similitud genética, utilizando los mismos métodos de cultivo para toda la plantación (control de plagas, fertilización y alta estandarización de la producción), lo que hace más eficiente la producción a gran escala. Casos frecuentes de monocultivo se dan con el eucalipto, pino, en el caso de árboles, o grandes plantaciones de cereal, soja, caña de azúcar, algodón, maíz lo cual produce la degradación del suelo debido a que estos solo absorben los nutrientes que consideran necesarios para su crecimiento, haciendo así, que el suelo pierda la fertilidad al acabarse con uno (o más) de sus nutrientes.

**NATIVO:** Que ha nacido en el lugar en que vive o en que se especifica; se utiliza a menudo para referirse a los miembros de comunidades consideradas exóticas o primitivas.

**PRECIOS:** “es la cantidad monetaria como los productores están dispuestos a vender y los consumidores dispuestos a comprar, un bien o servicio, cuando la oferta y la demanda están en equilibrio”. Para este proyecto el precio se determina de acuerdo a la cantidad monetaria que se deba pedir por cada servicio, dependiendo de unos costos de producción, gastos de administración y venta, puestos que no existe competencia en el mercado. (Urbina, 2008-2012)

**OLEAGINOSA:** Son vegetales de cuya semilla o fruto puede extraerse aceite, en algunos casos comestibles y en otros casos de uso industrial. Las oleaginosas más sembradas son la soja, la palma elaeis, el maní, el girasol, el maíz y el lino. Cada planta, a su vez, puede tener otros usos económicos, como el lino, del que pueden extraerse fibras textiles, harinas y semillas alimenticias, o el maíz, la soja y el maní, cuyos frutos o semillas también pueden ser comidos, o el nogal, del que puede extraerse también madera. Otras plantas oleaginosas son el cártamo, la colza (aceite de canola), el olivo, el nogal, el ricino, el sésamo, la jojoba, el tung, el almendro, el arroz (aceite de salvado de arroz) y la uva.

Entre las medidas oficiales de política económica que pueden tener influencia en el precio del servicio, se encuentran el control oficial de precios, el control de cambio de divisas, los subsidios de terceros, y las políticas fiscales de apoyo al desarrollo industrial entre otros, impuestos, política arancelaria y comercial. (Urbina, 2008-2012)

**TAMAÑO:** Se define en función de su capacidad de producción de bien o de servicios durante un periodo de tiempo considerado normal para sus características la cantidad bienes o después de aceptada la factibilidad, Además la capacidad de financiamiento para compra de máquinas y equipos. (Urbina, 2008-2012)

**TRANSESTERIFICACION:** La transesterificación es el proceso por el cual se intercambia el grupo de un alcohol, mediante una reacción son de catalizadas con la adición de un ácido o una base.

**VALOR RESIDUAL:** Es el salvamento de las inversiones una vez se liquide la empresa, lo cual se obtiene a partir de la depreciación de tangibles y amortización de intangibles, agregando el capital de trabajo y las inversiones no depreciables como el terreno. (Urbina, 2008-2012)

## 1. INTRODUCCIÓN

*Jatropha curcas* es una planta generadora de biodiesel (energía); según CORPOICA (2010), ocupando la cuarta especie entre los vegetales con mayor potencial bioenergética. De otro lado, CORPOICA y CERREJÓN durante cuatro años realizaron primeras pruebas agronómicas sobre la especie bajo las condiciones biofísicas del semiárido con resultados muy favorables que permitió la selección de 15 materiales para probar a escala semicomercial. De ahí el interés por estudiar su viabilidad socio económica simultánea a esta etapa CORPOICA (2011).

Colombia se caracteriza por ser un país cuya vocación forestal está representada por un 58.6%, mientras que el 37.4% del territorio tiene potencial agropecuario y comprende sistemas tradicionales como los integrados en el bosque (18.9% agrícola y silvoagrícola, 12.5% del ganadera y silvopastoril, y 6% agrosilvopastoril), finalmente el 4% restante es para la conservación de recursos hídricos (IGAC, 2012). Sin embargo según Serrato (2013) los suelos colombianos no están siendo utilizados según su vocación, sino de acuerdo a los requerimientos del productor.

El presente proyecto surgió considerando el constante aumento de la demanda por fuentes de energía renovable en reemplazo de las de energía convencional (combustibles fósiles) y teniendo en cuenta el potencial que puede tener la *Jatropha* en el mercado de los biocombustibles en Colombia. Por lo anterior, partiendo de estudios previos se decide analizar la viabilidad de establecer una plantación de *Jatropha*, que, siendo un cultivo relativamente joven, no cuenta con estudios de alto impacto.

Se identificaron las zonas más apropiadas para el cultivo en Colombia, ya que en este territorio se conocen los beneficios de los biocombustibles como fuente generadora de empleo y de desarrollo, las plantaciones que tienen como fin la obtención de biocombustibles son en su mayoría caña de azúcar y palma africana, pero en los últimos años se ha contemplado la posibilidad de diversificar dichas plantaciones y se han incorporado especies como *Jatropha* e *Higuerilla*.

*Jatropha curcas* puede considerarse como el cultivo agro energético del futuro, bajo los sistemas de uso presentes, que no implican cultivos en grandes extensiones. Su principal característica radica en que la mayoría de sus semillas son tóxicas por lo que su aceite no es comestible, y su precio no está influenciado por la competencia para uso alimenticio. Además, es una planta muy resistente a plagas y enfermedades y se adapta prácticamente a cualquier tipo de terreno, usada para combatir la desertificación y rehabilitar tierras degradadas (Quimbayo, 2010).

De las semillas de *Jatropha curcas* puede extraerse un gran porcentaje de aceite susceptible para ser procesado y transformado en biodiesel. Del tallo se extrae látex, y de sus hojas y cortezas otras sustancias para aplicaciones medicinales y usos como insecticida, distintas experiencias y ensayos revelan un rendimiento de 1.900 litros de aceite por hectárea de *Jatropha curcas* cultivada a partir del segundo año (Kaushik M, 2006).

Estudio técnico consiste determinar los costos relacionados con la producción, los costos de operación y de inversión, pertinentes a ésta área que intervienen en el flujo de caja que se realiza en el estudio financiero (Santos, 2008; Sapag, 2007). En este apartado se justifica el proceso de producción y la tecnología a emplear para obtener el producto, además define el tamaño del proyecto que está definido por la cantidad a producir en función de la fracción del mercado que se desea satisfacer.

La *Jatropha curcas* es una planta que crece relativamente rápido según el clima, entre tres y seis años y que vive más de 30 años, durante los cuales produce semillas con un contenido en aceite entre un 28 y un 36 por ciento. “El grano sin cáscara, es aproximadamente un 60 por ciento”, explicó el doctor Klaus Becker, director del Instituto de Producción Animal en Trópicos y Subtrópicos y jefe del Centro de Agricultura para los Trópicos y Subtrópicos, de la Universidad de Hohenheim Stuttgart en Alemania (University Alemania , 2006).

Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis financiero utilizando precios del año 2014, se puede establecer que el cultivo de *Jatropha* con fines de producción de semilla para el mercado de biocombustibles, es una alternativa de buena rentabilidad. Este estudio podrá ser utilizado por diferentes tomadores de decisiones, interesados en invertir y contribuir con el desarrollo del sector forestal de nuestro país, región, departamento y/o municipio.

El estudio financiero consiste en determinar por medio de indicadores financieros, la rentabilidad del proyecto, para lo cual es necesario estimar en detalle los ingresos, así como los costos de inversión inicial y los costos de operaciones (Fernández, 2007), es así como facilita tomar una decisión en cuanto a la implementación técnica y económica de un proyecto (Mercado, 2002).

Debido a su potencial productor de biodiesel, que tiene un mercado potencial alto ( Campuzano, 2011), la gran elasticidad ecológica de la planta, con mayor adaptación a climas secos, suelos arenosos y con pH alto (IGAC, 2009) (IGAC, 2012), unos grupos étnicos con poca tradición agrícola y una relación especial con su territorio (Carabali, 2005) (Carabali, 2012), una gran oferta de mano de obra con bajo nivel educativo y una gran demanda de empleo (CORPOGUAJIRA, 2011) que son las condiciones ambientales existentes en el Magdalena, permite plantear el siguiente interrogante:

¿Qué tan factible es la agroindustria de la *Jatropha curcas* para resolver problemas de desarrollo en nuestro departamento?

## OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de factibilidad para el establecimiento de la agroindustria de *Jatropha Curcas* en el departamento del Magdalena, como componente del Plan de Acción Regional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la factibilidad técnica en cuanto a infraestructura, equipos y recurso humano del proyecto para una unidad técnica productiva de *Jatropha Curcas*.
- Realizar un estudio FINANCIERO que permita determinar el costo de la unidad productiva de la *Jatropha Curcas* en el departamento del Magdalena.
- Determinar la rentabilidad del proyecto y realizar el análisis financiero correspondiente mediante la aplicación de modelos como la TIR Y el VPN, aplicado a *Jatropha Curcas*.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La potencialidad de producción de biocombustible en América Latina es altísima (Gaona, 2009), una opción factible en zonas tropicales para la extracción de aceite y el procesamiento en biodiesel es el establecimiento de plantaciones de *Jatropha curcas*. Según Teniente (2011), en Colombia existe la disponibilidad y/o posibilidad de establecer una superficie superior a cuatro millones de hectáreas, en donde la actividad económica que generaría su producción e industrialización, sería de gran impacto y su uso tendría efectos benéficos en términos ambientales.

Sin embargo, la *Jatropha* por su condición silvestre, requiere todavía de varios años de un proceso de domesticación, construcción del dominio tecnológico (manejo agronómico y agroindustrial) y determinar su viabilidad técnica y económica en condiciones locales de Colombia (Campuzano, 2013).

Es así que con este proyecto se buscaba evaluar la viabilidad financiera del establecimiento de plantaciones de dicha especie con el fin de estimar su rentabilidad y contingencia contra la desertificación, de tal forma que se constituya en una fuente de información para inversionistas que estén interesados en maximizar sus beneficios con la producción de biocombustibles.

Corpoica en alianza estratégica con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR), Colciencias, Cerrejón y Ecopetrol estructuró un megaproyecto denominado “plataforma *Jatropha* Colombia” entre cuyos resultados se espera una colección de germoplasma nativo e introducido, la identificación de áreas potenciales, caracterización de manejo de cultivo, arreglos y subproductos (Campuzano, 2013 y Campuzano, 2009).

La producción de biocombustibles, específicamente proveniente de la *Jatropha*, permite reducir la utilización del recurso fósil y expandir la frontera agrícola del país, proporcionando oportunidades de desarrollo económico y social.

Es así como el cultivo de *Jatropha curcas* se ha venido fomentando debido a la intención del gobierno colombiano de impulsar los cultivos que abastecerían el mercado nacional de aceites demandados como biocombustibles o biodiesel, a través de Corpoica (Yepes, 2012).

### 3. MARCO REFERENCIAL

#### 3.1. GENERALIDADES SOBRE JATROPHA CURCAS

El biodiesel se obtiene a partir de los ácidos grasos de los aceites vegetales (colza, palma africana, soya, girasol, remolacha, etc.) mediante el proceso químico de transesterificación. Su utilización tiene un importante potencial para reducir/mitigar emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) y si se utiliza como combustible único puede evitar las emisiones de azufre (SO<sub>2</sub>) del Diésel (Prieto, Contreras, 2008).

La mayor parte de estas plantas se producen en sistemas de monocultivos que en algunos casos requieren del uso intensivo de agroquímicos y pesticidas. La principal crítica al biodiesel y a los biocombustibles en general, es que su producción masiva competiría con la producción de alimentos, incluyendo otros recursos como suelo y agua (Prieto, 2008). Una alternativa viable para la producción sustentable de biodiesel es mediante el uso de especies nativas de América como *Jatropha curcas*, cuya semilla tiene un contenido del 35-40% de aceites y las propiedades físico-químicas de estos son idóneas para la producción de biodiesel. Aunque se ha encontrado también que comparten propiedades con aceite comestibles (Prieto, Contreras, 2008).

*J. curcas* es una especie originaria de Mesoamérica. Actualmente se produce extensivamente en países de Asia y África. Se menciona que tiene la capacidad para prosperar en suelos de baja fertilidad, en climas secos, y es capaz de rehabilitar suelos degradados (Prieto, Contreras, 2008).

Aunque *Jatropha curcas* es una planta originaria de México con cualidades ambientales y económicas reconocidas para la producción de aceite vegetal para biodiesel, la sustentabilidad de los sistemas productivos con esta especie requiere ser investigada a profundidad, en condiciones experimentales-demostrativas de campo. Por ejemplo, incorporando la metodología del Análisis del Ciclo de vida para determinar sus balances energéticos y de mitigación de GEI, su impacto ambiental global y su viabilidad económica integral. Solamente haciendo este tipo de investigación sería posible respaldar la sustentabilidad de sus sistemas de producción (Prieto, Contreras, 2008).

De acuerdo con los principios de la agroecología, el monocultivo de piñón no es recomendable en el largo plazo, ya que limita los procesos biológicos y químicos del suelo, favorece el crecimiento de arvenses y genera un mayor costo debido a la cantidad de mano de obra empleada y compra de insumos agrícolas como pesticidas y fertilizantes, lo que provoca una agricultura insostenible para los productores de escasos recursos que buscan reducir los costos de producción. De acuerdo con las condiciones ambientales que se presentan en las tierras agrícolas, la reconversión de la agricultura de subsistencia (caracterizada por contar con asociación de cultivos) en agricultura comercial (caracterizada por tener monocultivos) promueve la pérdida de biodiversidad en el agro ecosistema y ocasiona una alteración de los procesos biológicos y físico-químicos del suelo como el reciclamiento de nutrientes, el control natural de organismos indeseables y la regulación de sustancias químicas nocivas (Altieri & Nicholls, 2000).

### 3.2 AGRONOMÍA DE LA *JATROPHA CURCAS*.

Es una oleaginosa de porte arbustivo con más de 3500 especies agrupadas en 210 géneros. Es originaria de México y Centroamérica, pero crece en la mayoría de los países tropicales. Se la cultiva en América Central, Sudamérica, Sureste de Asia, India y África. Entre los nombres comunes en distintos países se destacan; Coquito, Cápite, Tempate, Piñón, Piñoncito, Pinol, Piñón Botija, Higos del duende, Barbasco, Piñones purgativos, Higo de infierno, Purga de fraile, Tua tua, nuez del physis, pinhao manso, etc (Prieto, Contreras, 2008).

#### 3.2.1. Botánica de la especie.

Presenta una altura de 4 a 8 metros de alto, la vida productiva es 30 a 40 años, posee un tallo erguido y ramas gruesas, la madera es ligera (poca densidad), sus hojas son de color verde de 6 a 15 cm de largo y ancho, el fruto que presenta es oval 40 mm longitud aproximada, cada fruto contiene 2 a 3 semillas de color negro con una longitud 11 a 30 mm, y de anchura 7 a 11 mm. Las ramas contienen látex blancuzco. Sin hojas en sequía e invierno su desarrollo queda latente CORPOICA (2010).



Figura 1. Planta *J. curcas* en cultivo en la vía Riohacha-Maicao (Foto tomada por Martha L. Castellanos, agosto 2011)

### 3.2.2. Taxonomía

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Euphorbiacea

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Jatropha*

Especie: *Jatropha Curcas*

(Torres Carlos A. 2008).

### 3.2.3. Requerimientos ambientales

La *Jatropha curcas* aún es considerada una especie silvestre (no domesticada). Su auge como cultivo energético a nivel comercial es relativamente reciente, por esa razón no existen suficientes investigaciones ni el desarrollo de prácticas para el establecimiento y manejo de plantaciones que puedan ser aceptadas universalmente. Sin embargo, no se debe desconocer los avances significativos que en materia agronómica e industrial han desarrollado una cantidad importante de empresas privadas, organismos de cooperación, investigadores, centros de estudio, etc. (Oyuela Sandino, Hernandez, Samayoa, Bueso , & Ponce, 2012).

*J. curcas* se encuentra en los trópicos y subtropicos, tolerando un rango amplio rango de temperaturas especialmente altas, como también condiciones de estrés hídrico, mediante mecanismos caducifolios para minimizar la transpiración. En cuanto a suelos, se desarrolla bien en suelos con texturas arenosas, soportan salinidad e incluso terrenos pedregosos, bajos niveles de fertilidad (Prieto&Contreras, 2008), por esta razón, se puede sembrar en suelos degradados o en proceso de deterioro ecológico (Oyuela Sandino, Hernandez, Samayoa, Bueso, & Ponce, 2012), aunque esta circunstancia incidirá en bajos niveles de producción.

Si se decide realizar un cultivo, el diseño de siembra monocultivo, cultivo mixto, cerca viva) debe considerar las condiciones ambientales existentes, en cuanto a suelos y microclima. (Oyuela Sandino, Hernandez, Samayoa, Bueso , & Ponce, 2012).

### 3.2.4. Fenología

#### 3.2.4.1. Desarrollo Vegetativo.

El crecimiento es relativamente rápido. Es un árbol de corteza grisácea que exuda látex blanquecino no muy espeso cuando su tallo o ramas son cortados. Normalmente crece a una altura entre tres y cinco metros, y en ocasiones su altura puede llegar a los ocho o diez metros. Sus hojas son grandes, alternadas de color verde a verde pálido. Es una planta perenne, resistente, creciendo en suelos marginales, produciendo semillas por 50 años en promedio. (Torres, 2008).

#### 3.4.2. Floración.

En México puede presentarse entre los 12 y 24 meses en condiciones muy favorables, pero normalmente toma más tiempo (Quimbayo, 2010). En sus flores, el peciolo mide entre seis y veintitrés milímetros. La inflorescencia se forma en la axila de las hojas. Polinización por insectos.

Los rendimientos de *J. curcas*, como los de cualquier otra planta, incrementan de manera proporcional con el cuidado y manejo de las plantaciones. *J. curcas* tiene un bajo número de flores femeninas, un número de ramas limitadas y polinización inadecuada, estas características limitan la producción de semillas y por lo tanto el rendimiento de aceite. Para sobrepasar estas limitantes que tiene la planta, se ha estudiado el sistema de reproducción de la planta. Se determinó que las flores polinizadas abiertamente producen un mayor número de frutos que son más grandes y pesados que los provenientes de flores auto polinizados. Las flores expuestas a una o múltiples visitas de abejas produjeron significativamente más frutos que aquellas flores que no recibieron visitas sugiriendo que las abejas son polinizadores efectivos (Vargas, 2011).

#### 3.2.4.3. Fructificación.

En las regiones tropicales y húmedas, o bajo condiciones de riesgos, La *J. curcas* tiene flor durante casi todo el año debido a que su floración es continua, La producción de la semilla tiene lugar durante 3 meses al año lo que complica la mecanización. Bajo condiciones óptimas el fructificación inicia después de 4-5 meses de trasplante y la cosecha se refleja en los primeros 7 meses previamente, pero esta puede durar hasta el segundo año si se poda para aumentar la producción (Quimbayo A, 2010).

El fruto es una nuez verde, luego se torna amarilla y madura tomando un color marrón. Dentro del mismo se encuentran 3 semillas de color negro. El desarrollo del fruto toma alrededor de 90 días desde la floración hasta la madurez de la semilla. Puede florecer nuevamente después de producir frutos cuando las condiciones permanecen favorables por otros 90 días, pero después de esta segunda floración, la planta no florece nuevamente, sino que se desarrolla vegetativamente. Este proceso puede durar más de 40 años. Los frutos se producen en invierno cuando el árbol queda sin hojas (Quimbayo, 2010).

#### 3.2.4.4. Semilla.

Las semillas maduran cuando su caparazón cambia de color verde a amarillo, dos o tres meses después de la floración. La producción de semilla se estabiliza a partir del 4° y 5° años. (Quimbayo, 2010). *J. Curcas* genera aproximadamente una tonelada de semilla por hectárea cuando la producción es buena; sin embargo, por su variabilidad genética, puede haber diferencias en morfología de la semilla y el contenido de aceite. (Kaushik M. , 2006). Algunos datos publicados sobre característica se presentan a continuación:

Cuadros 1. Algunas características de semilla en *Jatropha curcas* (Quimbayo, 2010)

Datos sobre semilla según origen	Peso cada 1000 semillas (g)	Largo de una semilla (mm)
Tanzania	682	16,8
Nicaragua	878	20,0
Brasil	642	16,5

El hecho de que *Jatropha* se ha adaptado a un vasto rango de condiciones edáficas y ecológicas sugiere que está presente una gran variabilidad genética que puede ser explotada para el mejoramiento. Uno de los reflejos de la variabilidad de *Jatropha* se ve en la diversidad en el contenido de aceite de sus semillas, en su rendimiento, tamaño, peso y forma de la semilla, así como en el tiempo de floración y en la relación del número de flores femeninas y masculinas (Vargas, 2011).

#### 3.2.4.5. Cosecha.

A los 8 meses se puede tener la primera cosecha 200/250 kg p/ha. Desarrollada la planta, anualmente se obtiene alrededor de 10 Kg. de frutos por planta, de las cuales 4 Kg corresponden a la semilla. El rendimiento es de 25 t de frutos por hectárea y 10 t de semilla (con una población de 2.500 plantas por ha). Esta producción mejora con régimen de lluvias adecuadas en el año. (Quimbayo, 2010). La cosecha es manual (cultivo de alto impacto social), aunque se está trabajando en el desarrollo de maquinaria para cosecha.

#### 3.2.5. Problemas fitosanitarios

En el siguiente cuadro se presenta una síntesis de los principales problemas fitosanitarios reportados para *J. Curcas*.

**Cuadros 2. Plagas y enfermedades que afectan el cultivo de *Jatropha curcas*.**(fuente propia)

Nombre	Nombre científico	Tipo de daño	Fuente
Saltamontes y langostas	<i>Rhammatocerus pictus</i> . Orthoptera.	Laceraciones en las hojas del arbusto.	Barros, 2008
Chinche de patas	<i>Leptoglossus zonatus</i> . Hemiptera	Se alimentan de la savia de la semilla perjudicando su desarrollo normal.	Barros, 2008
Cochinilla Harinosa	<i>Planococcus</i> sp. Homoptera	Succionan savia de la planta y producen melaza en la cual los hongos se desarrollan fácilmente.	Torres, 2008
Acaro Rojo	<i>Panonychus citri</i> .	Se alimentan de las sabia causando daños severos en el cultivo por la defoliación.	Chan-López, 1997.
Mancha Angular del Piñón	hongo <i>Xanthomonas</i>	Son manchas de color café oscuro limitada por las nervaduras de tipo necrótico.	Barros, 2008
Pequita o Mancha circular	<i>Dothiorella</i> sp	Son manchas circulares pequeñas de color amarillo en el envés de las hojas de aspectos fungoso.	Chan-López, 1997.
Mildiu polvoso	<i>Oídium</i> sp.	Las hojas muestran lesiones pardas. Estructuras fungosas blancuzcas	Chan-López, 1997.

### 3.2.6. Materiales genéticos

El género *Jatropha* es morfológicamente diverso y comprende entre 160 y 175 especies, si bien algunos autores mencionan hasta 200 especies, las cuales están distribuidas principalmente en el trópico seco de América (Vargas, 2011).

## 3.3. SERVICIOS AMBIENTALES

Algunos servicios ambientales que le han sido atribuidos son (Goldemberg *et al.*, 2008):

- El cultivo del piñón puede contribuir a la diversificación de la matriz energética del país a través de la utilización del aceite como biocombustible en automotores, en motores de combustión interna en procesos industriales, en cocinas limpias, en lámparas caseras, etc.
- Reducción en el uso de energía fósil, por la producción de biodiesel. El aceite es refinado y sometido a la transesterificación, lo que produce glicerina como un derivado. El biodiesel puede usarse en su forma pura (100% biodiesel) o mezclado en cualquier proporción con diesel regular para su uso en motores de ignición a compresión. El biodiesel puro es biodegradable, no tóxico y esencialmente libre de azufre y compuestos aromáticos, sin importar significativamente el alcohol y el aceite vegetal que se utilice en la transesterificación. (Magdalena, 2011).
- La adaptabilidad del piñón a suelos degradados y a la sequía permite la recuperación de zonas deforestadas o desertificadas.
- El cultivo del piñón en secano (sin riego) no altera el balance hídrico.
- En los suelos contribuye a incrementar su fertilidad, disminuir las escorrentías, controlar la erosión y mejorar la capacidad de retención de agua.
- Favorece la biodiversidad y conservación ecológica en zonas marginales al mantener un hábitat ideal para insectos polinizadores, aves, reptiles y mamíferos.
- Contribuye a la captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

## 3.4. AGROINDUSTRIA DE LA *JATROPHA CURCAS*

En la siguiente figura se presentan los diferentes productos vinculados a la producción de *Jatropha curcas*, tanto de campo como resultado de procesamientos industriales, y algunos servicios ambientales.

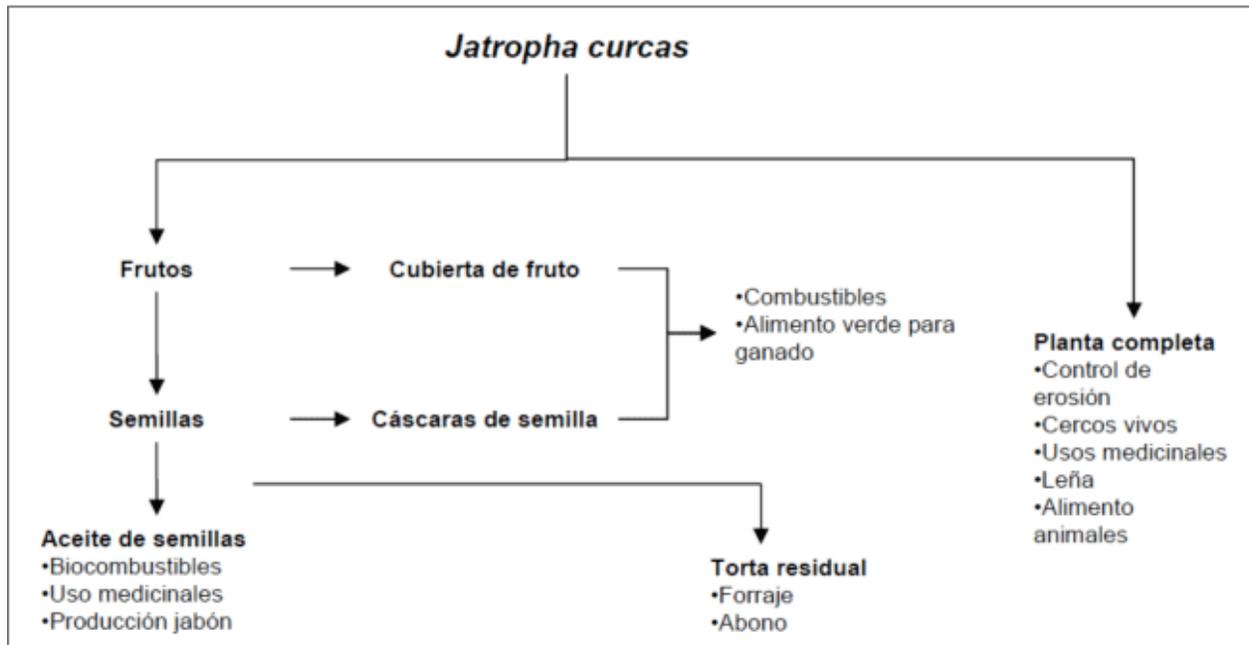


Figura 2. Productos y subproductos y los beneficios de la Jatrofa. (Camboya, 2008)

Porcentajes de subproductos del proceso de producción de aceite de Jatrofa (Henning, 2007):

- Semillas: 65%.
- Aceite: 38%.
- Torta residual: 62%.
- Cáscaras: 35%.

### 3.4.1. Componentes de la agroindustria

Los diferentes sectores humanos que podrían estar involucrados en las fases de la cadena productiva de *Jatropha curcas* son:

- Etapa de producción en campo: Productores individuales, asociaciones de campesinos, entidades de fomento gubernamentales y de investigación.
- Etapa de procesamiento en planta: aceites, tortas, otros
- Etapa de comercialización. Intermediarios, como personas naturales o empresas. Definen dinámica del mercado.
- Etapa de consumo: varios

#### 3.4.1.1. Uso de *J. curcas* como aceite.

El cultivo de *J. curcas* a lo largo de 10 años ha demostrado ser una fuente importante de bioenergía, y la vez se han encontrado otras características interesantes que lo convierten en cultivo alternativo, que brinda diferentes ventajas y subproductos, contribuye a aumentar el empleo y la participación directa de la mujer. *Jatropha curcas* L. (Quimbayo A, 2010), El objetivo

del estudio técnico consiste determinar los costos relacionados con la producción, los costos de operación y de inversión, pertinentes a ésta área que intervienen en el flujo de caja que se realiza en el estudio financiero (Santos, 2008; Sapag, 2007). 11 En este apartado se justifica el proceso de producción y la tecnología a emplear para obtener el producto, además define el tamaño del proyecto que está definido por la cantidad a producir en función de la fracción del mercado que se desea satisfacer (Fernández, 2007). Se deben especificar los requerimientos de mano de obra tanto a nivel operacional, como administrativo y gerencial, gastos de transporte, de suministros e insumos; deberán determinarse los requerimientos de equipos de fábrica para la operación tecnología y maquinaria; con lo que podrá precisarse su disposición en la planta, la que a su vez permitirá dimensionar las necesidades de espacio físico para su normal operación, en consideración de las normas y principios de la administración de la producción (Meza, 2013; Fernández, 2007; Sapag, 2007) .

La variabilidad del rendimiento de aceite de *J. curcas* es considerablemente alta, incluso para los frutos del mismo color, que, a pesar de la rápida acumulación de aceite en la maduración, la humedad es bastante alta, incluso para las muestras que se han secado en el árbol. La separación de la pulpa del fruto y el secado de la semilla debe hacerse rápidamente para evitar el aumento de la acidez del aceite. La variación del contenido de aceite de las muestras de semillas de los frutos de color verde amarillo, amarillo oscuro a marrón era el mismo, lo que indica una gran variabilidad, del 20.0 al 43.0% en base seca (Frauches, 2011).

En relación a la acidez, se trata de un análisis que no diferencian entre ácidos orgánicos y ácidos grasos libres provenientes de la hidrólisis de los triglicéridos. La acidez cuantificada para las muestras de color verde es elevada probablemente debido a la presencia de ácidos orgánicos o sustancias titularles con NaOH, la cual se va reduciendo a medida que el fruto madura. En las muestras de fruto marrón seco, la acidez del aceite se ve probablemente a la presencia de ácidos grasos libres, debido a la alta humedad. La acidez de 1,2 a 6,0 mg KOH/g, significaría de 0,6 a 3,0% de ácidos grasos libres (calculada como ácido oleico). La acidez se debe al hidrólisis de los triglicéridos por lipasas, en virtud a los procesos de germinación, en condiciones de alta humedad de la semilla (Frauches, 2011).

Cuadros 3. Norma de calidad para aceites vegetales DIN V 51605 Fuente: Frauches, 2011

PARÁMETROS	LIMITES	UNIDADES
Humedad	Max. 0.075	%
Ácidos grasos libres	Max. 2.	Mg KOH/g
Índice de yodo	95- 125	G yodo/100g
índice de centeno	Min. 39	
Densidad (15°C)	900- 930	Kg/m <sup>3</sup>

Viscosidad Cinemática (40).	Max. 36	mm <sup>2</sup> /s
Estabilidad oxidativa	Min. 6	Horas

### Uso como biocombustible

En cuanto a la factibilidad de implementación de mezcla, los fabricantes de vehículos automotores confirman que las unidades vehiculares actuales, están preparadas para aceptar mezclas de hasta un 10% de etanol con gasolina sin sufrir problema alguno. De hecho, ellos esperan que a estos niveles de porcentaje de mezcla solamente vehículos con problemas mecánicos de motor y poco mantenimiento sufran eventualmente algún problema. Para que un vehículo acepte una mezcla mayor al 10% de Etanol deben hacerse modificaciones al motor y dicho costo es elevado si se considera que tendría que hacerse a todo el parque automotor. Por ello se considera que no es económicamente factible en el corto plazo implementar más del 10% de mezcla de Etanol.

Como se puede apreciar en la siguiente figura, el ciclo de carbono en el Etanol es cerrado, por lo que la contaminación ambiental causada, es solo aquella relativa a las actividades externas necesarias para la producción de Etanol (operaciones de siembra, cosecha, transporte, almacenamiento, producción etc.). Según la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés), las contaminaciones generadas por estas operaciones equivalen a 0.2 Kg. de dióxido de carbono por cada litro de Etanol producido (Heller, 2008). De igual forma, se estima que un litro de gasolina convencional, genera una contaminación equivalente a 2,3 Kg. de dióxido de carbono por cada litro de gasolina generado y quemado. Por lo que esta cantidad corresponde a la reducción de emisiones obtenida por la producción de Etanol. (Heller, 2008)

El objetivo del estudio técnico consiste determinar los costos relacionados con la producción, los costos de operación y de inversión, pertinentes a ésta área que intervienen en el flujo de caja que se realiza en el estudio financiero (Santos, 2008; Sapag, 2007). En este apartado se justifica el proceso de producción y la tecnología a emplear para obtener el producto, además define el tamaño del proyecto que está definido por la cantidad a producir en función de la fracción del mercado que se desea satisfacer (Fernández, 2007).

Se deben especificar los requerimientos de mano de obra tanto a nivel operacional, como administrativo y gerencial, gastos de transporte, de suministros e insumos; deberán determinarse los requerimientos de equipos de fábrica para la operación tecnología y maquinaria; con lo que podrá precisarse su disposición en la planta, la que a su vez permitirá dimensionar las necesidades de espacio físico para su normal operación, en consideración de las normas y principios de la administración de la producción (Meza, 2013; Fernández, 2007; Sapag, 2007) . Por lo general, se estima que deben aplicarse los procedimientos y tecnologías más modernas, solución que puede ser óptima técnicamente, pero no serlo financieramente (Sapag & Sapag,

2007). El análisis en conjunto de estos mismos antecedentes hará posible cuantificar las necesidades de mano de obra por nivel de especialización, según Rosales (2007) se podrá entonces inferir los costos de operación.

De esta manera Meza (2013) afirma que se constituye en una de las etapas de pre-factibilidad que mayor atención requiere, debido a que toda la arquitectura financiera del proyecto, que corresponde a la estimación de inversiones, costos e ingresos está montada sobre sus resultados.

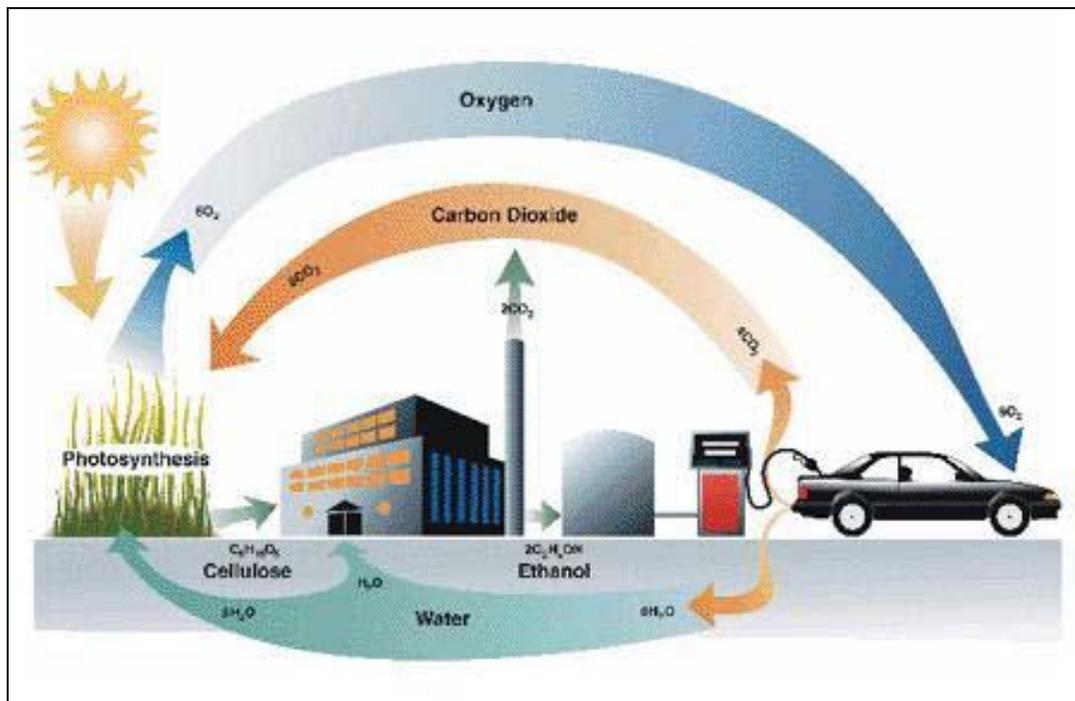


Figura 3. Ciclo de carbono en Etanol (Heller, 2008)

En los primeros tiempos el aceite de semillas de *Jatropha* fue utilizado para la producción de sopa, hasta que esta no dio beneficios. Actualmente, se busca que el aceite sea la parte de la planta que ingrese en el mercado de los combustibles. Este puede ser extraído por prensado o químicamente en pequeñas escalas la extracción química no puede ser alcanzada. Siete máquinas de extracción por prensado han sido evaluadas en Nepal y el aceite contenido en la semilla fue del 34,5%. Con solventes, la extracción posible fue de 95% al 99% del total posible a obtener.

El interés hacia la *Jatropha* como cultivo para la producción de biocombustibles se debe a la resistencia a las sequías (posibilidad de ser sembradas en zonas semiáridas) y no permite la competencia a tierras destinadas a la alimentación. Experimentos demostraron que el aceite de la *jatropha* es competitivo con el gasoil. (Heller, 2008)

El aceite filtrado puede ser usado en algunos motores, pero transesterificado en cualquier motor. La transesterificación se lleva a cabo en plantas centralizadas utilizando metanol para la reacción. Austria fundó una planta en Nicaragua donde se producen 1600 Ton anuales de biodiesel a un costo de U\$S 0.74 por galón (1472.6 pesos m/l colombiana por galón). Un reciente desarrollo

mostró que una mezcla de 80% de aceite de *Jatropha*, 14 de petróleo y 6% de alcohol pudo ser usado en muchos motores diésel, generando buenos resultados.

#### 3.4.1.2. Uso de *J. curcas* como torta de semillas

*J. curcas* genera aproximadamente 1 t de torta de semilla por hectárea. Si se toma a la India como ejemplo, se espera que esta planta se siembre en más de 20 millones de hectáreas en los próximos años, lo cual generará 20 millones de toneladas de torta de semillas por año. Se trata de un importante potencial de biomasa, sin embargo, en el momento, la torta de semilla es transferida al campo de cultivo para abono (Quimbayo A, 2010), por las características de la misma.

La torta obtenida como residuo no puede ser usada como alimentación animal por sus componentes tóxicos. Se estudió su viabilidad como desecho orgánico porque tiene contenido de nitrógeno similar a los desechos de pollo y castores. Los ensayos se realizaron en tierras con distintos cultivos, y mostraron toxicidad expresadas en reducción de germinación, cuando las tasas de aplicación superan las 5 Tn/Ha. Los frutos y las cáscaras de semillas pueden ser utilizados como material de quema. (Heller, 2008).

Alternativamente, puede ser fermentado para la producción de biogás. Esta libera más energía que el estiércol de ganado. La torta de semillas se puede convertir en estufa para el consumo doméstico o industrial. También puede ser sustrato para la producción industrial de enzimas como las proteasas y lipasas (Quimbayo A, 2010).

#### 3.4.2. Paquete técnico y antecedentes económicos

Es importante estudiar con énfasis la valorización económica de todas las variables técnicas del proyecto. El objetivo es exponer las bases principales de origen técnico que proveen la información económica al preparador del proyecto, así como una propuesta de formas de recopilación y sistematización de la información relevante de inversiones y costos que puedan extraerse del estudio técnico. Es posible desarrollar un sistema de ordenación, clasificación y presentación de la información económica derivada del estudio técnico. El estudio de ingeniería debe llegar a determinar la función de producción óptima para la utilización eficiente y eficaz de los recursos disponibles para la producción del bien o servicio deseado. (Rengifo, 2011).

De la selección del proceso productivo óptimo se derivarán las necesidades de equipos y maquinaria. De la determinación de su disposición en planta y del estudio de los requerimientos de los operarios, así como de su movilidad, podrán definirse las necesidades de espacio y obras físicas. El cálculo de los costos de operación, de mano de obra, insumos diversos, reparaciones, mantenimiento y otros, se obtendrá directamente del estudio del proceso productivo seleccionado. El estudio técnico, no se realiza en forma aislada del resto. El estudio de mercado definirá ciertas variables relativas a características del producto, demanda proyectada a través del tiempo, estacionalidad en las ventas, abastecimiento de materias primas y sistema de comercialización adecuado, entre otras, información que deberá tomarse en consideración al seleccionar el proceso productivo (Rengifo, 2011).

### 3.4.3. Proceso de producción

Este proceso se define como la forma en que una serie de insumos se transforman en productos mediante la participación de una determinada tecnología (combinación de mano de obra, maquinaria, métodos y procedimientos de operación).

Los distintos tipos de procesos productivos pueden clasificarse en función de sus flujos productivos o del tipo de producto, y cada caso tendrá efectos diferentes sobre el flujo de fondos del proyecto. Según el flujo, el proceso puede ser en serie o por pedido. El proceso de producción es en serie cuando ciertos productos cuyo diseño básico es relativamente estable en el tiempo y que están destinados a un gran mercado permiten su producción para existencias. Las economías de escala obtenidas por el alto grado de especialización que la producción en serie permite, van normalmente asociadas a bajos costos unitarios. (Rengifo, 2011)

Un proceso por pedido, es cuando la producción sigue secuencias diferentes que hacen necesaria su flexibilización a través de mano de obra y equipos suficientemente flexibles para adaptarse a las características del pedido. Este proceso afectará los flujos económicos por la mayor especialidad del recurso humano y por las mayores existencias que será preciso mantener.

Según el tipo de producto, el proceso se clasificará en función de los bienes o servicios que se van a producir; por ejemplo, procesos extractivos, de transformación química, de montaje, de salud, y transporte. Muchas veces un mismo producto puede obtenerse utilizando más de un proceso productivo. La alternativa tecnológica que se seleccione afectará en forma directa a la rentabilidad del proyecto. Por eso antes de seleccionar la tecnología más avanzada, se deberá elegir aquella que optimice los resultados. (Rengifo, 2011).

### 3.4.4. Efectos económicos del estudio técnico

Las necesidades de inversión en obra física se determinan principalmente en función de la distribución de los equipos productivos en el espacio físico. También es preciso considerar posibles ampliaciones futuras en la capacidad de producción que hagan aconsejable disponer desde un principio de la obra física necesaria, aun cuando se mantenga ociosa por algún tiempo. El proceso productivo, a través de la tecnología utilizada, tiene incidencia directa sobre el costo de operación. La relación entre costos de operación e inversión será mayor mientras menos intensiva en capital sea la tecnología. Por lo general el estudio técnico debe proporcionar información financiera relativa a todos los ingresos de operación posibles, por ejemplo los ingresos que se generan por la renta de subproductos (Rengifo, 2011).

### 3.5. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA DE *JATROPHA CURCAS*.

Según el estudio del Instituto Nacional de Estadística, INE, tomando como base los datos de la primera planta de procesamiento de biodiesel establecida en Michoacán, se obtuvieron los siguientes costos.

Cuadros 4. Costos preliminares de una hectárea de *J. curcas* en México. (Quimbayo A, 2010)

Componente del costo	Valor en moneda Colombiana
Costo agrícola (terreno y siembra)	\$ 3.383.784
Planta (1,100 a 1,500 plantas/ha).	\$ 6.579.580
Cosecha y transporte	\$ 3.383.784
Otros (fertilizantes, riegos, deshierbe)	\$ 7.519.520
Costo total	\$ 20.866.668

El costo final es bastante elevado debido a que incluye la inversión inicial en la compra de plantas o semillas y en la preparación del terreno. En los años posteriores sólo hay que tomar en cuenta gastos de fertilización, riego y limpieza del terreno y cosecha y transporte. Según el documento de SENER-BID-GTZ, tomando en cuenta la experiencia de otros países, se estima que el costo por hectárea en edad de plena producción puede llegar a 1.150 pesos, equivalente en pesos colombianos a \$170.439,74 (Henning 2007).

En ese mismo documento se calcula que el costo primo (es decir, el costo sumado de la mano de obra y los insumos agrícolas directos) del litro de biodiesel es de 2,64 pesos, ya descontados los beneficios de la venta de subproductos que se describen a continuación (Camboya 2008).

Las cáscaras de la semilla tienen un alto contenido calórico (16 MJ por kilogramo), por lo que se pueden usar o vender como combustibles en las comunidades rurales del programa de estufas eficientes. Las estufas eficientes funcionan con *pellets* de madera que tienen 18 MJ por kilogramo, es decir, sólo dos más que las cáscaras de *Jatrofa* (Henning 2007).

La semilla es rica en nitrógeno, fósforo y potasio, por lo que puede emplearse como fertilizante natural de los propios campos de *Jatrofa* o venderse para fertilizar otros cultivos. (Henning 2007).

La pasta de las semillas (torta residual) tiene entre 58% y 60% de proteína cruda y aminoácidos esenciales que puede ser vendida como alimento para ganado a un 80% del precio de la pasta de soya. (Henning 2007).

### 3.5.1. Costos relacionados al capital

Se hace referencia a una experiencia reportada por la Universidad del Magdalena (Magdalena, 2011), con relación a la producción de biodiesel, en la cual consideraron tres rubros a tener en cuenta para deducir los costos de la unidad productiva de la *Jatropha curcas*:

- La planta de biodiesel como tal.
- Los costos del terreno periférico a la planta.
- Los costos de desarrollo e ingeniería.

El precio del metro de terreno se calculó en \$127.612.73 pesos. La cantidad de terreno se calculó a razón de 0.33 metros<sup>2</sup> por cada tonelada de combustible a procesar para plantas pequeñas; y de 10.98 y .085 metros<sup>2</sup> por tonelada de producción para plantas grandes (Magdalena 2000).

### 3.5.2. Costos de mantenimiento

Para el cálculo de los siguientes costos, se partió de la definición de tamaños y tipos de plantas (Miranda, 2008).

**Cuadros 5. Conceptos de referencia para el promedio de inversión de capital total plantas (Miranda, 2008).**

Concepto de referencia	Materia Prima	Capacidad (toneladas al año)	Inversión de capital en la planta (miles de pesos)	Costo de la tierra (miles de pesos)	Inversión de capital total(miles de pesos por megawatt de bio-combustible)
Planta agrícola de biodiesel con prensa (pequeña escala)	semillas oleaginosas	3,6	1'726,869,54	152,198,67	307,324,24
Planta industrial de biodiesel con prensa(gran escala)	semillas oleaginosas	93,75	50'000.000	3'446,421,83	379,033,23

## 2.6. MERCADO DE *JATROPHA CURCAS*.

El mercado de *J. curcas* se hace interesante por su amplio espectro de ventajas, la más atractiva relacionada con la producción de biodiesel (Quimbayo A, 2010).

En el mercado internacional se aprecia el gran auge que ha tomado la *J. Curcas*. En países asiáticos con dependencia alta (> 80%) de los combustibles extranjeros tales como Tailandia, Camboya, Vietnam, Myanmar, Laos, Indonesia y La India, y que cuentan con tierras degradadas, también están disponibles para el cultivo de *J. curcas* (al Weyerhaeuser y otros, 2007).

El consumo actual de diesel en Brasil es de aproximadamente 40 mil millones l/año, y es el mercado potencial para el biodiesel en la actualidad 800 millones de litros y debe alcanzar dos millones de litros en 2013. Los precios varían entre 0,3 y 0,8 dólares EE.UU./l, de acuerdo con el área de producción (Barros, 2006).

De otro lado, también se le ha encontrado usos en la industria aérea. En el segundo semestre del 2010, la compañía aérea TAM, con la colaboración de Airbus y CFM International, usaron aceite de *Jatropha*, procedente de Brasil, en un vuelo de demostración sin pasajeros dentro del Airbus A320. Con este hito se consigue una reducción importante en las emisiones de carbono, que de acuerdo a estudios realizados por la Universidad Tecnológica de Michigan, el biocombustible de aviación producido a partir de *Jatropha* permite una reducción entre el 65% y el 80% en la emisión de carbono, en relación al queroseno de aviación derivado del petróleo.

El consumo es un aspecto fundamental por la posibilidad que tiene el biodiesel de sustituir al gasoil o mezclarse con el mismo en la proporción que desee cada país.

Conociendo la proyección del mercado internacional de la *Jatropha curcas*, podemos argumentar que nacionalmente este producto no ha llegado a su máxima expresión, pero vale la pena resaltar lo beneficioso que es por su rendimiento e utilidad, la *Jatropha curcas* está recorriendo el camino al punto de radicarse como fuente primaria de generación de biodiesel. El mundo moderno enfrenta una encrucijada energética y ambiental sin antecedentes. La progresiva reducción en las reservas de petróleo, el desequilibrio geográfico en su distribución y consumo y el continuo crecimiento en la demanda, viene presionando el alza en su precio e incrementando el vertimiento de gases de efecto invernadero GEI, con la desastrosa consecuencia del calentamiento global. Según el informe Stern y el IPCC avalados por la Comisión Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, si se mantiene la actual tasa de crecimiento de las emisiones de GEI, la temperatura del planeta puede subir hasta 6 grados °C en los próximos 50 años, causando una catástrofe mundial de proporciones impredecibles. Las solas pérdidas económicas están evaluadas entre el 15 y el 20% del producto interno bruto (PIB) del conjunto mundial de las naciones. Esto sin contar las pérdidas en biodiversidad y calidad general de la vida. Estos mismos informes dan cuenta, que las medidas que hay que tomar en la actualidad para evitar esta catástrofe, sólo costarían un 1% del mismo PIB mundial (Magdalena 2011).

### 3.6.1. Situación actual de la producción mundial de biodiesel

El uso por primera vez de aceites vegetales como combustibles, se remontan al año de 1900, siendo Rudolph Diesel, quien lo utilizara por primera vez en su motor de ignición - compresión y quien predijera el uso futuro de biocombustibles. Durante la segunda guerra mundial, y ante la escasez de combustibles fósiles, se destacó la investigación realizada por Otto y Vivacqua en el Brasil, sobre diésel de origen vegetal, pero fue hasta el año de 1970, que el biodiesel se desarrolló de forma significativa a raíz de la crisis energética que se sucedía en el momento, y al elevado costo del petróleo. Las primeras pruebas técnicas con biodiesel se llevaron a cabo en 1982 en Austria y Alemania, pero solo hasta el año de 1985 en Silberberg (Austria), se construyó la primera planta piloto productora de RME (Rapeseed Methyl Ester - metil estero aceite de semilla de colza). Hoy en día países como Alemania, Austria, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Malasia y Suecia son pioneros en la producción, ensayo y uso de biodiesel en automóviles.

El biodiesel es un combustible líquido muy similar en propiedades al aceite diesel, pero obtenido a partir de productos renovables, como son los aceites vegetales y las grasas animales. El biodiesel - en comparación con el diesel de recursos fósiles- puede producirse a partir de aceites vegetales de diferentes orígenes, como soya, maní y otros aceites vegetales, tales como el aceite para cocinar usado, o incluso, excremento animal.

Para producir el biodiesel, el aceite se extrae de la semilla cultivada, dejando atrás harina de semilla que puede usarse como forraje animal. El aceite es refinado y sometido a la transesterificación, lo que produce glicerina como un derivado. El biodiesel puede usarse en su forma pura (100% biodiesel) o mezclado en cualquier proporción con diesel regular para su uso en motores de ignición a compresión. El biodiesel puro es biodegradable, no tóxico y esencialmente libre de azufre y compuestos aromáticos, sin importar significativamente el alcohol y el aceite vegetal que se utilice en la transesterificación.

En Europa, es producido principalmente a partir del aceite de la semilla de canola (también conocida como colza o Rapeseed) y el metanol, denominado comercialmente como RME (Rapeseed Methyl Ester), el cual es utilizado en las máquinas diesel puro o mezclado con aceite diesel, en proporciones que van desde un 5% hasta un 20%, generalmente. En Alemania y Austria se usa puro para máximo beneficio ambiental. Además de la colza, en los últimos años se ha producido biodiesel a partir de soya, girasol y palma, siendo esta última la principal fuente vegetal utilizada en Malasia para la producción de biodiesel PME y PEE (Palm Methyl Ester y Palm Ethyl Ester).

### 3.6.2. Experiencias y penetración del mercado

En Europa y los EE UU, el biodiesel es producido y utilizado en cantidades comerciales. En 1998, la DOE designó al biodiesel puro ("B100" - 100%), como un combustible alternativo y estableció un programa de créditos para el uso de biodiesel. Sin embargo el biodiesel mezclado, cuya forma más común se llama B20 (20% biodiesel, 80% diesel convencional), no ha sido designado como un combustible alternativo. En los EE UU, flotas de carga mediana y liviana que

son centralmente llenadas de combustible en el medio oeste y en el este son actualmente las principales usuarias del combustible biodiesel.

Las porciones del mercado total son bajas: por ejemplo, en Alemania, donde el biodiesel está disponible en cerca de 1.000 de un total de 16.000 estaciones de llenado de combustible, la participación del biodiesel está en el orden de 0,3% del diesel vendido, lo cual equivale a 100.000 t. Se espera que esto se eleve a quizás 300.000 en el futuro anticipable, pero incluso los optimistas no esperan que la participación se eleve por sobre un 5%-10% como máximo.

Varias flotas de buses escolares y de transporte público están usando biodiesel en los EE UU. Según, el uso del biodiesel como un combustible alternativo (esto es, en su forma pura) no se espera que sea importante, pero como una mezcla puede aumentar en los EE UU y en otras partes, aunque quizá principalmente en flotas cautivas con llenado de combustible central o nicho de mercado en áreas ambientales sensibles.

### 3.6.3. El aceite de *Jatropha* hace volar a América Latina

El consumo es un aspecto fundamental por la posibilidad que tiene el biodiesel de sustituir al gasoil o mezclarse con el mismo en la proporción que desee en Argentina. En el caso que se quiera cubrir la demanda de combustible del sector agropecuario se requerirían unas 3,70 millones de toneladas adicionales.

Estas determinaciones implican absorber el 66% aprox. de la oferta nacional de producción de soja, que en su última campaña 1999/2000 alcanzó los 20,2 millones de toneladas (Adreani, et al 2000). En el caso hipotético de querer cubrir el 100% de la demanda de combustible (diesel) mediante una mezcla de B20 implicaría unas 13,7 millones de toneladas, es decir el 74% de la producción nacional (Ugolini, 2000).

La Argentina presenta importantes ventajas para la elaboración de biodiesel: en casi la totalidad de su territorio se presenta algún producto agropecuario para la transformación en aceite: soja, *Jatropha*, girasol, maní, colza, palma, lino, cártamo, nabo, aceites usados, grasa animales y otros cultivos no oleaginosos cuya semilla pueda contener aceite. Ej.: algodón. Actualmente, las plantas elaboradoras de aceites se localizan en 6 provincias argentinas, la mayoría de las mismas cercanas a las zonas de embarque de la Pcia. De Santa Fe, y sur de la Provincia de Buenos Aires, respondiendo a la actual estructura agro-exportadora Argentina. Existen otras áreas donde la producción también es factible.

La compañía aérea TAM, con la colaboración de Airbus y CFM International, usará aceite de *Jatropha*, procedente de Brasil, en un vuelo de demostración sin pasajeros dentro del Airbus A320 programado para el segundo semestre de 2010. Con este hito se consigue una reducción de hasta el 80% en las emisiones de carbono, según estudios realizados por la Universidad de Tecnológica de Michigan demuestran que el biocombustible de aviación producido a partir de *Jatropha* permite una reducción entre el 65% y el 80% en la emisión de carbono, en relación al queroseno de aviación derivado del petróleo. Su presidente, Líbano Barroso, quiere demostrar

con este hito el compromiso social y de sostenibilidad de la empresa: “Utilizamos nuestros mejores esfuerzos para usar la materia-prima brasileña en la producción de ese biocombustible con beneficios económicos y sociales relevantes. La biomasa, fuente de nuestro bioqueroseno de aviación, es 100% nacional, procedente de proyectos de agricultura familiar y haciendas del interior de Brasil, que se dedican a la cultura pionera del *Jatropha*.”

El vuelo de demostración será la primera experiencia de este tipo en América Latina, con una innovadora combinación de este tipo de aeronave y motor volando con bioqueroseno de avión producido a partir de *Jatropha*. La realización del vuelo será seguida por los órganos reguladores del sector de aviación. Existen actualmente 60 mil hectáreas de tierra en Brasil con plantaciones de *Jatropha* gracias a las condiciones climáticas favorables. Para poderla distribuir a escala comercial, se estima que sería necesario expandir una superficie cultivada de cerca de 1 millón de hectáreas, suficiente para atender en torno al 20% del consumo nacional.

La experiencia acumulada en Centroamérica muestra un primer proyecto del cultivo, a gran escala, fue implementado por pequeños agricultores, para el cual la organización Roundtable for Sustainable Biofuels (RSB) quiere otorgarle una certificación de sostenibilidad, en beneficio de pequeños agricultores. Este sería el primer proyecto con esta certificación a nivel mundial, lo que elevaría el perfil de Guatemala como líder en la producción sostenible de biocombustibles.

Empresas multinacionales, incluyendo Boeing, han validado las recomendaciones de la organización RSB. Los países que logren implementar proyectos de producción de biocombustibles con la certificación de RSB tendrán una ventaja competitiva para atraer inversión extranjera directa a medida que esta industria crezca a nivel mundial. La producción de biocombustibles, específicamente cultivando *Jatropha*, permite reducir las importaciones del recurso fósil y expandir la frontera agrícola del país, proporcionando oportunidades de desarrollo económico y social.

#### 3.6.4. Estado actual del biodiesel en Colombia

El mundo moderno enfrenta una encrucijada energética y ambiental sin antecedentes. La progresiva reducción en las reservas de petróleo, el desequilibrio geográfico en su distribución y consumo y el continuo crecimiento en la demanda, viene presionando el alza en su precio e incrementando el vertimiento de gases de efecto invernadero GEI, con la desastrosa consecuencia del calentamiento global. Según el informe Stern y el IPCC avalados por la Comisión Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, si se mantiene la actual tasa de crecimiento de las emisiones de GEI, la temperatura del planeta puede subir hasta 6 °C en los próximos 50 años, causando una catástrofe mundial de proporciones impredecibles.

Las solas pérdidas económicas están evaluadas entre el 15 y el 20% del producto interno bruto (PIB) del conjunto mundial de las naciones. Esto sin contar las pérdidas en biodiversidad y calidad general de la vida. Estos mismos informes dan cuenta, que las medidas que hay que tomar en la actualidad para evitar esta catástrofe, sólo costarían un 1% del mismo PIB mundial. Esto ha llevado a las naciones industrializadas signatarias del Protocolo de Kyoto, (del cual Colombia es

firmante), a comprometerse a reducir en un 5% sus emisiones de GEI para el año 2012, y para ello cuentan con tres opciones: Reducir sus emisiones propias, acometer Mecanismos de Desarrollo Limpio MDL, o comprar Certificados de Reducción de Emisiones CER, generados por los MDL adelantados por cualquier otro país.

Colombia no es ajena a esta problemática. Adicionalmente a su disminución en las reservas petroleras, viene enfrentando un déficit en su balanza comercial de derivados, para convertirse en importador neto. En las grandes ciudades colombianas se presentan altos niveles de contaminación ambiental, causado por el alto consumo y la baja calidad de los combustibles.

Ante esta sombría panorámica, los biocombustibles se presentan como una alternativa de primer orden para mitigar la emisión de GEI y el calentamiento global, y una extraordinaria oportunidad para nuestro país que cuenta con más de 23 millones de hectáreas adecuadas para el cultivo de agro energéticos, sin entrar en competencia con las zonas dedicadas a la actividad agropecuaria para producción de alimentos y, a diferencia de los países mayores productores de biocombustibles (Indonesia y Malasia con el 85% del total mundial), sin talar un solo árbol. Esta condición le permite convertirse en una potencia mundial en producción de biocombustibles. El Gobierno Colombiano consciente de esta oportunidad, ha venido tomado una serie de medidas que incluyen exenciones tributarias e incentivos financieros, para estimular el desarrollo de la industria del alcohol carburante a partir de caña, remolacha, yuca y demás especies ricas en carbohidratos, y del biodiesel a partir de palma, higuera, *Jatropha* y otras oleaginosas, dentro de un plan estratégico a 20 años, que nos llevaría a sembrar 6.3 millones hectáreas generando cerca de 1.5 millones de empleos.

En el caso de la *Jatropha curcas* (piñón manso) aparece como una especie muy interesante para Colombia por varias razones: Su cultivo no competiría con terrenos aptos para otros cultivos, puesto que sobrevive y crece en zonas relativamente marginales para la agricultura, por su clima bastante seco como es el caso de la costa Caribe colombiana, podría combinarse con especies de leguminosas para el suministro de nitrógeno y podría servir adicionalmente para recuperar zonas degradadas. Sin embargo actualmente se hacen pruebas en cuanto a la siembra de esta oleaginosa en el departamento de ANTIOQUIA entre otros. El programa “BIODIESEL SOSTENIBLE PARA ANTIOQUIA” comprende tres proyectos que profundizan en el entendimiento de una especie, la *Jatropha curcas* tanto a nivel agronómico (en tres regiones y sin combinar y combinada con la especie leguminosa) como en sus aspectos de reproducción in Vitro y mejoramiento genético.

Adicionalmente, se ejecuta un análisis multicriterio de identificación y evaluación de las zonas más aptas para su cultivo, en el cual se integran todos los aspectos económicos, tecnológicos, científicos, ambientales, sociales, culturales y agronómicos.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El estudio se realizó en el departamento del Magdalena, el cual limita al norte y al oeste con el mar Caribe, al este con Venezuela; al sur con el departamento del Cesar y al suroeste con el departamento del Magdalena. Su capital es Santa Marta. Está conformada por 15 municipios, contando en 2011 con una población de 846.641 habitantes. Desde la década de 1970 ha sido punto de llegada de movimientos poblacionales e inmigraciones de países de Medio Oriente, hecho que ha ocasionado un crecimiento población acelerado que a su vez genera una riqueza demográfica. En su territorio se encuentran tres parques naturales, cinco pueblos nativo-americanos y una gran comunidad musulmana que ha tenido un trascendental papel en su economía (PLAN DE DESARROLLO DEPARTAMENTAL 2008 - 2011).

En sus características climatológicas, resalta en poseer todos los pisos térmicos de la zona intertropical con temperaturas promedio entre 35 y 40°C (PLAN DE DESARROLLO 2008-2011) En sus características ecológicas constituye variedades de ecosistemas terrestres, entre los más predominantes se encuentran el matorral espinoso y el bosque seco tropical.



Figura 4. Localización Geográfica del el Departamento del Magdalena (Hansa , 1992)

## 4.2. DISEÑO DE ESTUDIO

El tipo de investigación a desarrollar en este estudio es **descriptivo y el método es inductivo** por que se busca identificar de manera sistemática los diferentes elementos y componentes que intervienen en el medio geográfico y agroindustrial, para establecer si existen condiciones para el establecimiento de *J. curcas* en el Magdalena.

## 4.3. ALCANCE Y RESTRICCIONES.

El presente proyecto contempla todas las condiciones técnicas, de infraestructura, equipos y recursos humanos para llevar a cabo la factibilidad de incursionar la agroindustria de la *Jatropha Curcas* en el departamento del Magdalena, potencializando los productos derivados de ella que son altamente aprovechables como generadores de biocombustibles; debido a las características morfológicas de la planta y su capacidad de adaptación.

Se espera que la *Jatropha* tenga los siguientes alcances y limitaciones:

**Alcances:** La *Jatropha Curcas* es una alternativa frente a los problemas medio ambientales y los altos costos de los combustibles, siendo así, el proyecto contempla la infraestructura, equipos y recursos humanos necesarios para realizar el estudio de factibilidad de una (01) unidad productiva de ***Jatropha Curcas***, servir como base para otras investigaciones referentes al uso de fuentes alternativas para la generación de biocombustibles más rentables y amigables con el medio ambiente.

**Limitaciones:** Los resultados en cuanto a producción y rentabilidad, varían dependiendo de la ubicación geográfica en la que se pretenda llevar a cabo la implementación de este estudio de factibilidad, debido a que la delimitación del presente, está configurada para una (01) unidad productiva de *Jatropha Curcas* en el departamento del Magdalena.

**Tiempo:** El tiempo requerido para la ejecución del proyecto de un (01) año, tiempo en el cual se obtiene la primera cosecha y posterior comercialización del producto.

**Costo:** El monto destinado para la producción de una unidad productiva de *Jatropha Curcas* en el departamento del Magdalena, es de \$ 20.866.668, el cual varía dependiendo de la cobertura que se desee abarcar, es decir, si el alcance del proyecto se visualiza a mayor escala, el costo del mismo aumentará, a su vez, si se desea recuperar la inversión realizada en menor tiempo, los costos de producción tendrán unas tarifas más elevadas y por consiguiente es fundamental contemplar.

#### 4.4. CONTEXTUALIZACIÓN

Es importante conocer la viabilidad de la producción agroforestal de *J curcas* en el Departamento del Magdalena, dado su potencial productivo y también las condiciones ambientales del departamento, para las cuales la especie ha mostrado altos niveles de tolerancia. (CORPOICA, 2010). Entidades privadas como Cerrejón, CORPOICA y Gota Verde entre otras, dentro de sus programas de trabajo vienen desarrollando una serie de acciones; en el cual se encuentra el estudio de la especie.

#### 4.5 METODOLOGÍA PARA REALIZAR EL ESTUDIO TÉCNICO

Para elaborar el estudio técnico se han considerado los siguientes temas: localización, tamaño, tecnología, ingeniería, aspectos administrativos, costos de inversión, operación y aspectos legales. En este proyecto se trabajará los tres primeros.

##### 4.5.1. Localización del proyecto

Se incluye para seleccionar la ubicación más conveniente del proyecto, utilizando como parámetro de selección la alternativa que produzca un mayor beneficio para los usuarios y la comunidad. (Guevara, Barboza, 2008)

La localización se hace en función de dos factores:

- Relacionado con los consumidores del servicio.
- Localización de los insumos, o disponibilidad de recursos (físicos, Financieros, etc.).
- En el caso que sea necesario se deberá considerar cualquier tipo de restricciones de tipo ambiental.

De esta forma el análisis de la macro localización lleva a la selección de una o varias áreas de mayor conveniencia para luego proceder a la micro localización.

Para la decisión de micro localización, tienen especial importancia aspectos como:

- Existencias de vías de comunicación
- Topografía y estudios de suelos
- Condiciones ambientales
- Precio de la tierra
- Tamaño y tecnología
- Planes de desarrollo

- Zonas de interés Nacional o institucional

El análisis de la localización deberá acompañarse de un mapa en escala 1:500.000, para lograr una visualización clara de la ubicación y la relación con el entorno.

No hay, en general, un factor que sea más importante que otro. La importancia de cada uno de los factores locacionales está asociada a la naturaleza específica.

Por tales motivos la mejor ubicación para el proyecto es al sureste del Magdalena exactamente en esta zona, teniendo en cuenta la cercanía para con el Cerrejón, empresa con un alto valor relevante como población objetivo para la comercialización de la *jatropha curcas*

#### 4.5.2. Tamaño del proyecto

Por tamaño del proyecto se entiende la capacidad de producción o prestación de servicio en un período de referencia. Técnicamente, la capacidad es el máximo de unidades (bienes o servicios) que se puede obtener de unas instalaciones productivas por unidad de tiempo. El análisis del tamaño de un proyecto otorgara como objeto dimensionar conjuntamente la capacidad efectiva de producción y su nivel de utilización, tanto para la puesta en marcha como en su evolución durante la vida útil del proyecto. (Guevara,Barboza, 2008)

El tamaño del proyecto debe indicarse en el tipo de unidades que mejor expresen su capacidad de producción. La cantidad de producto por unidad de tiempo es normalmente la medida más adecuada, pero igual se puede utilizar factores como población o área de cobertura. (Guevara,Barboza, 2008)

#### 4.5.3 .Tecnología

Este aspecto se refiere al conjunto de procedimientos y medios que el proyecto utiliza para la producción del servicio, se tendrá que considerar y escoger las diversas alternativas y los beneficios de utilizar alguna opción. La tecnología de un proyecto está en función de: las características de los usuarios, la disponibilidad de los insumos, el proceso de producción de servicios, el recurso humano requerido, el equipo necesario, el impacto al ambiente y los efectos sociales. (Guevara,Barboza, 2008).

### 4.6. METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE MERCADO

En el Estudio de mercado deberá tener como propósito analizar el contexto donde se actuará el proyecto, dentro del mismo dará una idea de la empresa dueña del proyecto. El estudio pretende determinar el comportamiento de las variables y el grado de incertidumbre o riesgo que correrá el producto de *J. curcas* que se brindará. (Guevara,Barboza, 2008)

Dentro de este análisis se manifestará la existencia de una demanda insatisfecha, y determinar la capacidad de producción del producto en estudio.

Es el estudio y análisis de la demanda. Partiendo de estas necesidades, el estudio de mercado puede comprender los siguientes aspectos (Guevara,Barboza, 2008).

#### 4.6.1. Definición del producto

En este apartado se debe describirán profundamente la naturaleza y característica del producto *J. Curcas* y sus características que nos encaminen al desarrollo óptimo de la metodología para concluir el estudio de mercado.

#### 4.6.2. Objetivos del estudio de mercado

La finalidad del estudio de mercado es facilitar y contribuir a la toma de decisiones, al verificar las verdaderas potencialidades del mercado y así reducir los riesgos, lo que no se debe perder de vista, el mercado es un monopolio natural y legal como se desarrollará posteriormente. También se podrá determinar con un buen grado de precisión la demanda que tendrá el producto, se estimara las tarifas que harán al sistema sostenible.

#### 4.6.3. Análisis de la demanda

La demanda es la cantidad de bienes o servicios que el mercado requiere, en este caso corresponde cumplir con la cobertura para la zona donde se desarrolla el proyecto y también es un factor fundamental para determinar la rentabilidad del mismo. (Guevara,Barboza, 2008)

Durante este estudio se puede identificar las características de la zona, basándose en la perspectiva histórica y actual demanda del, y de esta manera proyectar lo que los usuarios estarían dispuestos a consumir en el futuro. (Guevara,Barboza, 2008)

Con este estudio es también se podrá determinar las variables que puedan modificar este patrón de consumo tendiente, reconociendo siempre la naturaleza del servicio y el sector al cual pertenece el proyecto.

En importante considerar las técnicas de predicción para determinar la demanda futura del servicio, esta proyección se basará en los datos conocidos y aquellos factores que se consideren necesarios que puedan modificar estas condiciones, además de todos aquellos que introducidos al proceso puedan promover cambios en las estructuras sociales y económicas. (Guevara,Barboza, 2008)

Para ello es necesario:

a) Análisis de la Población y b) Estimación de la población, para estos puntos:

##### 4.6.3.1 Análisis de la población

Se debe identificar, caracterizar y cuantificar la "población" actual, y delimitarla en un área geográfica, también se debe estimar su evolución para los próximos años y definir, en calidad y cantidad, los bienes o servicios necesarios para atenderla. Es el primer paso que nos permite conocer la demanda.

En el proceso del análisis para la determinación de la demanda social, podemos identificar, de mayor a menor, tres tipos de poblaciones:

- Población de referencia: Es una cifra de población global, que tomamos como marco de referencia para cálculo, comparación y análisis de la demanda, dentro de este contorno esta: los dueños de vehículos a gasolina o diesel que generan daños tóxicos al planeta además de las empresas mineras (Cerrejón, Drumond, Grodco, INTERASEO, ESSMAR ESP, entre otras) con alrededor de 1.000 vehículos con un alto consumo de combustible, además de otras maquinarias que se verían beneficiados con el biodiesel producido de la *Jatropha curcas*, constructoras (Castro Theracssi, la Macuira inversiones y construcciones y Avila ltda), de servicios `públicos (Interaseo s.a. e.s.p y Electricaribe s.a) ubicadas en el Magdalena que por ley deben ayudar, contribuir a tener un futuro verde (protección de la capa de ozono).
- Población afectada: Es el segmento de la población de referencia que requiere de los servicios del proyecto para satisfacer la necesidad identificada. También llamada población carente, dentro de este marco de referencia está la población beneficiada con la generación de empleos directos e indirectos, además de los pequeños y grandes contribuyentes.
- Población objetivo: Es aquella parte de la población afectada a la que el proyecto, una vez examinados los criterios y restricciones, está en condiciones reales de atender, así colocando de esta manera de mayor a menos relevancia empresas y/o ciudadanos beneficiados y nombrados anteriormente.

#### 4.6.3.2. Información actualizada disponible

La información se puede tomar directamente de estudios realizados durante el último año, como: censos de población o estudios especiales que hayan sido elaborados por entidades de confianza. Pero esta es una situación excepcional, ya que los censos de población se llevan a cabo entre períodos bastante prolongados (normalmente cada 10 años) y, en ausencia de censos, los estudios específicos realizados puntualmente en los municipios también son la excepción.

Normalmente, los datos que se publican de los resultados censales contemplan datos agregados: la población total del municipio, descompuesta entre hombres y mujeres y entre área urbana y zona rural. Si se desea conocer la población a un nivel, se requiere extender la consulta específica a las instituciones nacionales o estatales que provean información estadística, precisando cartográficamente (sobre mapas) el contorno espacial.

### 4.7. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA.

El estudio financiero tiene como finalidad aportar una estrategia que permita al proyecto allegarse los recursos necesarios para su implantación, y contar con la suficiente liquidez y solvencia, para desarrollar ininterrumpidamente operaciones productivas y comerciales. El estudio financiero aporta la información necesaria para estimar la rentabilidad de los recursos que se utilizarán,

susceptibles de compararse con otras alternativas de inversión. (Moeller, Segui, Rivas, Escalante, 1992)

La metodología desarrollada permite decidir sobre la conveniencia o no de financiar la producción de *J. curcas*. Esta metodología fundamenta su principio en el análisis del Valor de gastos operativos y flujos netos de efectivo a lo largo de la vida útil del proyecto (Moeller , Segui , Rivas , Escalante, 1992).

Para realizar la selección de las diferentes alternativas propuestas por el estudio técnico, se someten los presupuestos obtenidos para cada tren de tratamiento establecido, al análisis financiero. Estos presupuestos se alimentan a una serie de hojas de cálculo, diseñadas y relacionadas entre sí para obtener de esta forma la Hoja de Estado de Resultados; siendo éste, el primer criterio de evaluación para seleccionar los trenes de tratamiento y el costo por hectárea más económico y productivo. (Moeller , Segui , Rivas , Escalante, 1992)

Además, evaluar los costos operativos y administrativos para verificar y concluir la optimización relevancia y factibilidad del estudio a base de los resultados encontrados y así encaminar el proyecto para un bienestar ambiental y socioeconómico para el departamento del Magdalena.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL PROYECTO PARA UNA UNIDAD TÉCNICA PRODUCTIVA DE *JATROPHA CURCAS*.

#### 5.1.1. Ubicación

El Departamento del Magdalena está situado en el norte del país, en la región de la llanura del Caribe; localizado entre los **08°56'21''** y **02°18'24''** de latitud norte y a los **73°32'59''** y **74°55'51''** de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 23.188 km<sup>2</sup> lo que representa el 2.0 % del territorio nacional. Limita por el Norte con el mar Caribe, por el Este con los departamentos de La Guajira y Cesar, por el Sur y Oeste con el río Magdalena, que lo separa de los departamentos de Bolívar y Atlántico. (Gonzalez, 2012).

La *Jatropha*, por sus atributos adaptativos a condiciones limitantes de suelo y agua, se constituye en una especie con potencial comercial en el país. Es evidente, por su condición de planta sin domesticación y por el desconocimiento del comportamiento en condiciones locales, la necesidad de realizar la investigación coherente que permita generar la información para reducir los riesgos de la inversión a escala empresarial. Por ello, esta investigación hace parte de un grupo de documentos que describen los componentes de la investigación de *Jatropha* en nuestro departamento en función de la Red de Biocombustibles de CORPOICA y el CERREJON. El estudio preliminar de suelos, reflejó como resultado que se puede recurrir a la siembra de 50 mil hectáreas de *jatropha curcas* sin incurrir en un alto costo de oportunidad (esto es sin sacrificar su producción agrícola actual ni deforestar bosques) (Campuzano, 2011).

De otro lado, el cultivo de piñón o jatrofa será una contribución al departamento del Magdalena ya que generaría nuevos empleos, ampliaría el desarrollo sostenible de la región en su nivel social, el sector de ciencia y tecnología tendría otro desarrollo y una inversión económica más alta. Teniendo en cuenta que en la región está la población objetivo demarcada por la empresa minera, de servicios públicos y constructoras, y sin restarle importancia a todos los dueños de vehículos que no utilizan el biocombustible como elemento de combustión para darle movimiento a su vehículo, el combustible diésel contamina el ambiente pero con la mezcla de biocombustible, es posible llegar a un nivel de contaminación de 80% menos que el combustible fósil (Rengifo, 2011).

#### 5.1.2. Estudio de suelo

En estudios realizados anteriormente se demuestra que el terreno del Cerrejón cuenta con un tipo de suelo bien drenado con una estructura abierta y aireada. El grado de acidez del suelo se encuentra en 6,6 y el cultivo de piñón está en el rango de pH 5,5 a 8,8 aproximadamente (Barrientos, 2012), esta información primaria resulta comparativamente con el suelo del

departamento del Magdalena homologa, pues este mismo reúne condiciones, fisiología y elementos totalmente similares.

### 5.1.3. Trasplante

Se necesita un ofertante de semillas, siembra en vivero y actividad de trasplante. Se llevan plántulas a campo de 15 cm de altura. Se debe garantizar humedad permanente<sup>1</sup>.

### 5.1.4. Características del suelo y fertilización

El cultivo de la *Jatropha* está mostrando mejores resultados en zonas con clima semiárido, temperaturas mayores a 24°C. Con relación al suelo, debe tener buen drenaje, buena aireación, con abundante materia orgánica, y con disponibilidad de nutrientes en las etapas de trasplante, post-trasplante y prefloración (Campuzano L. , 2009-2010), (Rengifo, 2011).

Experiencias en otros lugares señalan la necesidad de aplicarlos, dependiendo de la oferta del suelo, el material genético y los requerimientos de la misma. Se reportan algunos fertilizantes químicos, (Barrientos, 2012), pero también se pueden plantear fuentes por actividad microbiana.

Cuadros 7. Requerimientos de fertilización para *Jatropha curcas*. (Barrientos, 2012)

AÑO	1	2	3	4	5
requerimiento anual	Kg/ha/año	Kg/ha/año	Kg/ha/año	Kg/ha/año	Kg/ha/año
N	23	34	69	103	229
P	7	11	21	32	71
K	34	50	101	151	336

### 5.1.5. Impacto generales.

El cultivo de *Jatropha curcas* es importante por varias razones (Rengifo, 2011):

Contribuirá en el desarrollo sostenible de la región a nivel social: (a) Generando nuevos empleos y alivio de la pobreza; (b) Reduciendo la migración rural hacia las grandes urbes; (c) Generando productos en reemplazo de otros cultivos.

Contribuirá en el desarrollo sostenible de la región y del país a nivel económico: (a) Ingreso de divisas al país por ser un sector exportador. (b) Impulsando otros sectores agrícolas e industriales que producen insumos; (c) Tecnificando el cultivo, con reducción de costos y manteniendo niveles internacionales de competitividad. (d) Balanza comercial; (e) Las inversiones económicas del sector en Ciencia y Tecnología serán traducidas en ganancias tecnológicas; (f) La siembra de

<sup>1</sup> CORPOICA-CERREJÓN-COLCIENCIAS. Informe parcial. Junio 2013. A través de oficina de Gestión Ambiental, Cerrejón Coal Ltda.

*Jatropha* se convertirá en una actividad rural, lícita que pagaría impuestos y con ello se potencializaría el desarrollo del país.

Contribuiría en el desarrollo sostenible de la región y del país a nivel ambiental: (a) Crecimiento y reproducción de plantines; (b) Recuperación de suelos infértiles (suele denominarse recuperadora de desiertos); (c) Mejoramiento genético de las especies en producción; (d) El aceite transformado en biodiesel contamina un 80% menos que el diésel; (e) Secuestra cerca de 8 kilos de carbono por planta por año.

En primera instancia, la especie propuesta para la producción a futuro de biodiesel era nativa en la zona empleada tradicionalmente como cerca viva, sin embargo, los procesos de deforestación internos fueron desplazándola paulatinamente. Su restablecimiento representa una buena alternativa factible para mejorar la producción y condiciones físico ambientales en cada unidad productiva *Jatropha curcas* L. (Piñón de Leche o Piñón Botija), es una de las especies recomendadas para sea utilizada en los sistemas forestales ya que esta planta ha demostrado ser capaz de establecerse y desarrollarse en regiones semiáridas ya que requiere un mínimo de lluvia de 300 mm /año, de igual forma esta especie constituye una alternativa para la producción de aceite y otros derivados como el Biodiesel y la misma puede cultivarse en jardines y patios además de ser utilizada como cerca viva, técnicamente concluyendo si las condiciones socio-ambientales mejoran para la *Jatropha curcas* se obtendrá un gran porcentaje de aceptación y producción de biodiesel generando resultados óptimos y factibles de relevancia al objetivo propuesto.

La *Jatropha*, por sus atributos adaptativos a condiciones limitantes de suelo y agua, se constituye en una especie con potencial comercial en el país. Es evidente, por su condición de planta sin domesticación y por el desconocimiento del comportamiento en condiciones locales, la necesidad de realizar la investigación coherente que permita generar la información para reducir los riesgos de la inversión a escala empresarial. Por ello, esta investigación hace parte de un grupo de documentos que describen los componentes de la investigación de *Jatropha* en nuestro departamento en función de la Red de Biocombustibles de CORPOICA y el CERREJON.

Cuadro 6. Rendimiento de la extracción del aceite de la *jatropha curcas* (Sagarpa , 2012)

Materia prima	Jatropha
Eficiencia de extracción de aceite	
Extracción mecánica	70%
Extracción por solventes	96%
Rendimiento del aceite	
Extracción mecánica:	4.1 kilos por litro

	553 litros por hectárea
Extracción por solventes:	2.7 kilos por litro 730 litros por hectárea

## 5.2. ASPECTOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS DE PRODUCCIÓN

Este proceso se define como la forma en que una serie de insumos se transforman en productos mediante la participación de una determinada tecnología (combinación de mano de obra, maquinaria, métodos y procedimientos de operación).

Los distintos tipos de procesos productivos pueden clasificarse en función de sus flujos productivos o del tipo de producto, y cada caso tendrá efectos diferentes sobre el flujo de fondos del proyecto. Según el flujo, el proceso puede ser en serie o por pedido. El proceso de producción es en serie cuando ciertos productos cuyo diseño básico es relativamente estable en el tiempo y que están destinados a un gran mercado permiten su producción para existencias. Las economías de escala obtenidas por el alto grado de especialización que la producción en serie permite, van normalmente asociadas a bajos costos unitarios. (Rengifo, 2011)

Un proceso por pedido, es cuando la producción sigue secuencias diferentes que hacen necesaria su flexibilización a través de mano de obra y equipos suficientemente flexibles para adaptarse a las características del pedido. Este proceso afectará los flujos económicos por la mayor especialidad del recurso humano y por las mayores existencias que será preciso mantener.

Según el tipo de producto, el proceso se clasificará en función de los bienes o servicios que se van a producir; por ejemplo, procesos extractivos, de transformación química, de montaje, de salud, y transporte. Muchas veces un mismo producto puede obtenerse utilizando más de un proceso productivo.

La alternativa tecnológica que se seleccione afectará en forma directa a la rentabilidad del proyecto. Por eso antes de seleccionar la tecnología más avanzada, se deberá elegir aquella que optimice los resultados. (Rengifo, 2011).

Las necesidades de inversión en obra física se determinan principalmente en función de la distribución de los equipos productivos en el espacio físico. También es preciso considerar posibles ampliaciones futuras en la capacidad de producción que hagan aconsejable disponer desde un principio de la obra física necesaria, aun cuando se mantenga ociosa por algún tiempo. La distribución en plana debe evitar los flujos innecesarios de materiales, productos en proceso o terminados, personal. El proceso productivo, a través de la tecnología utilizada, tiene incidencia directa sobre el costo de operación. La relación entre costos de operación e inversión será mayor mientras menos intensiva en capital sea la tecnología. Por lo general el estudio técnico debe

proporcionar información financiera relativa a todos los ingresos de operación posibles, por ejemplo los ingresos que se generan por la renta de subproductos, como podría ser el desecho derivado de la elaboración de envases de hojalata, que se vende como chatarra; o la cáscara de limón, que se obtiene como residuo de la fabricación de aceites esenciales y que puede venderse para la fabricación de pesticidas. Otros ingresos pueden obtenerse dando servicios que permitan usar la capacidad ociosa, por ejemplo una fábrica de helados que alquile sus frigoríficos para congelar mariscos. (Rengifo, 2011).

Con base en experiencia de proyecto CORPOICA-CERREJON-COLCIENCIAS, se conoce que:

El análisis técnico se realizó con base en información facilitada por el convenio CORPOICA-CERREJÓN-COLCIENCIAS<sup>2</sup>, con base en el número de horas-hombre invertidas en la unidad productiva de *Jatropha curcas* teniendo en 1 ha.

Hora /hombre: \$ 10.700.

Hora/ día: 8.5.

Numero max. de personas contratadas:3 P.

**Nota:** las Hora/ Hombre incluyen dotacion de EPP, prestaciones, vehiculos, conductor,laboratorio.

Cuadros 8. Relación del número de días en cultivo de *Jatropha curcas* en Cerrejón. (Fuente: CORPOICA-CERREJÓN-COLCIENCIAS. Informe parcial. Junio 2013. A través de oficina de Gestión Ambiental, Cerrejón Coal Ltda.)

Volumen	Tarea	Precio	Numero de Personas	Tiempo (días)	Valor jornal en el MAgdalena
1 ha	Aprovechamiento forestal	1.364.250	5	3	60.000
	Corte y Picado	909.500	5	2	40.000
	Siembra	272.850	3	1	20.000
	Germinacion	272.850	3	1	20.000
	Riego	1.819.000	5	4	80.000
	Control de Competencia	727.600	4	2	40.000
	Seguimiento y Evaluacion	545.700	2	3	60.000
	Valor Total	5.911.750		16	320.000

<sup>2</sup> CORPOICA-CERREJÓN-COLCIENCIAS. Informe parcial. Junio 2013. A través de oficina de Gestión Ambiental, Cerrejón Coal Ltda.

## Formula

Hora/ dia\* Hora /hombre\*# de trabajadores\*# de dias q demora la actividad

$$8.5*10700= \$90.950$$

$$90950*5= \$454.750$$

$$454.750*3=\$ 1.364.250+\$2.500.000(\text{ precio de la guadañadora}) =\$ 3.864.250$$

Para obtener estos datos se tuvo en cuenta el numero de personas que realizará la tarea, las horas/hombre y las horas/dias,contemplando que hay actividades que se llevarán a cabo con machete y guadañadora, por un valor de \$2.500.000, control de competencia de otras especies vegetales. Con relación al riego, depende de la duración de las temporadas de sequía, que exigen alquilar vehículos para transportar agua; esto solo si es necesario.

Sobre otros aspectos técnicos, el mejoramiento de la resistencia a enfermedades y extremos ambientales es la principal prioridad para hacer que esta planta un modelo exitoso para la producción de biocombustibles.

Los costos plasmados hacen referencia al capital de inversion que se estaría generando por hectárea, lo cual es proporcional a lo que el complejo carbonifero CERREJON invierte en cultivar esta planta. Es importante mencionar que en el cuadro anterior se denota la factibilidad de la unidad productiva de *Jatropha curcas*, ya que el valor total mencionado anteriormente (\$5'911.750) es para 1 hectarea, y es una parcela de investigación, donde se incluye varios servicios. Si estos datos se llevan a una escala comercial, donde el jornal rural en La Guajira tiene un valor máximo de \$20.000, estos valores se reducen, como se muestra en la tercera columna del mismo cuadro, dando unos costos totales en mano de obra de \$320.000.

### 5.3. ESTUDIO DE MERCADO

El departamento del Magdalena, ubicado en la región Caribe, reúne condiciones necesarias para la producción de energías alternativas, condensado en diferentes estudios y planes de gobierno departamental, y la *Jatropha curcas* no es ajena a este interés, que territorialmente contribuye con un 11,6% del territorio nacional, lo cual es de gran relevancia e inmensidad para un cultivo propio en nuestra región.

Observando desde todos los puntos de vista la comercialización del producto (biodiesel de *J. curcas*) se puede considerar como factible la exportación puesto que el departamento cuenta con múltiples bahías y condiciones marinas que lo permitirían, además de que la investigación que se está realizando entre CORPOICA y CERREJÓN señalan ventajas en cuanto a condiciones de suelos y clima.

De otro lado, la existencia de empresas con demanda de maquinaria pesada como Cerrejón, Chevron-Texaco, entre otras, gastan muchos recursos en combustibles para sus labores, y con el biodiesel se tendría un ahorro hasta del 60% en la economía de la empresa, trayendo consigo un impacto positivo a nivel ambiental, pues se espera la reducción hasta en un 80% la contaminación al medio ambiente.

La *Jatropha curcas* trae una visión diferente de lo que es la energía alternativa y de cómo minimizar costo para maximizar utilidades, por tal motivo se cuenta con las condiciones y las tecnologías necesarias para la obtención del biodiesel y es una expansión a largo plazo con múltiples impactos positivos para el establecimiento y desarrollo de esta nueva alternativa.

El estudio preliminar de suelos, reflejó como resultado que se puede recurrir a la siembra de 50 mil hectáreas de *Jatropha curcas* sin incurrir en un alto costo de oportunidad (esto es sin sacrificar su producción agrícola actual ni deforestar bosques).

Sobre otros usos, en los primeros tiempos el aceite de semillas de *Jatropha Curcas* fue utilizado para la producción de sopa, hasta que esta no dio beneficios. Actualmente, se busca que el aceite sea la parte de la planta que ingrese en el mercado de los combustibles. Este puede ser extraído por prensado o químicamente en pequeñas escalas la extracción química no puede ser alcanzada.

El interés hacia la *Jatropha curcas* como cultivo para la producción de biocombustibles se debe a la resistencia a las sequías (posibilidad de ser sembradas en zonas semiáridas) y no permite la competencia a tierras destinadas a la alimentación.

A continuación, se elabora el flujo de caja neto, para determinar el efectivo al final de cada periodo el cual es deducido de valores como los son: las ventas directas del aceite de la *Jatropha curcas*, EPP y equipos necesarios para siembra mantenimientos y diferentes procesos que se llevan a cabo dentro de la ejecución del proyecto además de salarios y costos operacionales.

### Cuadro 9. Flujo de Caja Neto. Fuente (propia autoría)

FLUJO NETO DE CAJA					
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
<b>INGRESOS</b>	0	0	0	0	0
VENTAS LT DE J.C 100Ha/7300 LTS		\$ 137.231.240	\$ 164.677.488	\$ 192.123.736	\$ 219.569.984
<b>TOTAL INGRESOS</b>		\$ 137.231.240	\$ 164.677.488	\$ 192.123.736	\$ 219.569.984
<b>EGRESOS</b>					
INVERSION		(\$ 5.911.750)	\$ 0	\$ 0	\$ 0
EPP Y EQUIPOS		\$ 28.603.775	\$ 28.603.775	\$ 28.603.775	\$ 28.603.775
COMPRAS (TERRENOS)		\$ 99.633.640	\$ 19.926.728	\$ 19.926.728	\$ 19.926.728
GASTOS DE CAPITAL	(\$ 5.911.750)	\$ 50.000.000	\$ 50.000.000	\$ 50.000.000	\$ 50.000.000
<b>TOTAL EGRESOS</b>		\$ 172.325.665	\$ 98.530.503	\$ 98.530.503	\$ 98.530.503
<b>EFFECTIVO AL FINAL DEL PERIODO</b>	(\$ 5.911.750)	(\$ 35.094.425)	\$ 66.146.985	\$ 93.593.233	\$ 121.039.481

#### 5.4. VALOR PRESENTE NETO Y TIR

Se determinó que el proyecto es rentable en el corto, mediano y largo plazo, con base en el principal criterio de rentabilidad que es EL VAN (valor presente neto). Para empresas como Cerrejón, hay receptividad ante la posibilidad de comercialización del biocombustible, porque reduce los costos de mantenimiento en las máquinas, menos contaminación al medio ambiente, potenciación y aceleración del automotor y ahorro en la compra del combustible. En la figura siguiente se presenta el análisis del Valor Presente neto.

VALOR PRESENTE NETO INVERSION Y COSTOS JATROPHA CURCAS					
% Coste de la deuda	Inversión	Flujos de Caja Netos			
		FCN 1	FCN 2	FCN 3	FCN 4
5,00%	↓	→	→	→	→
	(\$ 161.368.939,00)	(\$ 35.094.425,00)	\$ 66.146.985,00	\$ 93.593.233,00	\$ 121.039.481,00
	Inicio	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4

RESULTADOS	VAN	\$ 45.633.898,60	VANR	28%	← (% inversión recuperada)
		TIR	13%	← (Mínimo un valor positivo y otro negativo entre inversión y flujos de caja)	

#### Perspectiva de la empresa o empresario: ¿Qué se consideran flujos de caja?

Para la inversión inicial	Pagos realizados para la compra de activos LP y CP en el momento 0
Para los n flujos de caja	Cobros - Pagos generados por la explotación del negocio (no flujos por inversiones LP, financiaciones LP ni reparto dividendos, ni aportaciones capital)

#### Perspectiva de un inversor externo: ¿Qué se consideran flujos de caja para él?

Para la inversión inicial	Pagos realizados por el/los inversores, puestos a disposición del proyecto
Para los n flujos de caja	Cobro de dividendos posteriores - Aportaciones posteriores

Figura 5. Valor presente neto y costos de *Jatropha curcas*. Fuente (propia autoría)

Como el resultado fue mayor que cero, el VAN indica cuánto se gana con el proyecto después de recuperar (\$ 45`633.898,60), la inversión por encima de la tasa  $i$  que se exigía de retorno al proyecto. Se debe aceptar la inversión porque el VAN es positivo, además el porcentaje de inversión recuperada es RENTABLE y la TIR es óptima.

## CONCLUSIONES

Resultados parciales realizados en la empresa Cerrejón señalan que existe factibilidad técnica porque su cultivo se considera integral, por su producción de aceite para convertir en biodiesel, y otros productos derivados que ayudarían a mejorar los ingresos para los habitantes rurales pobres en zonas áridas y semiáridas, dado que el capital de inversión y los costos de mantenimiento son bajos.

El cultivo de *Jatropha* tiene un gran potencial, en primer lugar por su capacidad intrínseca de adaptarse a ciertas condiciones del ambiente y del terreno, entendiéndose éstas como extremas en comparación con otros cultivos y además porque el mismo no compromete la seguridad alimentaria, por tanto se convierte en una plantación viable para la realización de proyectos con objeto de generación de energías renovables debido a sus ventajas comparativas. El aceite que se obtiene a partir de su semilla tiene múltiples usos debido a sus propiedades, el uso más recomendado es la obtención de biodiesel a partir de la transesterificación del mismo dado que sus propiedades cumplen con las normas técnicas establecidas.

Aunque las semillas pueden ser prensadas en una máquina extractora sencilla diseñada para su procesamiento, llevar a cabo la transesterificación es una actividad compleja y requiere de una inversión adicional para estar en la capacidad de obtener biodiesel y que el mismo cumpla los requerimientos normativos.

En lo ambiental, influye en la conservación del medio ambiente con solo su establecimiento, pues reduce los procesos degradativos del suelo por cobertura y enraizamiento. Mejora la seguridad alimentaria por mejora de ingresos y no desplaza cultivos destinados a la alimentación, pues tolera condiciones ambientales estresantes como los existentes en buena parte del departamento de La Guajira y el Magdalena.

La demanda nacional e internacional de *Jatropha curcas* señala que existe un mercado potencial para el biodiesel derivado de esta planta, como de los subproductos, pues es un cultivo integral.

El estudio financiero que involucró valor presente neto y TIR, señala que es factible en el departamento del Magdalena.

Los costos de mano de obra fueron discriminados según las etapas de establecimiento, mantenimiento, aprovechamiento y post-aprovechamiento; requiriendo 5 jornales por hectárea. Los insumos, equipos, maquinaria y arriendo de la tierra se calcularon teniendo en cuenta el tamaño del proyecto. En cuanto al costo del transporte inicialmente está en función del rendimiento por año de la plantación. Los riesgos propios de la plantación a los que se enfrentaría el proyecto estarían asociados a plagas y enfermedades, en caso de que el control previsto no sea suficiente. Además de incendios, inundaciones y vandalismo. Los riesgos externos <sup>87</sup> estarán en función del mercado, es decir en caso de que el comprador quiebre o manipule el precio final del grano. En cuanto al mercado del grano de *Jatropha* se identificó que el nicho se encuentra principalmente en la zona costera de Colombia. También se evidenció que el principal problema

relacionado con el cultivo respecto a este estudio es que el proyecto se enfrenta a un mercado oligopsónico. Los ingresos del proyecto fueron calculados de acuerdo a la producción anual de la planta, por tanto, los mismos varían entre 1.7 millones y 4.3 millones de pesos por hectárea por año, por lo que se estimó un ingreso total de 34 millones en los primeros años de desarrollo de la planta y 85 millones de pesos anuales al llegar a su máxima productividad (5Ton/ha). Con respecto a los costos y los ingresos, los indicadores financieros obtenidos fueron VPN igual a 47 millones de pesos aproximadamente, TIR igual a 13%, TIR corregida 11%, una relación beneficio costo de 1.08, TVR igual a 12%, Periodo de recuperación de capital igual a 6.01 años. Además, el cálculo del punto muerto en el que la TIR es igual a la TIO y en donde el VPN es igual a cero.

De acuerdo al análisis financiero realizado en el presente estudio es posible afirmar que el proyecto presenta mayor sensibilidad ante un cambio en los ingresos que en los costos, lo que implica que el inversionista debe ser cuidadoso al momento de transar el precio final por tonelada del grano. Además, es importante verificar que la empresa con la cual se establece el negocio de compra goce de acreditación para evitar incurrir en pérdidas.

## BIBLIOGRAFIA

- Al Weyerhaeuser y otros. 2007. el uso actual del cultivo de la *jatropha curcas* l - Corpoica. [www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/MONOGRAFA.pdf](http://www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/MONOGRAFA.pdf)
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. (2000). Biodiversidad y manejo de plagas. *perspectivas agroecologicas*, 220.
- Barros. 2008. Nuevos hospedeors y registros de ácaros fitófagos. [servicios.mpr.es/documentación/visordocumentosicopo.aspx?NIPO](http://servicios.mpr.es/documentación/visordocumentosicopo.aspx?NIPO). Boletín de sanidad vegetal
- Barrientos, k. (12 de 11 de 2012). *Plan de negocios de una plantación de piñón (jatropha curcas) y una planta extractora de aceite y transesterificación para producción de biodiesel*. Recuperado el 06 de 06 de 2012, de [bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/913/1/T3318.pdf](http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/913/1/T3318.pdf):
- Biodieselbr.com. (28 de 05 de 2008). <http://www.biodisol.com/biocombustibles/100-motivos-para-plantar-jatropha-curcas-para-biodiesel-pinhao-manso-pinon-de-leche-pinoncillo-pinon-botija-tempate-biocombustibles/>.
- Campuzano, L. (03 de 04 de 2009-2010). [www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/CAMPUZANO.pdf](http://www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/CAMPUZANO.pdf). Recuperado el 29 de 03 de 2013, de [www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/CAMPUZANO.pdf](http://www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/CAMPUZANO.pdf)
- Campuzano. (20 de 08 de 2011). *Perspectiva de la jatropha*. Recuperado el 11 de 02 de 2013, de [www.procitropicos.org.br/portal/newbb/dl\\_attachment.php?...](http://www.procitropicos.org.br/portal/newbb/dl_attachment.php?...):
- Campuzano, L. (02 de 02 de 2010). *Caracterización Morfológica de la J. Curc as*. Recuperado el 01 de 04 de 2013, de [www.corpoica.gov.co/.../JatrophaContrataciones/ARTICULO](http://www.corpoica.gov.co/.../JatrophaContrataciones/ARTICULO).
- Carabali, A. (2005). El Caribe Colombiano. Etnias y territorios en una región cultural. San Andres: Universidad Nacional de Colombia.
- Carabali, A. (2012). Educación en cinco contextos y momentos (1a ed.). Riohacha, Colombia: Universidad de La Guajira. Recuperado el 31 de 08 de 2013
- Castellanos , M. L. (27 de 05 de 2013). Planta *J. curcas* . Cerrejon , La Guajira, Colombia.

- Carlos, L. C. (30 de Octubre de 2003). [http://www.portalplanetasedna.com.ar/efecto\\_invernadero.htm](http://www.portalplanetasedna.com.ar/efecto_invernadero.htm). Recuperado el 25 de 03 de 2013, de [http://www.portalplanetasedna.com.ar/efecto\\_invernadero.htm](http://www.portalplanetasedna.com.ar/efecto_invernadero.htm).
- Chan-López, Javier Adolfo y Loyola-Vargas, Victor. 2008. *Jatropha curcas* una Alternativa para la Obtención de Biodiesel sin Afectar al Sector Alimentario. [www.smbb.com.mx/revista/Revista\\_2012\\_2/Loyola\\_Jatropha.pdf](http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2012_2/Loyola_Jatropha.pdf)
- CORPOGUAJIRA. (2011). Atlas ambiental del departamento de La Guajira (Vol. 2). (C. A. Guajira, Ed.) Riohacha, La Guajira: Union Temporal Atlas-CORPOGUAJIRA.
- CORPOGUAJIRA. (05 de 03 de 2010). *PGAR Corpoguajira*. Recuperado el 04 de 08 de 2013, de [www.corpoguajira.gov.co/.../PGAR\\_CORPOGUAJIRA\\_2009-2019\\_...](http://www.corpoguajira.gov.co/.../PGAR_CORPOGUAJIRA_2009-2019_...):
- Corpoica. (23 de 08 de 2010). *uso actual de la jatropha*. Recuperado el 09 de 04 de 2013, de [www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/...](http://www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/...):
- Corpoica. (23 de 06 de 2011). *Uso actual de la jatropha curcas*. Recuperado el 09 de 04 de 2013, de [www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/MONOGRAFA.pdf](http://www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/MONOGRAFA.pdf)
- Frauches, 2011. Determinación de Periodos Fisiológicos en la Maduración y Calidad del Aceite de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.). Avaliação do rendimento de óleo no ... - embrapa. [Ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/.../1/2011-299.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/.../1/2011-299.pdf)
- Gamez, j. (05 de 2 de 2013). socializacion proyecto productivo de jatropha curcas. *socializacion de proyectos*, pág. 2.
- Goldemberg et al., 2008. El uso actual del cultivo de la *Jatropha curcas* I. Corpoica. [www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/MONOGRAFA.pdf](http://www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/MONOGRAFA.pdf)
- Gonzalez, C. (20 de 11 de 2012). *departamento de la guajira*. Recuperado el 15 de 05 de 2013, de [lugaresquever.com](http://lugaresquever.com) › América del Sur › Colombia: [lugaresquever.com](http://lugaresquever.com) › América del Sur › Colombia
- Guevara , S., & Barboza, R. (Febrero de 2008). *INSTITUTO CENTROAMERICANO DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA* . Recuperado el 3 de 04 de 2013, de <http://biblioteca.icap.ac.cr/BLIVI/TESIS/2008>.
- Hansa , T. (25 de 03 de 1992). [veafotoaqui.com](http://www.veafotoaqui.com). Recuperado el 09 de 07 de 2013, de [http://www.veafotoaqui.com/Bogota\\_Tours/Guajira.html](http://www.veafotoaqui.com/Bogota_Tours/Guajira.html).
- Henning. 2007. Jornada sobre producción de biocombustibles - Fundación Produce SENER-BID-GTZ

[www.fps.org.mx/.../Jornada%20sobre%20produccion%20de%20biocom](http://www.fps.org.mx/.../Jornada%20sobre%20produccion%20de%20biocom). Controversia en la producción de biodiesel. Caso - Ciencia UAT. [intranet.uat.edu.mx/cienciauat/Lists/noticiasciencia2/DispForm.aspx?ID...](http://intranet.uat.edu.mx/cienciauat/Lists/noticiasciencia2/DispForm.aspx?ID...) Controversia en la producción de biodiesel. Caso: Jatropha en Tamaulipas

- Heller, J. (04 de 10 de 2008). *International Plant Genetic Resources*. Recuperado el 02 de 06 de 2012, de [es.scribd.com/doc/.../Estudio-de-Jatropha-Version-Final-1-Editado-1](http://es.scribd.com/doc/.../Estudio-de-Jatropha-Version-Final-1-Editado-1):
- IGAC. (2009). Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Escala 1:100.000. Departamento de La Guajira (1a. ed.). (I. N. Colombia, Ed.) Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- IGAC. (2012). Estudio semidetallado de suelos y zonificación de tierras de la media y baja Guajira: escala 1:25.000. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Kaushik, M. (20-21 de 09 de 2006). *global energy*. Recuperado el 26 de 02 de 2013, de [www.biodiesel.com.ar/](http://www.biodiesel.com.ar/): [www.biodiesel.com.ar/](http://www.biodiesel.com.ar/)
- Loyola Vargas, V. M. (20 de 08 de 2011). *Mejoramiento genético de Jatropha curcas mediante técnicas*. Recuperado el 08 de 04 de 2013, de [http://www.cicy.mx/Posgrado/Doc\\_ER/6.%20vinculaci%C3%B3n/18.2%20Convenios/Conv8\\_Conacyt.PDF](http://www.cicy.mx/Posgrado/Doc_ER/6.%20vinculaci%C3%B3n/18.2%20Convenios/Conv8_Conacyt.PDF)
- Magdalena., E. D. (03 de 2011). *Estudio De Factibilidad Para La Produccion Y Comercializacion De La Jatropha Curcas Para La Futura Produccion De Biodiesel En El Departamento Del Magdalena*. Recuperado el 20 de 3 de 2013, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Estudio-De-Factibilidad-Para-La-Produccion/1700859.html>
- Medina, A. (01 de 11 de 2010). *Potencial en el Departamento de la Guajira*. Recuperado el 27 de 2 de 2013, de [www.AmylkarAcosta.net/2013/index.php?option:www.amylkaracosta.net/2013/index.php?option](http://www.AmylkarAcosta.net/2013/index.php?option:www.amylkaracosta.net/2013/index.php?option)
- Miranda, R. A. (25 de 10 de 2008). *Biodieselbr.com*. Recuperado el 27 de 04 de 2013, de 100 Motivos Para Plantar Jatropha Curcas (Pinhão Manso): <http://www.biodisol.com/biodiesel-que-es-el-biodiesel-definicion-de-biodiesel-materias-primas-mas-comunes/jatropha-curcas-physic-nut-pinhao-manso-template/100-motivos-para-plantar-jatropha-curcas-pinhao-manso/>
- Moeller , G., Segui , L., Rivas , A., & Escalante, V. (20 de 06 de 1992). *Metodologia para la evaluacion y planeacion financieras de proyectos de inversion* . Recuperado el 24 de 04 de 2013, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/peru/mextar015.pdf>

- Oyuela Sandino, D., Hernandez, E., Samayoa, E., Bueso , C., & Ponce, O. (15 de Agosto de 2012). *Guía técnica-ambiental*. Recuperado el 08 de 04 de 2013, de Guía técnica-ambiental:  
[http://www.snvworld.org/sites/www.snvworld.org/files/publications/guia\\_bp\\_pinon\\_web.pdf](http://www.snvworld.org/sites/www.snvworld.org/files/publications/guia_bp_pinon_web.pdf)
- Plantations , J. (13 de 05 de 2005). <http://www.jatrophacurcasplantations.com/>. Recuperado el 12 de 05 de 2013, de <http://www.jatrophacurcasplantations.com/>
- Prieto, Contreras. (25 de 04 de 2008). *Energy Global*. Recuperado el 09 de 04 de 2013, de [www.historianatural.net/inform.php?t=20080425094143](http://www.historianatural.net/inform.php?t=20080425094143):  
[www.historianatural.net/inform.php?t=20080425094143](http://www.historianatural.net/inform.php?t=20080425094143)
- Quimbayo, A. M. (25 de 05 de 2010). <http://www.corpoica.gov.co/SitioWeb/Documento/JatrophaContrataciones/MONOGRAFIA.pdf>. Recuperado el 19 de 03 de 2013
- Rengifo, V. A. (20 de 03 de 2011). *produccion y comercializacion de jatropha*. Recuperado el 20 de 05 de 2013, de [www.buenastareas.com](http://www.buenastareas.com) › Página principal › Negocios: [www.buenastareas.com](http://www.buenastareas.com) › Página principal › Negocios
- Salas, T. (12 de 09 de 2008). *J.Curcas*. Recuperado el 07 de 04 de 2013, de [www.globinmed.com/index.php?...jatropha](http://www.globinmed.com/index.php?...jatropha): [www.globinmed.com/index.php?...jatropha](http://www.globinmed.com/index.php?...jatropha)
- Sevilla. (23 de 12 de 2004). *Entre la J.Curcas y la Pobreza*. Recuperado el 28 de 2 de 2013, de N Kumar, SDVN Pamidimarri, M Kaur, G Boricha... - *Biologia*, 2008 - Springer: N Kumar, SDVN Pamidimarri, M Kaur, G Boricha... - *Biologia*, 2008 - Springer
- Torres, C. (29 de 08 de 2008). *Cultivos energeticos*. Recuperado el 09 de 04 de 2013, de [www.jatrophacurcasweb.com.ar/](http://www.jatrophacurcasweb.com.ar/): [www.jatrophacurcasweb.com.ar/](http://www.jatrophacurcasweb.com.ar/).
- Torres. 2008. El uso actual del cultivo de la *Jatropha curcas* l. En sistemas agroforestales y silvopastoriles y su potencial para contribuir al desarrollo social y económico de un cultivo en expansión mundial.  
[www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/MONOGRAFA.pdf](http://www.corpoica.org.co/.../JatrophaContrataciones/MONOGRAFA.pdf)
- University Alemania . (23 de 11 de 2006). *J. Curcas*. Recuperado el 14 de 03 de 2013, de [www.uaemex.mx/Red\\_Ambientales/docs/memorias/.../CBO-18.pdf](http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/.../CBO-18.pdf):  
[www.uaemex.mx/Red\\_Ambientales/docs/memorias/.../CBO-18.pdf](http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/.../CBO-18.pdf)

- Urbina. (09 de 09 de 2008-2012). *feria de la agrobiodiversidad y agroproducto*. Recuperado el 09 de 04 de 2013, de [snics.sagarpa.gob.mx/Documents/LIBRO\\_FINAL.pdf](http://snics.sagarpa.gob.mx/Documents/LIBRO_FINAL.pdf): [snics.sagarpa.gob.mx/Documents/LIBRO\\_FINAL.pdf](http://snics.sagarpa.gob.mx/Documents/LIBRO_FINAL.pdf)
- Vaamonde, F. J. (25 de 04 de 2008). [www.HistoriaNatural.net](http://www.HistoriaNatural.net). Recuperado el 08 de 04 de 2013, de *Jatropha curcas: una especie vegetal con grandes posibilidades para la producción de biodiesel.*: <http://www.historianatural.net/inform.php?t=20080425094143>
- Vargas, L. (2011). Mejoramiento genético de la J. Curcas. *Mejoramiento genético de Jatropha curcas mediante técnicas biotecnológicas*, 19.
- Zrazhevskyi, D. (9 de sept de 2008.). [www.bolivianland.net](http://www.bolivianland.net). Recuperado el 08 de 04 de 2013, de [dimexdz@hotmail.com](mailto:dimexdz@hotmail.com): [http://www.bolivianland.net/UserFiles/File/Dest2Comun/Yatrofa\\_Arbol\\_Esp.pdf](http://www.bolivianland.net/UserFiles/File/Dest2Comun/Yatrofa_Arbol_Esp.pdf)