



**TESIS DE GRADO
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**LA JATROPHA COMO CULTIVO INDUSTRIAL
EN ARGENTINA**

Autor: Paula Aiassa

Tutor: Gonzalo Hierro

Co-tutor: Juan Baylac

2009

Ante todo, quiero dedicarle esta tesis de grado a mi familia, por su profunda confianza en mí y por todo el apoyo que me dieron no sólo durante estos últimos 5 años de carrera universitaria, sino durante toda mi vida. Gracias al amor que me dan y al ejemplo de trabajo y constancia que recibí desde mi infancia es que hoy puedo ver una etapa más de mi vida concluida. Les voy a estar eternamente agradecida por los valores y la educación que con el ejemplo me inculcaron.

A mis amigas y amigos, por su incondicional compañía y su eterna paciencia. Gracias por todo el cariño, y por la presencia firme a mi lado, siempre. Y por sobre todo, por hacer mí camino más ameno y feliz.

Por último, quiero agradecerle a Gonzalo Hierro, mi tutor de tesis, por su total predisposición y toda la ayuda brindada durante estos últimos meses.

A todos ustedes, muchísimas gracias.

RESUMEN.

El presente estudio busca arrojar luz sobre algunos de los problemas más importantes a tener en cuenta para desarrollar la *Jatropha* como cultivo industrial en la Argentina. En el primer capítulo se hace una breve introducción al contexto mundial y nacional, que hacen necesario el desarrollo de los biocombustibles en el mundo de hoy. En el segundo capítulo se describen algunas características generales de la planta, sus aplicaciones, y en particular el uso del aceite de *Jatropha* para la fabricación de biodiesel. En el tercer capítulo se busca identificar y desarrollar los problemas que presenta el cultivo, como pueden ser la inexperiencia, la falta de tecnología adecuada para las distintas etapas desde el cultivo hasta la producción del biodiesel, la inexistencia de mercados desarrollados, la falta de regulaciones, entre otros. Para poder proponer soluciones a los problemas identificados, o al menos mitigarlos, se propone en el cuarto capítulo priorizarlos según el criterio de cuánto impacta la variabilidad de esos factores en la utilidad de un proyecto de inversión de *Jatropha*. Por último, en el quinto capítulo se busca mitigar los aspectos negativos identificados como de mayor importancia para construir una industria que sea exitosa tanto desde el punto de vista de su rentabilidad como tecnológico. Los principales conceptos que surgen de este análisis se resumen en la conclusión.

SUMMARY.

This study intends to analyze some of the main problems concerning the development of *Jatropha* as an industrial crop in Argentina. The first chapter is a brief introduction to the global and national context, which shows the reason why the development of biofuels is imperative nowadays. The second chapter is a general description of the plant, its applications, and the use of *Jatropha* oil to produce biodiesel. The third chapter contains an analysis which aims to identify and discuss the problems concerning *Jatropha*, such as inexperience, lack of technology in all stages of the process, undeveloped markets for *Jatropha* and its products, and lack of regulations. In order to suggest solutions to the identified problems, or at least mitigate them, chapter four sorts these problems depending on how much their variability affect the return of a *Jatropha* investment project. Finally, the fifth chapter discusses how these negative aspects identified as the most relevant to build a successful industry, in terms of its returns and technology, could be mitigated. The key ideas are summed up in the conclusion.

Contenidos

CAPÍTULO I: LOS BIOCOMBUSTIBLES, UNA OPORTUNIDAD	1
Contexto mundial	1
Contexto nacional.....	4
CAPÍTULO II: LA JATROPHA COMO CULTIVO VIABLE EN LA ARGENTINA	9
Características generales	9
Impacto ambiental	10
Clima, suelos y adaptabilidad.....	10
Variedades	11
Clima y suelos en la Argentina.....	16
Rendimientos.....	20
Proyectos en Argentina y a nivel mundial.....	22
Calidad del aceite para biodiesel	26
Etapas del proceso productivo del aceite de Jatropha	31
Usos de la semilla y subproductos.....	32
Multiple-Cropping.....	33
Ventajas de la Jatropha.....	34
CAPÍTULO III: PROBLEMAS ACTUALES PARA DESARROLLAR LA JATROPHA COMO CULTIVO INDUSTRIAL	37
La Jatropha: ¿una planta milagrosa?	37
Falta de know-how	37
Desarrollo y selección de la tecnología	39
Tiempos	46
Subproductos y su procesamiento	47
Localización	51
Multiple-Cropping.....	52
Mercado actual de la Jatropha: Marco a los problemas económicos.....	53
Precios y mercados.....	57
Diseño de políticas de promoción y medidas impositivas para la industria en particular	59
La calidad y los requerimientos de sustentabilidad del biodiesel de Jatropha versus otros cultivos	66
Influencia de las normas de calidad en los costos de producción y en la comercialización de biodiesel	69
Impactos sociales y ambientales.....	72
CAPÍTULO IV: PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS	74

Estimación del costo de producción de la semilla.....	75
Escenario 1: Extracción de aceite.....	88
Escenario 2: Fase agrícola y extracción de aceite	99
Definición de las variables	102
Análisis de sensibilidad.....	105
Resultados de la Priorización de Problemas.....	120
CAPÍTULO V: TRATAMIENTO DE PROBLEMAS.....	121
El precio del aceite crudo de soja FOB	121
El porcentaje de descuento sobre el precio de referencia.....	122
Las retenciones a la exportación de Aceite de Soja.....	123
La desintoxicación de la torta.....	123
El precio de la Torta de Jatropha.....	125
El rendimiento de semillas (Tn/Ha)	129
El tiempo que demoran los arbustos de Jatropha en estabilizar su producción.....	131
La capacidad de recolección (Kg semillas/día).....	132
La capacidad de procesamiento de semillas por día de la planta de crushing.....	133
La extracción de aceite de Jatropha (%).....	136
CONCLUSIONES	138
Anexo I: Marco legal biocombustibles.	143
LEY 26.093: REGIMEN DE REGULACION Y PROMOCION PARA LA PRODUCCION Y USO SUSTENTABLES DE BIOCOMBUSTIBLES	143
DECRETO 109/2007: ACTIVIDADES ALCANZADAS POR LOS TÉRMINOS DE LA LEY 26.093. AUTORIDAD DE APLICACIÓN. FUNCIONES. COMISIÓN NACIONAL ASESORA. HABILITACIÓN DE PLANTAS PRODUCTORAS. RÉGIMEN PROMOCIONAL.	153
Anexo II: Distribución de Probabilidad de las Variables del Modelo	168
BIBLIOGRAFÍA.....	172

CAPÍTULO I: LOS BIOCOMBUSTIBLES, UNA OPORTUNIDAD

Contexto mundial

El creciente interés en el desarrollo de energías alternativas tiene su origen en la escasez del petróleo y en la creciente contaminación, dos temas que amenazan el abastecimiento de energía y preocupan a nivel mundial.

El efecto invernadero acrecentado por la contaminación puede ser, según algunas teorías, la causa del calentamiento global observado. La temperatura del planeta ha venido elevándose desde mediados del siglo XIX (ver figura 1.1), y estos problemas al día de hoy amenazan la vida de todas las especies.

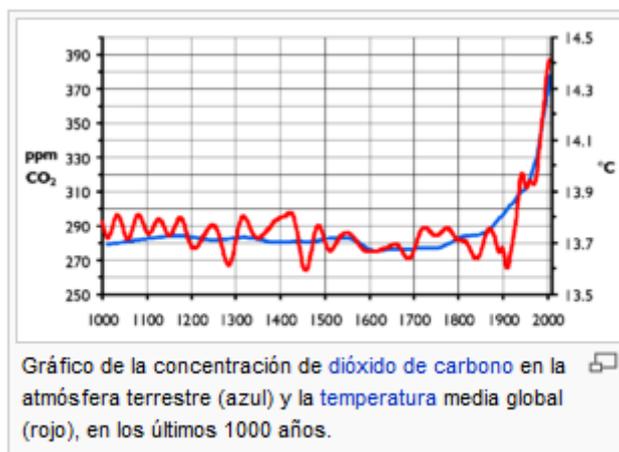


Figura 1.1 Evolución de la concentración de Carbono en la atmósfera

Es necesario tomar conciencia de la amenaza que esto implica, y así actuar consecuentemente. Un ejemplo sobre esta concientización ha sido la firma del Protocolo de Kyoto, firmado en Japón por los países que se muestran en el mapa en la Figura 1.2. El Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990. Es preciso señalar que esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5%, sino que este es un porcentaje a nivel global y, por el contrario, cada país

comprometido con el Protocolo de Kyoto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir.



Figura 1.2 Países respecto del Protocolo de Kyoto al 2009

La demanda de petróleo en el mundo durante el 2008 disminuyó en promedio 0,3 millones de barriles por día (mb/d), puesto que la crisis económica mundial causó importantes daños a la demanda mundial de petróleo durante el cuarto trimestre del 2008. En 2009, se prevé que la demanda mundial de petróleo caerá por segundo año consecutivo. La recesión económica mundial sigue erosionando el crecimiento de la demanda de petróleo, en particular en los EE.UU., Japón y China. Se prevé que la demanda de petróleo de la OECD (Organización para Cooperación y Desarrollo Económico) disminuirá durante todo el año mientras que los no miembros de la OECD es probable que sólo tengan un menor crecimiento, del 0,13 mb/d.

América Latina no es inmune a los problemas de la crisis económica mundial. El consumo de la región crecerá más lentamente este año, y este crecimiento se atribuirá únicamente a Brasil y Venezuela.

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina

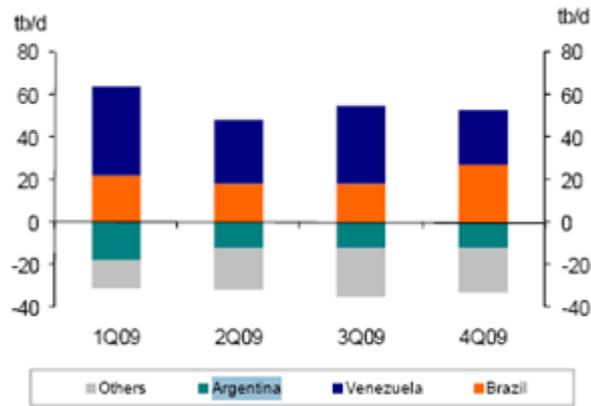


Figura 1.3 Evolución anual de la demanda del petróleo en Latinoamérica

Si bien la demanda del crudo crecerá más lentamente, consecuencia de la crisis económica mundial, existen otros problemas que dificultan la sostenibilidad del petróleo como combustible. Cabe aclarar que la caída de la demanda del crudo, tanto en la Argentina como a nivel mundial, es coyuntural, pues se espera que, una vez que la economía mundial se reactive, tanto la demanda como el precio vuelvan a tener una tendencia creciente, y nuevamente estaremos frente a los problemas de inestabilidad y escasez. Algunos de los problemas que se suman a la creciente demanda del petróleo son la inestabilidad en el precio del mismo (Figura 1.4), la escasez de las reservas mundiales, la conflictividad política y social que atraviesan los países con reservas, y la contaminación ambiental que produce tanto su producción como su utilización.

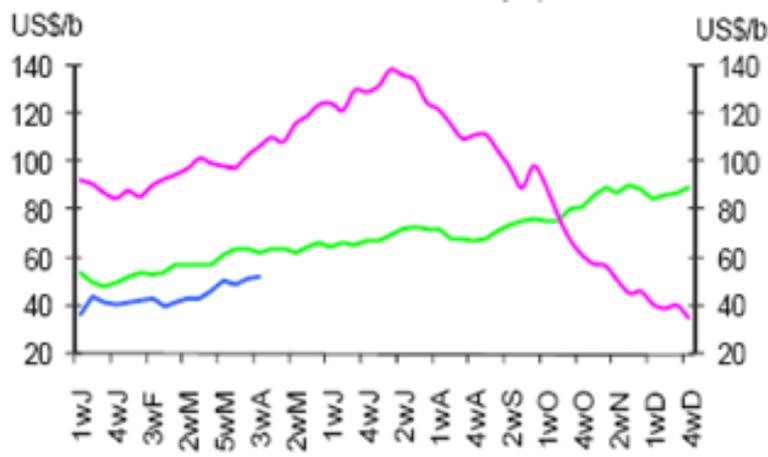


Figura 1.4 Evolución del precio del petróleo

Contexto nacional

En particular, la Argentina es un país hidrocarburo-dependiente que satisface el 88% de su demanda energética con petróleo y gas natural (Figura 1.5). El consumo total de energía de la Argentina va en aumento, consecuencia del crecimiento de la población, del aumento del consumo per cápita, del desarrollo de la industria, entre otros factores. Por otro lado, la producción nacional de petróleo y gas natural tienen una tendencia a decrecer y mantenerse constante respectivamente (Figura 1.6 y 1.7). Este escenario trae como consecuencia inmediata la disminución en las exportaciones, tal como puede verse en la Figura 1.8. Contrario a lo que se esperaba, las importaciones también han ido disminuyendo (Figura 1.9), como consecuencia de la crisis mundial por la que estamos atravesando. Así, ante una demanda de energía creciente, una disminución en las importaciones de petróleo por la crisis mundial, y una oferta nacional de hidrocarburos decreciente o estable, surge una brecha que es necesario satisfacer. Es preciso aclarar que, una vez la economía mundial se reactive y estemos en otro escenario, existirá más demanda local e internacional, menos oferta local y más importaciones. Aquí es donde surge la oportunidad de desarrollar las energías renovables, que hoy satisfacen solo el 8% de la demanda nacional, y aprovechar así a mitigar los impactos negativos de los potenciales problemas de escasez de recursos, inestabilidad del precio del crudo, y contaminación. La oportunidad se presenta no sólo en el escenario actual para satisfacer dicha brecha, sino también para cuando el mundo esté recuperándose de la crisis, pues frente al aumento de la demanda local, podremos disminuir la importación de crudo e inclusive, si la producción de energías renovables alcanzara un nivel industrial, exportar a otros países, como algunos de Europa.

OFERTA INTERNA DE ENERGIA PRIMARIA 2004

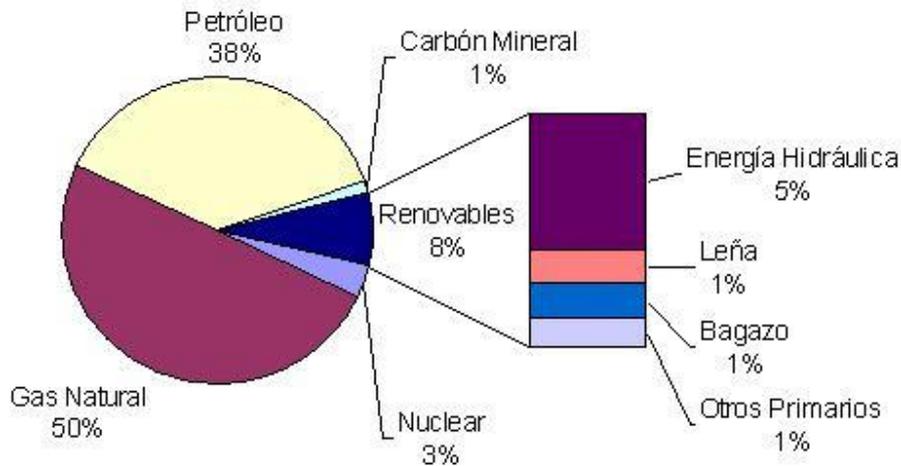


Figura 1.5

La importancia de las energías renovables radica fundamentalmente en la oportunidad que brindan en lo que refiere a sustentabilidad y bajos niveles de contaminación. Además, son una importante fuente de diversificación productiva; en particular, los biocombustibles diversifican los mercados para la producción agrícola. La desventaja fundamental es su disponibilidad y rendimiento, pues estas servirían para reducir la dependencia de los hidrocarburos, pero difícilmente podrían reemplazarlos. Dado que las reservas de petróleo y gas en la Argentina se estarían agotando en no mucho más de una década, sería bueno que se comenzara a desarrollar y fomentar el uso de energías renovables en el país. Actualmente, el 5% de las energías renovables se concentra en energía hidráulica, pero la Argentina, por el clima y las grandes extensiones de tierra con las que cuenta, tiene gran potencial para desarrollar biocombustibles provenientes de distintos cultivos.

El biodiesel ha demostrado ser sustentable, rentable y más limpio que los combustibles fósiles, si se lo produce con las prácticas adecuadas. En la Argentina, actualmente, el biodiesel que se produce industrialmente es casi en su totalidad para exportación; el cultivo utilizado casi siempre en estas escalas es la soja, y se obtiene el aceite de soja.

Respecto a otros biocombustibles que se producen en la Argentina, parte para la fabricación de agroquímicos en el mercado interno y parte para la exportación, se cuenta con el etanol producido a partir de la caña de azúcar y, en menor medida, de maíz.

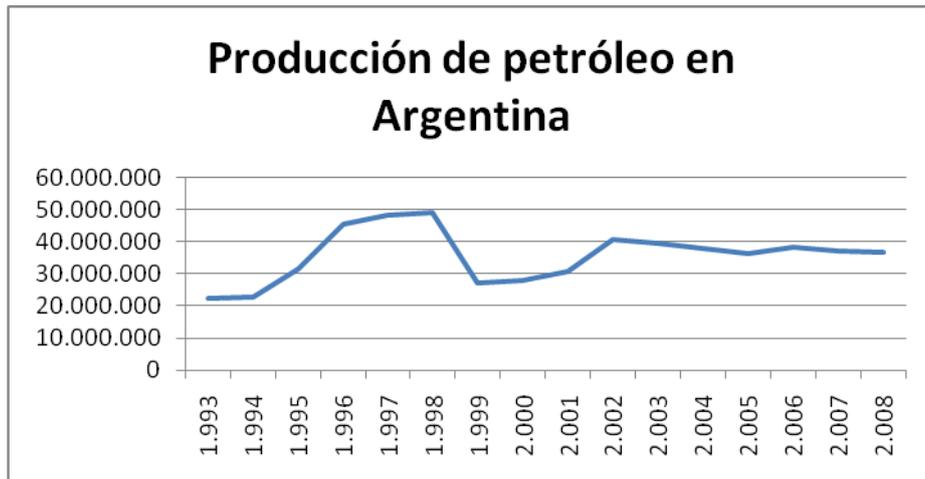


Figura 1.6

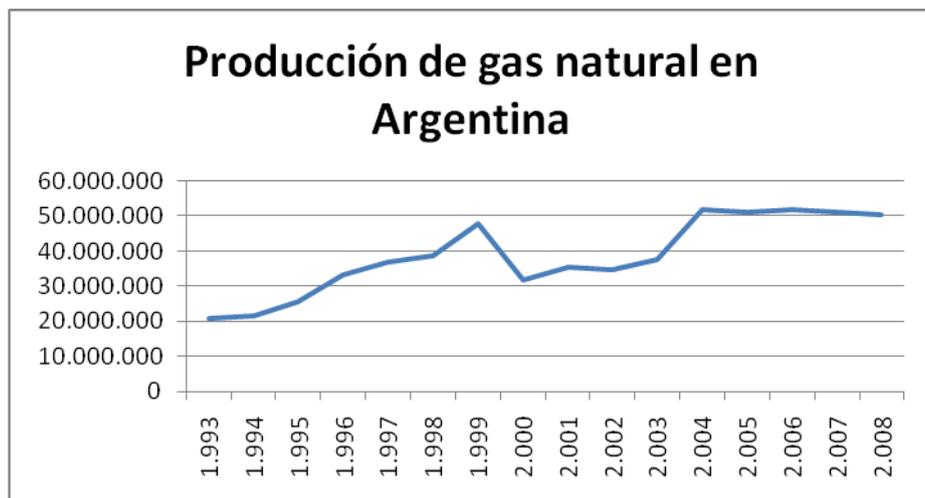


Figura 1.7

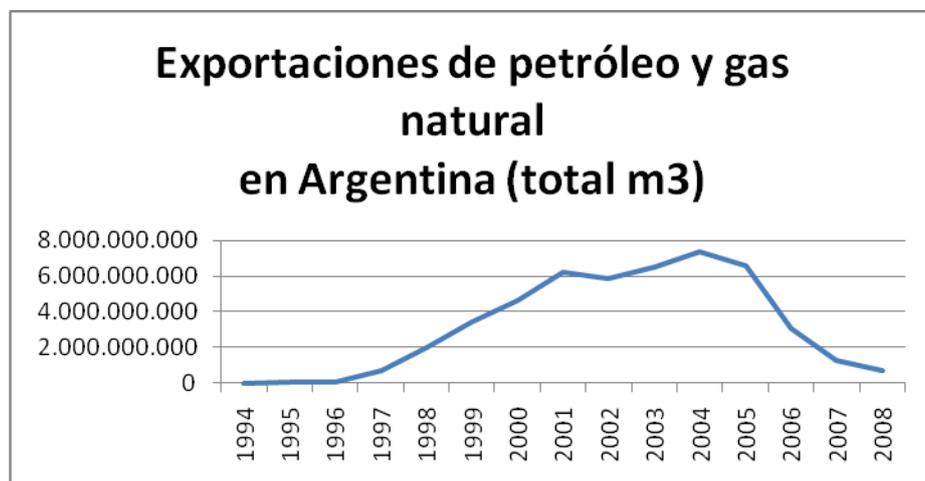


Figura 1.8



Figura 1.9

Fuente: www.energía.mecon.gov.ar

La escasez de recursos no renovables y la entrada en vigencia del protocolo de Kyoto representan un incentivo para que distintas partes del mundo comiencen a utilizar energías alternativas y una gran oportunidad para el desarrollo de energías renovables en nuestro país. Teniendo en cuenta el caso en particular del biodiesel, la Argentina se destaca por poseer diversos ecosistemas y grandes extensiones de tierras aptas para el desarrollo de cultivos oleaginosos. El potencial existe. Para analizar la viabilidad, dado que existe un costo de oportunidad asociado al uso de la tierra y del dinero, es necesario evaluar la rentabilidad y sustentabilidad del desarrollo de cada cultivo y así determinar qué tan bueno es cada uno para la producción de biodiesel.

En particular, en este trabajo se pretende estudiar el biodiesel de Jatropha, desde la caracterización del cultivo, el modo de obtención del aceite y la tecnología necesaria, hasta el biodiesel propiamente dicho. Se pretende identificar las ventajas de trabajar con este cultivo, los problemas asociados, proponer soluciones o alternativas para mitigarlos, reducir riesgos y volver el negocio más rentable. La Jatropha es de especial interés por la alta calidad del biodiesel obtenido a partir del aceite de Jatropha, por la mejora de suelos al desarrollar este cultivo, porque al crecer en zonas poco propicias para otros cultivos se pueden aprovechar suelos marginales, porque no compite con los cultivos comestibles por su toxicidad, por el poco cuidado que demanda en su vida adulta, por su alto rendimiento de aceite en semilla y de semillas por hectárea, etc. A continuación se profundizará en el cultivo para luego

poder analizar la sostenibilidad de este cultivo no alimentario, en el contexto de las actuales políticas de biocombustibles y las iniciativas en los países en desarrollo.

CAPÍTULO II: LA JATROPHA COMO CULTIVO VIABLE EN LA ARGENTINA

Características generales

Hasta ahora, los cultivos que se han considerado en Argentina para la producción de materias primas destinadas a la fabricación de biocombustibles han sido básicamente cultivos tradicionales producidos con fines alimentarios, como son la soja, el maíz, o la caña de azúcar. Con objeto de lograr una producción sostenible y estable de biodiesel y, a su vez, no quemar materias primas que pueden ser destinadas al mercado alimentario, es necesario desarrollar cultivos oleaginosos alternativos, con costos de producción más bajos que los alimentarios y que produzcan aceites aptos para la producción de biodiesel según las normas de calidad del mercado internacional.

La *Jatropha curcas*, conocida también con otros nombres como *Ricinus jarak*, *Ricinus americanus*, *Jatropha acerifolia* y *Jatropha edulis* es un arbusto perteneciente a la familia de las euforbiáceas. Según el país en que fue reconocida ha recibido diferentes nombres triviales, tales como Pinhao manso (Brasil), Tempate (México), Physic nut (países de habla inglesa), Curi-i- vai (Paraguay), Piñón de leche o Piñón botija (Cuba), Fagiola de la India (Italia), Purgueira (Portugal), etc.

La *Jatropha*, planta originaria de México que hasta hace poco no se la utilizaba con ningún fin productivo, solía utilizarse como cerco vivo para animales, pues su toxicidad ahuyentaba al ganado.

El piñón es una oleaginosa de porte arbustivo que tiene más de 3.500 especies agrupadas en 210 géneros. Esta oleaginosa, si bien es originaria de Centroamérica y México, habría llegado a África en las galeras portuguesas que traficaban con esclavos hacia Brasil. Su área de dispersión en Sudamérica abarca Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Galápagos, Paraguay, Perú y Venezuela, llegando a la Argentina, habiéndosela reconocido en varias provincias.

El poder calorífico bruto (P.C.B) del petróleo y derivados es de 9036 cal/g aproximadamente, valor superior al de la antracita y del carbón; el P.C.B de las semillas de *Jatropha curcas* es de 4980cal/g, superior al del carbón mineral, lignito y deyecciones animales.

Impacto ambiental

Desde el punto de vista ambiental cada arbusto puede contribuir a fijar 6 kg de CO₂ (disminución de las emisiones de gases contaminantes), tiene un aporte positivo en la reconversión carbono-oxígeno y permite la estabilización de concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Además, contribuye a la reforestación de zonas semiáridas y secas, y ayuda a incrementar la biodiversidad, evitar la erosión, restablecer el ciclo hídrico y formar suelos.

Estudios internacionales de varios países del trópico arrojan que si el nivel de nutriente suministrado es suficiente (en especial nitrógeno), el desarrollo de la planta depende de la disponibilidad de agua y la producción primaria neta de biomasa (NPK); es decir, la producción de todos los tipos de biomásas en un período anual (hojas del árbol, biomasa de la madera, frutos, etc.), puede alcanzar un rango promedio de 1,2 t/ha/año de materia seca al aire seco con precipitaciones anuales de 200 mm hasta 11,8 t/ha/año de materia seca al aire donde las lluvias alcanzan 1500 mm. Teniendo esto en cuenta, según los distintos niveles de precipitaciones en la Argentina, podría aumentarse la generación de biomasa para energía, puesto que existen zonas donde sería viable el crecimiento de la Jatropha y hoy en día hay escasas o nulas plantaciones que aporten en esta dirección, como son las provincias de Chaco o Santiago del Estero.

Clima, suelos y adaptabilidad

La Jatropha no reacciona al fotoperíodo, es decir que los procesos mediante los cuales regulan sus funciones biológicas (como por ejemplo su reproducción y crecimiento) no se modifican por la alternancia de los días y las noches del año y su duración según las estaciones y el ciclo solar. Por ejemplo, si reaccionara al fotoperíodo, durante el otoño entraría en una fase de reposo y su crecimiento se detendría, puesto que los días son más cortos y no recibiría las horas de luz suficientes para que su metabolismo funcione.

Su distribución en altura llega hasta los 500 m.s.n.m. El piñón sobrevive y crece en las tierras marginales y erosionadas, en las tierras que ya no sirven para la actividad agrícola por estar agotadas. Puede inclusive adaptarse a crecer en suelos salinos, arenosos y rocosos.

Las heladas de baja intensidad y duración corta son toleradas aunque pueden disminuir el rendimiento en hasta un 25%. No tolera heladas fuertes ni sostenidas. Sin embargo, la planta puede soportar períodos de sequía, y la duración tolerada dependerá de la especie y de la zona en la que crezca. Más adelante se estudiarán

los límites climáticos dentro del territorio de la República Argentina para la *Jatropha Curcas* y para algunas especies autóctonas, para así determinar la viabilidad del cultivo en nuestro país.

Variedades

Como se dijo anteriormente, en el mundo existen más de 3.500 especies agrupadas en 210 géneros. En la Argentina existen 11 especies del género *Jatropha* reconocidas como endémicas, pero no todas son aptas para obtener biodiesel según las normas de calidad internacionales. En la Tabla 2.1 que se muestra a continuación, se presentan todas las especies del género *Jatropha* que fueron reconocidas como autóctonas en la República Argentina.



Figura 2.1

<i>Jatropha</i>	<i>Distribución en América</i>	<i>Provincias argentinas</i>
<i>breviloba</i>	Brasil, Noreste de Argentina	Corrientes, Formosa.
<i>curcas</i>	Desde México hasta Argentina	Corrientes, Misiones, Jujuy, Salta.
<i>chacoana</i>	Paraguay Bolivia y N Argentina	Chaco, Formosa, Salta, Santiago del Estero.
<i>excisa</i>	Norte de Argentina	Catamarca, Córdoba, Corrientes, Formosa, La Rioja, Salta, Santiago del Estero, San Juan, San Luis, Tucumán.
<i>grosidentata</i>	Bolivia, Argentina	Chaco, Formosa, Salta
<i>isabelliae</i>	W y Centro de Brasil, Noreste de Argentina	Corrientes, Misiones
<i>hieronymi</i>	Argentina, Bolivia, Paraguay	Catamarca, Jujuy, La Rioja, Santiago del Estero, Salta, San Juan, Tucumán
<i>macrocarpa</i>	Argentina, Bolivia	Catamarca, Chaco, Jujuy, La Rioja, Salta, Santiago del Estero, San Luis, Tucumán
<i>matacensis</i>	Paraguay Argentina	Formosa, Córdoba
<i>pedersenii</i>	Argentina	Corrientes
<i>peranoi</i>	Argentina	Catamarca, Salta, Tucumán

Diferentes especies del género *Jatropha* autóctonas (Fuente: Administración de Parques Nacionales, 2007; Font, 2003; ITIS, 2007, Prado, 1993)

Tabla 2.1

A continuación se presentan imágenes de algunas de las especies de *Jatropha* autóctonas:



Figura 2.2



Figura 2.3

Después de un exhaustivo trabajo de investigación y desarrollo, Font (2003) ha reconocido y caracterizado dos especies autóctonas pertenecientes al género *Jatropha*: *Jatropha macrocarpa* (Grisebach) y *Jatropha hieronymi* (Kuntze), denominadas comúnmente higuerrilla o higuera del zorro, sachá higuera, ortigón bravo macho, piñón, etc., que son potencialmente productoras de aceites para ser usadas como materia prima para producir biodiesel. Estas son la *Jatropha macrocarpa* y la *Jatropha hieronymi*.

La *Jatropha macrocarpa* y la *Jatropha hieronymi* crecen en forma silvestre en climas cálidos y templado - cálidos. Ambas especies son arbustos que se transforman en árboles pequeños con el tiempo, poseen hojas grandes, madera blanda, y frutos dehiscentes, razón por la cual las plantas se encuentran agrupadas. El período de floración – fructificación depende del clima del lugar, fundamentalmente de la temperatura, ya que tampoco son sensibles al fotoperiodo.

Las principales características botánicas de las tres especies se resumen en la tabla que se muestra a continuación.

<i>Jatropha</i>	<i>macrocarpa</i>	<i>hieronymi</i>	<i>curcas</i>
Altura (m)	3	5	5-8
Color flores	Amarillas y rojas	Amarillas y rojas	amarillo-verdosas
Nº Estambres	10 (5 + 5)	7 - 10	10 (5+5)
Glándulas disco femenino	Libres	En anillo	Libres
Fruto (cm)	2	2,50	3-5
Semillas (cm)	1,50	2	2.5-3.0 (1.5)
Color	Castaño claro	Castaño claro	Negra
Diseño	Marmoladas	Marmoladas	Lisas
Forma semilla	Subesférica	Subesférica	Oblonga
Carúncula	Grande	Grande	pequeña
Países limítrofes	Bolivia	Bolivia y Paraguay	Brasil, Paraguay, Bolivia, Chile

Diferencias botánicas entre las 3 sp de *Jatropha* (Fuente: Casotti y Font, 2006)

Tabla 2.2

Acido graso (%)	<i>Jatropha macrocarpa</i> <i>Jatropha hieronymi</i> (%)	<i>Jatropha curcas</i>
Mirístico	0,01- 0,04	0.06
Palmítico	11 - 14	14.24
Palmitoleico	1 - 2	0.95
Margárico	0,05 – 0,08	0.12
Margaroleico	0,10 – 0,15	0.06
Estearico	3 - 4	7.84
Oleico	42 - 55	47.66
Linoleico	27 - 39	28.90
Linolénico	0, 3 – 0,5	0.24
Araquídico	0,10 – 0,20	0.25
Gadoleico	0,12 – 0,18	0.07
Behénico	0,12 – 0,15	0.06

Porcentaje de ácidos grasos presentes en el aceite (Fuente: Casotti y Font, 2006; Heller, 1996)

Tabla 2.3

El color del aceite de *Jatropha curcas* es amarillo claro, inodoro con un ligero sabor a nuez. El índice de saponificación determinado por Cruz y Victoria et al, (2006) fue de 196, el índice de yodo de 99,06 (este aspecto resulta muy positivo, pues las normas de calidad de biodiesel restringen el índice de yodo a menos de 120, y la soja, por ejemplo, no lo cumple), el de acidez 13,86, el de ésteres de 182,1, el de hidroxilo 8,53, el de acetilo 8,48, la materia insaponificable de 0,82%, el índice de refracción a

25°C fue de 62 cp. En términos generales, en lo que refiere a la estructura y propiedades del biodiesel, se sabe que a mayor número de dobles enlaces (ácidos grasos insaturados), que implica un mayor índice de Yodo, se obtiene un menor número de cetanos y una mejor propiedad en frío. Los índices de hidroxilo y acetilo indican que el aceite de *Jatropha curcas* contiene mono y/o diglicéridos (Cruz y Victoria et al, 2006). Si bien en el estudio analizado en esta fuente da valores exactos, es esperable que según la bibliografía cambien, pues existen rangos esperados para las distintas propiedades. En el Capítulo III de este estudio, se analizarán las distintas propiedades, las normas que las regulan y qué significado tienen.

Casotti y Font, (2006) analizaron el biodiesel obtenido a partir de la *Jatropha hieronymi* y la *Jatropha macrocarpa*. De los ensayos fisicoquímicos efectuados, sacaron como conclusión el excelente rendimiento tanto en la cantidad y calidad de los aceites y ácidos grasos obtenidos (en particular un alto porcentaje de ácido oleico e índice de Yodo), así como la relación de insaturados/saturados (82,8% / 17,2%) y sus muy bajos porcentajes de azufre.

El número de cetanos obtenido tanto en los ésteres metílicos como etílicos, están por encima de los mínimos exigidos, así como los valores de Carbón Conradson correspondientes, y se puede afirmar categóricamente que el biodiesel obtenido a partir de estas dos especies de *Jatropha* es de similar calidad a los de soja, girasol y colza, siendo comparables a los fabricados con aceite de *Jatropha curcas* (Casotti y Font, 2006).

Especificaciones del Aceite	<i>Jatropha hieronymi</i> y <i>J. macrocarpa</i>	<i>Jatropha curcas</i>	Especificaciones del Biodiesel	<i>Jatropha hieronymi</i> y <i>J. macrocarpa</i>	<i>Jatropha curcas</i>
Densidad	0,905 - 0,915	0,920	Densidad metilester	0,865 - 0,870	0,879
ppm Azufre	25 - 35	10-14	Densidad etilester	0,875 - 0,880	0,886
% de humedad	4 - 6	7	Nº cetano metilester	52	51
% aceites	32 - 35	48,5	Nº cetano etilester	58	59
Índice de Iodo	108 - 114	97,5	Carbon Conradson metilester	0,028	0,018-0,025
% cáscara / % pepita	45 / 55	42,7/56,5			

Especificaciones del aceite y del biodiesel (Fuente: Casotti y Font, 2006; Heller, 1996)

Tabla 2.4

Se presentan imágenes de las semillas y frutos de las 3 especies analizadas:

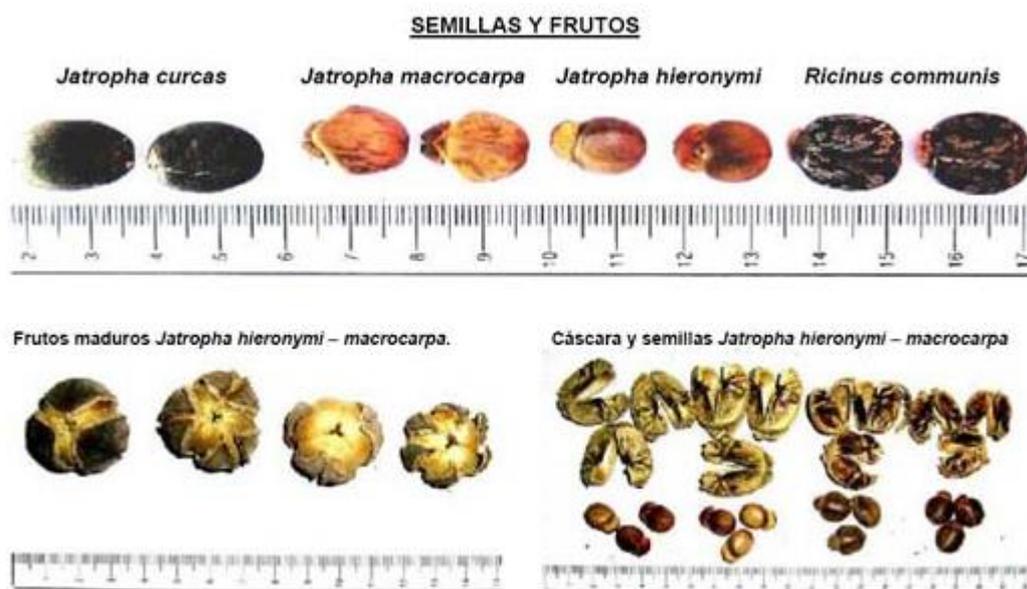


Figura 2.4

Por último, a continuación se identifica el área geográfica que permite el desarrollo óptimo de las tres especies del género *Jatropha* en Argentina, aptas para la producción de biodiesel.

Clima y suelos en la Argentina

Según un estudio realizado por Falasca y Ulberich (2008), el cual mapea las variables: temperatura media anual y precipitación media anual para 118 estaciones meteorológicas y agrometeorológicas presentes en la República Argentina, existen zonas aptas para el crecimiento de la *Jatropha curcas* en la Argentina.

Dado que la *Jatropha curcas* es una especie muy plástica, que puede vivir en ambientes tropicales, subtropicales y templados, húmedos, semiáridos a áridos, y su adaptación varía también según la variedad de semilla, es necesario definir el biotipo que se analizará. A continuación se presenta una tabla con las características climáticas que tolera la *Jatropha curcas*, según su procedencia (Tabla 2.5).

Las variedades autóctonas de *Jatropha macrocarpa* y *Jatropha hieronymi* tienen tolerancias similares a la variedad de Cabo Verde, en lo que refiere a límites climáticos.

Procedencia	Altitud	Temperatura media anual	Precipitación media anual
Cabo Verde	150/1600	18.0-25.0	200-1000
Senegal	15	28.0	700
Ghana	183	27.8	1080
Benin	7	25.3	1330
Kenya	1020	28.0	790
Tanzania	430	20.0	670
Burma	80	27.0	825
India	556	11.0-38.0	672
Costa Rica	10	27.5	2000
México	16	24.8	1623

Limites climáticos a que están sometidos diferentes biotipos de *Jatropha curcas*, según su procedencia (Fuente: Héller, 1992)

Tabla 2.5

Para definir la zonificación de la *Jatropha curcas* en la Argentina, se tomó el límite de 18° C, que estaría indicando el límite sur del área de dispersión por temperatura y la isoyeta de 480 mm (Héller, 1996). Para también zonificar las variedades autóctonas de macrocarpa y hieronymi, se tomó la isoyeta de 200 mm, correspondiente a la mínima necesidad de agua que requiere la variedad Cabo Verde (Héller, 1992) y que se puede asumir como de similar comportamiento.

En la Figura 2.5 se visualiza el límite hídrico para *Jatropha curcas*, definido por la isoyeta de 480 mm, imponiendo su límite sur y oeste. Esta área comprende la totalidad de las provincias de Formosa, Chaco, Santiago del Estero, Santa Fe, Córdoba y Tucumán, gran parte de las provincias de San Luis, La Pampa, Buenos Aires, además de Jujuy, Salta, Catamarca y La Rioja. Sin embargo, al considerar la isoyeta de 200 mm, correspondiente al requerimiento hídrico mínimo de *Jatropha curcas* Variedad Cabo Verde, el área se extiende aún más hacia el sur y el oeste. Este límite hídrico es coincidente con el requerimiento mínimo de agua de las *Jatropha hieronymi* y *macrocarpa* (variedades autóctonas).

En la Figura 2.6 se muestra el límite térmico para *Jatropha curcas*, definido por la isoterma media anual de 18 °C. Esta área, que es más reducida que la anterior, comprende la totalidad de las provincias de Chaco, Formosa, Misiones, Corrientes y Santiago del Estero. Abarca además el sector oriental de Jujuy, centro y este de Salta, gran parte de Tucumán, parte de La Rioja, Catamarca y San Juan, norte y centro de Córdoba, de Santa Fe y Entre Ríos.

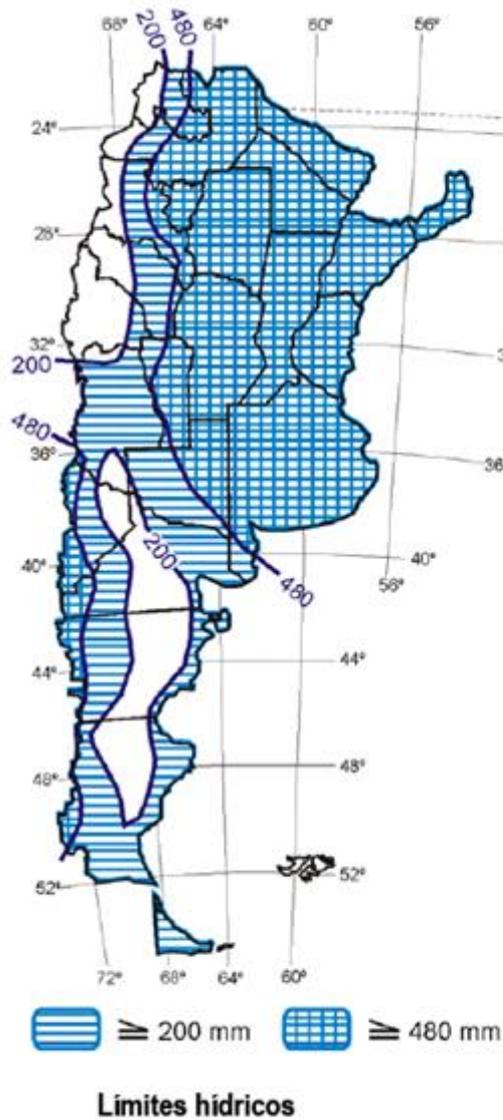


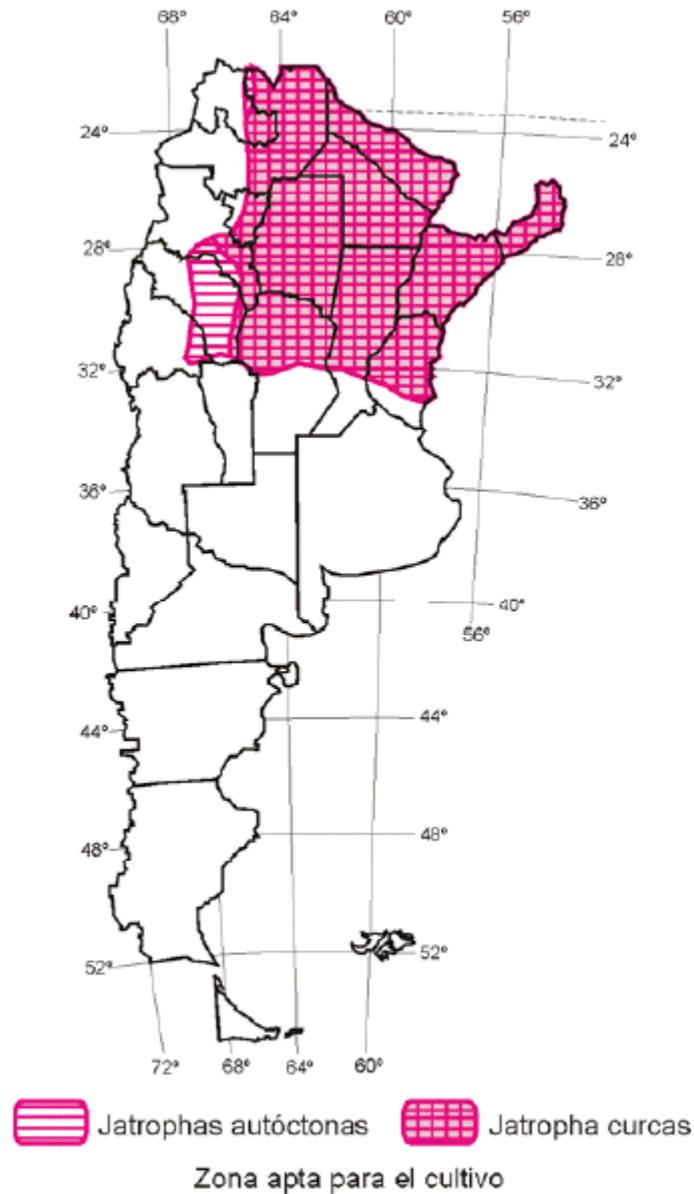
Figura 2.5



Figura 2.6

La Figura 2.7 resulta de la superposición de las figuras 2.5 y 2.6. Está indicando la zona del país donde podrían potencialmente cultivarse estas especies con probabilidad de éxito en condiciones de secano. Al considerar la variedad Cabo Verde de *Jatropha curcas* al igual que las *Jatropha hieronymi* y *macrocarpa*, el área potencial de cultivo se extiende más al oeste, es decir abarcando una mayor superficie en las provincias de la Rioja y Catamarca e incorpora una parte de San Juan.

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina



Agroclima de *Jatropha curcas*, *hieronymi* y *macrocarpa*

Figura 2.7

Para corroborar lo dicho anteriormente, basta con citar las provincias en que han sido reconocidas estas especies. Así, la *Jatropha curcas* fue reconocida en Salta, Misiones y Corrientes; la *Jatropha hieronymi* en San Juan, La Rioja, Catamarca, Salta, Jujuy y Santiago del Estero; y la *Jatropha macrocarpa* en San Juan, La Rioja, Catamarca, Tucumán, Salta, Jujuy y Santiago del Estero. No se descarta la posibilidad que puedan ser reconocidas estas especies en otras provincias.

Rendimientos

La Jatropha comienza a producir de manera significativa al cabo de un año de sembrado, su producción se incrementa año a año durante los primeros 3 a 4 años y a partir de ahí se estabiliza en los 40-50 años que le quedan de vida.

Los datos que aporta la bibliografía sobre rendimiento de Jatropha curcas son muy variables, ya que dependen de la especie estudiada, y del clima del lugar, fundamentalmente del aporte hídrico. En la Argentina, según Cultivos Energéticos SRL, considerando 1667 plantas por hectárea, podrán obtenerse entre 1650 kg de aceite por hectárea aproximadamente. Si se plantaran 2500 plantas por hectárea (2m x 2m), se obtendrían 2500 kg de aceite por hectárea. Estos valores dependerán, entre otras cosas, del régimen de lluvias y el sistema de riego.

Lamentablemente, hay muy pocos datos del rendimiento de especies autóctonas en Argentina. La Jatropha macrocarpa, según ha reportado la fundación FUNDAPRO, en la provincia de La Rioja que cada planta produce de 150 a 200 frutos al año. Ellos realizan riego discontinuo. Considerando unas 2500 plantas por hectárea producirán 3125kg de semillas y como poseen 39-42% de aceite (según FUNDAPRO), rendirán 1220 a 1315 kg de aceite por ha.

Se recomienda plantar según densidades de 2500, 2000, 1667, 1250 y 1111 plantas/ha. Ello implica colocarlas en 2 x 2 m; 2,0 x 2,5 m; 3 x 2 m; 2 x 4 m y 3 x 3 m respectivamente. Para plantaciones comerciales se sugiere sembrar en forma de cuadro, a un distanciamiento de 2 metros entre surco y 2 metros entre planta (2x2). Ello da un total de 2500 plantas por hectárea.

A los 8-12 meses se hace la primera cosecha y se obtienen 0,200 kg de frutos por árbol. Luego de desarrollada la misma (luego de los 5 años), anualmente se obtiene alrededor de 5 Kg. de frutos por planta, de las cuales, 3 Kg. corresponden a semillas. El rendimiento es de 7,5 toneladas de semillas por hectárea (con una población de 2.500 plantas por ha) .Esta producción se logra con régimen de lluvias adecuados en el año. Para plantaciones de 2000 o 2500 plantas por hectárea, la cosecha puede ser manual (cultivo de alto impacto social) o semimecanizada. Así, 7,5 toneladas de semillas por hectárea por año, considerando un 35% promedio de aceite (dependerá de distintos factores), se obtendrían 2625 kg de aceite por hectárea y por año. Si bien esta cifra parecería alta para la Argentina, se están llevando a cabo los primeros proyectos a gran escala, de los cuales resultarán valores empíricos más fehacientes.¹

¹ http://www.jatrophacurcasweb.com.ar/docs/ficha_tecnica_200807.pdf

A continuación se muestra un cuadro comparativo (Tabla 2.6) sobre los rendimientos de distintos cultivos para producción de biodiesel.

Como puede apreciarse, la Jatropha es el cultivo de mejor rendimiento para producción de biodiesel, resultando su **rendimiento casi 3 veces mayor al de la soja**. La causa fundamental es el porcentaje de aceite en semilla, siendo de 55% y 18% respectivamente, según esta fuente². Existen varios factores que pueden modificar los rendimientos citados por las distintas fuentes, como pueden ser la densidad de la plantación (cantidad de plantas por hectárea), el método de extracción de aceite (aportan entre 50-55% si la extracción del aceite se realiza por solvente y entre 28-35% si se realiza una extracción mecánica). Al presnetar una tabla comparativa, se pretende comparar en términos relativos y bajo igualdad de condiciones a los diferentes cultivos oleaginosos.

Cultivo	Rendimiento (kg/ha)	% de aceite en semilla	Rendimiento (kg aceite/ha)	Lts. aceite/ha (0,93 Kg/lit)	Factor de Conversión a Biodiesel	Lts. Biodiesel/ha
Jatropha	2.500	55%	1.375	1.478	0,96	1.419
Ricino (tártago)	2.500	50%	1.250	1.344	0,96	1.290
Colza	1.800	50%	900	968	0,96	929
Girasol	1.950	45%	878	944	0,96	906
Soja	2.700	18%	486	523	0,96	502
Cártamo	1.100	35%	385	414	0,96	397

Tabla 2.6

Nota: Dado que el porcentaje de aceite en semilla varía mucho según las distintas fuentes consultadas, para la etapa de evaluación se considerará un rendimiento del 35% Tn aceite/Tn semilla, siendo este un escenario más pesimista considerando las posibilidades tecnológicas para extracción de aceite (extracción mecánica).

² http://www.altanoghave.dk/jathropa/produccion_Biodiesel.pdf

Además del rendimiento, existen ventajas técnicas asociadas principalmente a la composición del aceite y sus índices (pues el biodiesel fabricado a partir del aceite de Jatropha satisface los requerimientos internacionales de calidad); y ventajas económicas, ya que resulta más barato que producir biodiesel a partir de otros cultivos (por ejemplo girasol).

Por otro lado, la torta que se obtiene del prensado de las semillas tiene un alto contenido de nitrógeno (8%), fósforo (7,5%) y potasio (45%) y otros micro y macroelementos, por lo que vendría a ser un excelente abono orgánico (fertilizante). Aún no se la usa como alimento animal por ser tóxica; sin embargo, se está estudiando su desactivación y tendría gran potencial por los nutrientes con los que cuenta. Cabe destacar que la misma planta de jatropha tiene una gran capacidad para fijar nitrógeno al suelo, lo que beneficia en la formación de nitratos y favorece el crecimiento de las plantas, y puede vivir productivamente entre 40 y 50 años.

Proyectos en Argentina y a nivel mundial

- *Programa Nacional de Biodiesel de Jatropha en India*

En India, está en desarrollo un programa nacional para el desarrollo de la Jatropha a nivel industrial para biodiesel, con el objetivo de reemplazar el 20% del consumo de diesel de India. Para este fin, once millones de hectáreas de tierras actualmente no utilizadas deben ser cultivadas con Jatropha. Para alcanzar este objetivo, el programa se convirtió en una "Misión Nacional", movilizándolo a un gran número de partes interesadas, incluidos los individuos, las comunidades, los empresarios, las compañías petroleras, las empresas, la industria, el sector financiero, así como el Gobierno y la mayoría de sus instituciones.

En la primera fase, el Gobierno busca testear, desarrollar y demostrar la "viabilidad de todos los componentes", es decir, la producción suficiente de semillas, la información y educación de los posibles participantes y las partes interesadas para permitir una auto-difusión. La primera etapa, es decir el proyecto de demostración, consiste a su vez en 2 fases, cada una con 200.000 hectáreas plantadas en 8 estados de 2 x 25.000 hectáreas ($8 \times 2 \times 25.000 = 400.00 \text{ Ha.}$)

Los resultados previstos de las 400.000 hectáreas son 0,5 millones de toneladas de biodiesel, la torta resultante del prensado, y la generación masiva de empleo (16 millones de días / año). El programa está destinado a ayudar a alcanzar los objetivos de las normas climáticas y de emisión aprobados por el Gobierno.

La fase I que consiste en un proyecto de demostración que se realizó para el año 2006-07 con una inversión de US\$ 300 millones, en 400.000 hectáreas. La fase II, la

cual se está llevando a cabo hoy en día, consiste en mantener la expansión del programa, para alcanzar la producción de Biodiesel planeada para el año 2011-12.

El programa prevé ampliar las capacidades de transformación, financiándose con 30% de subvenciones estatales, 60% de préstamos, y 10% de capital privado. Para la "Fase II" se solicitó ayuda a organismos internacionales, ya que el programa aborda problemas globales de medio ambiente y contribuye al alivio de la pobreza.

Justificación para el Programa

India es el sexto país en el mundo en lo que refiere a demanda de energía, representa el 3,5% del consumo mundial de energía. Una gran parte de la población no tiene acceso a energía de hidrocarburos. En India, se espera que la importación de petróleo crudo continúe creciendo, ya que la tasa de crecimiento del consumo es del 5,6% mientras que actualmente la oferta interna puede sólo satisfacer el 22% de la demanda. Así, existe una dependencia de las importaciones de petróleo crudo (mayor a 18 mil millones de dólares por año) y la brecha entre la demanda y la producción va en aumento.

La Jatropha resulta una alternativa, y el Gobierno la está poniendo a prueba.

- *D1 Oils PLC*

D1 Oils PLC es una compañía focalizada en cultivos alternativos como fuente de energía. Ellos están desarrollando la Jatropha Curcas como un cultivo sostenible y no alimentario para fabricar biodiesel. Han desarrollado un programa de plantación de Jatropha, y proveen tecnología y servicios para este mercado emergente, incluyendo el desarrollo y la selección de las semillas, el desarrollo de prácticas convenientes de agricultura, y la cosecha y el tratamiento tanto del aceite como de la torta de Jatropha.

D1 Oils Plant Science Limited es una subsidiaria, la cual pertenece totalmente a D1 Oils PLC. Las actividades principales de este negocio son de R&D. La empresa es responsable de centros de desarrollo regionales (RDCs) localizados en ubicaciones claves para la industria, como son India, Tailandia y Zambia.

¿Cómo funciona el programa de las plantaciones de Jatropha de D1?

Hasta el 30 de Junio del 2009, D1 ha plantado más de 220,000 hectáreas en distintas regiones del mundo. La plantación está concentrada en el Sur de África, India y Sudeste de Asia.

Las plantaciones manejadas por D1 son aquellas granjas donde la tierra y el trabajo son controlados por la compañía, por sus filiales o compañeros de joint venture. En la agricultura de contrato, el agricultor planta sus propios árboles sobre su propia tierra. D1 y sus asociados ayudan con la provisión de plantines y el arreglo de las finanzas bancarias para la plantación; ofrecen un acuerdo de compra de los granos cosechados, sujeto a un precio base y al logro de las normas de calidad acordadas; proporcionan el apoyo y el consejo durante el desarrollo del cultivo, y supervisan la condición de las cosechas. Los acuerdos de suministro de las semillas y del aceite son contratos de suministro libres con terceros por los cuales D1, directamente o mediante sus asociaciones, tiene disposiciones de utilización sobre las futuras cosechas de las plantaciones de Jatropha que el tercero desarrolla. D1 tiene limitada participación en las plantaciones y confía en terceros para medir y manejar las cosechas con eficacia.

- *Plantaciones existentes y potenciales en la Argentina*

Tanto la Jatropha curcas como las 2 variedades autóctonas descritas, Jatropha macrocarpa y Jatropha hieronymi, pueden ser trabajadas a nivel familiar, es decir sin necesidad de contratación de personal, como sucede en países africanos y en algunos sectores de Brasil. Sin embargo, actualmente existen algunos proyectos de mayor escala en nuestro país; a continuación se describen algunos de ellos.

Jatropha en Santiago del Estero: un hecho

La decisión de llevar a cabo la explotación por parte de inversores privados conjuntamente con el aporte técnico y provisión de genética en Jatropha Curcas por parte de la empresa Cultivos Energéticos SRL , están materializando una de las plantaciones más grandes de este cultivo alternativo para obtención de semillas oleaginosas en el país.

Se colocaron 1667 plantines por hectárea. Las cavas se ubican cada 2 metros, con una calle de 3 metros para una cosecha mecanizada en el futuro, como así también para poder efectuar los tratamientos de prevención de plagas y/o enfermedades.

La plantación comenzó a realizarse a fines de Diciembre del año 2008. El rendimiento esperado por quienes llevan adelante este proyecto, en base a la calidad de plantas colocadas y a la experiencia que se tiene, es que el plantín rinda luego de su tercer año la cantidad de 3 kg de semillas por árbol, por lo que anualmente se tendría una cosecha aproximada de 5000 kg. Considerando que

con las modernas prensas que actualmente existen en el mercado y con el sistema técnico empleado (como en el N.E de Brasil), se puede llegar a obtener la cantidad de 1900 litros de oleo vegetal de Jatropha Curcas por hectárea.

Jatropha en Chaco: con potencial

Actualmente en la provincia de Chaco existen grandes extensiones de tierras improductivas debido a sus condiciones climáticas, imposibles de ser utilizadas para la agricultura tradicional.

Teniendo en cuenta que la Provincia de Chaco ocupa el segundo lugar a nivel nacional, luego de Formosa, dentro de las provincias con mayor NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas) con un porcentaje cercano al 30 % del total de su población, y que ocupa el mismo lugar en el nivel de pobreza con un 65,5 %; y que la estructura ocupacional presenta características negativas: poca demanda de empleo, la inexistencia de personal calificado, y teniendo en cuenta la mala distribución del ingreso incrementándose año tras año la brecha entre los más ricos y los más pobres; resultaría interesante el desarrollo de un cultivo a gran escala, no sólo por su impacto ambiental y económico, sino también por la generación de empleo y su impacto social.

Asimismo, reuniendo las características necesarias para ser cultivada por pequeñas familias, la Jatropha curcas se transformaría en una alternativa productiva para las comunidades aborígenes de la Provincia causando en dicho grupo poblacional el siguiente impacto:

- Disminución del nivel de indigencia y pobreza extrema.
- Inclusión social.
- Oportunidad de mejora económica y social

Existe un gran potencial para desarrollar este cultivo en la provincia de Chaco tanto desde el punto de vista social y económico, como desde la aptitud de la región en cuanto a clima y suelo.

En la región delimitada por la Figura 2.7, en general no existen industrias ni emprendimientos agroforestales de envergadura industrial, razón por la cual los habitantes de las mismas, en general vive padeciendo problemas de desempleo, lo que los obliga a emigrar a otras ciudades o provincias, o a vivir con altos niveles de indigencia y desnutrición.

La posibilidad de poder concretar estos proyectos agroforestales, con todas las tareas que lleva aparejadas, es decir, la limpieza del terreno, la siembra, los riegos (hasta que se afirmen las plantas en el terreno), el control de insectos, las podas y otras labores culturales, y la posterior cosecha con la consiguiente recolección de frutos y semillas, todas tareas manuales en un principio, se presenta como una gran oportunidad laboral para paliar esta grave situación socio-económica.

Calidad del aceite para biodiesel

El Instituto Argentino de Normalización (IRAM) estableció el 10 de Diciembre del 2001 los requisitos y métodos de ensayo para el biodiesel, así como para su comercialización y suministro en nuestro país. Los requisitos que deberán cumplirse cuando se ensaya el biodiesel puro (B100), obtenido en base a alcohol metílico, para uso automotriz se detallan en la Tabla 2.7 (IRAM 6515-1) a continuación:

Requisito	Unidad	Límites		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Contenido de éster	g/100g	96,5		PrEN 14103
Densidad a 15 °C	g/ml	875	900	EN ISO 3675
Viscosidad a 40 °C	mm ² /s	3,5	5,0	EN ISO 12185 IRAM – IAP A 6597
Punto de inflamación	°C	100		EN ISO 3104 ASTM D 445 ISO/CD 3679
Contenido de azufre	mg/kg		10	ASTM D 93 ASTM D 2622
Residuo carbonoso (sobre 10% de residuo de destilado)	g/100g		0,05	ASTM D 4530 EN ISO 10370 ASTM D 1160 (para obtener el 10% de destilado)
Número de cetano		46		EN ISO 5165 ASTM D 613
Cenizas sulfatadas	g/100g		0,02	ISO 3987 ASTM D 4928
Contenido de agua por Karl Fischer	g/100g		0,050	EN ISO 12397
Impurezas insolubles	mg/kg		24	EN 12662
Corrosión a la lámina de cobre (3hs a 50°C)			1	IRAM – IAP A 6533

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina

				EN ISO 2160
				ASTM D 130
Estabilidad a la oxidación, a 110°C	horas	6		PrEN 14112
Índice de acidez	mg koh/g		0,5	IRAM 6558
				PrEN 14104
				ASTM D 664
Índice de yodo			150	PrEN 14111
ésteres metílicos de ácido linoleico	g/100g		12	PrEN 14103
ésteres metílicos de ácidos poliinsaturados (>=4 dobles ligaduras)	g/100g		1	
Contenido de metanol libre	g/100g		0,2	PrEN 14110
Contenido de monoglicérido	g/100g		0,8	PrEN 14105
Contenido de diglicérido	g/100g		0,2	PrEN 14105
Contenido de triglicérido	g/100g		0,2	PrEN 14105
Glicerina libre	g/100g		0,02	PrEN 14105
				PrEN 14106
Contenido total de glicerina	g/100g		0,25	PrEN 14105
Metales alcalinos	mg/kg		5	PrEN 14108
(Na + K)				PrEN 14109
Contenido de fósforo	mg/kg		10	PrEN 14107
Lubricidad	µm		250	ISO 12156-1

Tabla 2.7

Fuente: SAGPyA – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación en base al Instituto Argentino de Normalización (IRAM)

Con relación a la zona de comercialización, uso y época del año, debido a las variaciones de temperaturas estacionales y regionales de nuestro país, se presentan los requisitos que debería cumplir el biodiesel en la Tabla 2.8:

Requisitos	Unidad	Límites máximos						Método de ensayo
		Grado A	Grado B	Grado C	Grado D	Grado E	Grado F	
Punto de obturación de filtro	°C	+5	0	-5	-10	-15	-20	IP 309 EN 116

Tabla 2.8

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAME), denominados biodiesel, son productos de origen vegetal o animal, y su composición y propiedades están

definidas por distintas normas internacionales: la norma EN 14214 se usa en Europa, la norma ASTM 6751 D en Estados Unidos, y la DIN V 51606 en Alemania.

La norma EN 14214:2005 se utiliza para combustibles para vehículos y para ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) para motores diesel. Los requerimientos y métodos de medición son:

Propiedad	Unidad	Mínimo	Máximo	Método
Contenido de éster	% (m/m)	96.5		prEN 14103
Densidad a 15°C	kg/m ³	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viscosidad a 40°C	mm ² /s	3.5	5.0	EN ISO 3104
Flash Point	°C	Superior a 101		ISO / CD 3679
Contenido de Azufre	mg/Kg		10	
Residuo Carbonoso (sobre el 10% del residuo de destilación)	% (m/m)		0.3	EN ISO 10370
Número Cetano		51.0		EN ISO 5165
Contenido de Cenizas Sulfatadas	% (m/m)		0.02	ISO 3987
Contenido de Agua	mg/Kg		500	EN ISO 12937
Impurezas Totales	mg/Kg		24	EN 12662
Corrosión a la lámina de Cobre (3 hs a 50°C)	Grado	Clase 1	Clase 1	EN ISO 2160
Estabilidad térmica				
Estabilidad a la oxidación, a 110 °C	Horas	6		pr EN 14112
Acidez	mg KOH/g		0.5	pr EN 14104
Índice de Yodo			120	pr EN 14111
Éster metílico de ácido linoléico	% (m/m)		12	pr EN 14103
Ésteres metílicos poliinsaturados (>= 4 dobles ligaduras)	% (m/m)		1	

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina

Contenido de Metanol	% (m/m)		0.2	pr EN 14110
Contenido de Monoglicérido	% (m/m)		0.8	pr EN 14105
Contenido de Diglicérido	% (m/m)		0.2	pr EN 14105
Contenido de Triglicérido	% (m/m)		0.2	pr EN 14105
Glicerina Libre	% (m/m)		0.02	pr EN 14105
				pr EN 14106
Glicerina Total	% (m/m)		0.25	pr EN 14105
Metales Alcalinos (K + Na)	mg/Kg		5	pr EN 14108
				pr EN 14109
Contenido de Fósforo	mg/Kg		10	pr EN 14107

Tabla 2.9

A continuación se presentan las especificaciones para el biodiesel (B100), a ser utilizado como combustible en mezclas, establecidas por la norma ASTM D 6751:

Propiedad	Método ASTM	Límites	Unidad
Flash Point	D93	130.0 mín.	°C
Agua y Sedimentos	D2709	0.050 máx.	% vol.
Viscosidad cinemática a 40 °C	D445	1.9 - 6.0	mm ² /seg.
Cenizas Sulfatadas	D874	0.020 máx.	% masa
Azufre (Grado S 15)	D5453	0.0015 máx.	ppm
Azufre (Grado S 500)	D5453	0.05 máx.	ppm
Corrosión a la lámina de Cobre	D130	Nº 3 máx.	

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina

Número Cetano	D613	47 mín.	
Punto de Enturbiamiento	D2500	A informar por el cliente	°C
Residuo Carbonoso *	D4530	0.050 máx.	% masa
Acidez	D664	0.80 máx.	mg KOH/gm
Glicerina Libre	D6584	0.020 máx.	% masa
Glicerina Total	D6584	0.240 máx.	% masa
Contenido de Fósforo	D4951	0.001 máx.	% masa
Temperatura de Destilación, Equivalente en Temperatura Atmosférica, 90% recuperado	D1160	360 máx.	°C

Tabla 2.10

(*) El Residuo Carbonoso se efectuará sobre una muestra al 100%.

Fuente: SAGPyA – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación en base al Instituto Argentino de Normalización (IRAM)

A continuación se presentan los requerimientos para Ésteres Metílicos de Ácidos Grasos (FAME) correspondientes a la norma DIN V 51606 (Alemania).

Propiedad	Unidad	Mínimo	Máximo
Densidad a 15°C	kg/m ³	875	900
Viscosidad a 40°C	mm ² /s	3.5	5.0
Flash Point	°C	110	
CFPP (punto de obturación del filtro frío)	°C	Verano: 0; Prim/Otoño: -10; Inv: -20	
Contenido de Azufre	mg/Kg		10
Residuo Carbonoso (sobre el 10% del residuo de destilación)	% (m/m)		0,3
Residuo Carbonoso (sobre el 100% de la muestra)	% (m/m)		0,05
Número Cetano		49.0	

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina

Contenido de Cenizas Sulfatadas	% (m/m)		0.03
Contenido de Agua	mg/Kg		300
Impurezas Totales	mg/Kg		20
Corrosión a la lámina de Cobre (3 hs a 50°C)	Grado	Clase 1	Clase 1
Acidez	mg KOH/g		0.5
Índice de Yodo			115
Contenido de Metanol	% (m/m)		0.3
Contenido de Monoglicérido	% (m/m)		0.8
Contenido de Diglicérido	% (m/m)		0.4
Contenido de Triglicérido	% (m/m)		0.4
Glicerina Libre	% (m/m)		0.02
Glicerina Total	% (m/m)		0.25
Alcalinidad	mg/Kg		5
Contenido de Fósforo	mg/Kg		10

Tabla 2.11

Etapas del proceso productivo del aceite de Jatropha

Las etapas del proceso productivo, desde que se siembran las semillas hasta que se obtiene el aceite de Jatropha son las que se muestran en el esquema a continuación:

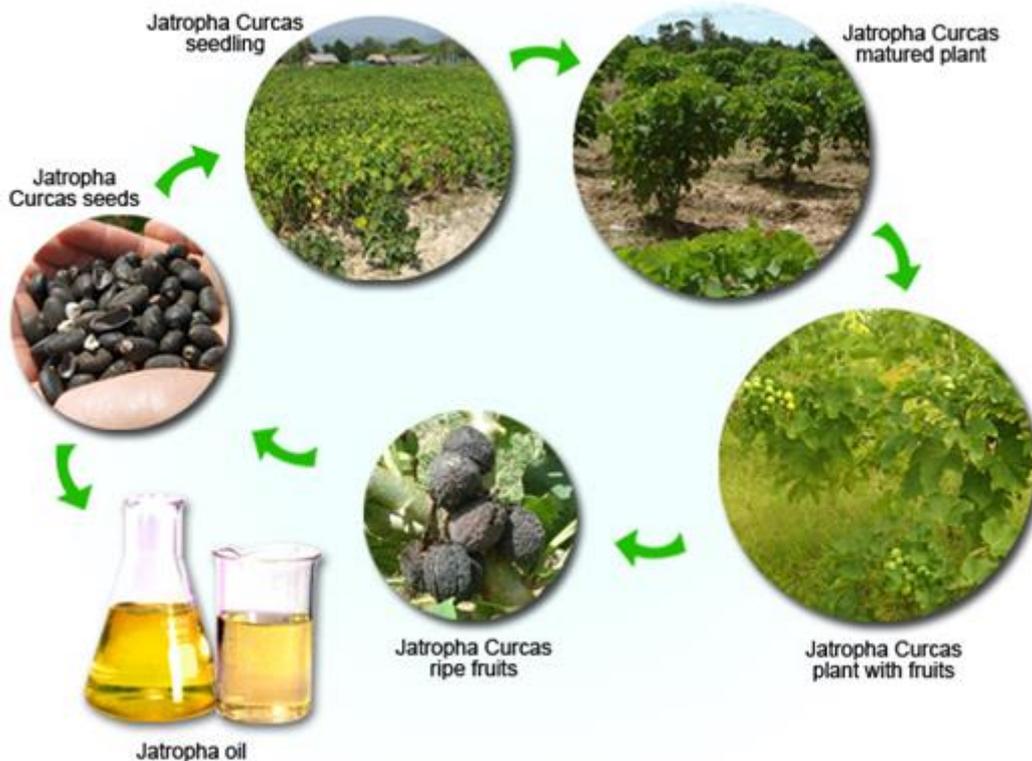


Figura 2.8

Usos de la semilla y subproductos

El **aceite de su semilla** puede usarse como combustible para motores, lámparas y cocinas; la planta entera, sobre todo los frutos pueden emplearse como combustible sólido y el aceite se utiliza, además, como lubricante de motores. El uso principal y de mayor potencial es el uso del aceite para la fabricación de biodiesel, ya que por sus características y rendimientos podría sustituir, al menos parcialmente, al diesel de petróleo. Uno de los problemas que tiene asociado, es que el biodiesel sea su única aplicación industrial, ya que esto implicará un alto riesgo en el mercado a la hora de invertir en la fase agrícola y/o en la planta de crushing de aceite de Jatropha.

Las **cáscaras de frutos y cáscaras de semillas** pueden ser utilizadas como combustible, y las semillas secas pueden sumergirse en aceite de palma para usarse como antorchas, que se mantendrían encendidas incluso con fuertes vientos. La cáscara tiene un valor calórico de aproximadamente 2651 kcal/kg (15% de humedad), por lo que también puede ser empleada como combustible. La cáscara también puede transformarse, mediante un proceso de digestión anaeróbica, en biogás y biofertilizante (efluente del digestor), por su contenido de nitrógeno, potasio y fósforo, lo que podría optimizar los rendimientos energéticos.

La **madera** se puede utilizar como combustible, aunque resulta de mala calidad.

La **torta** puede usarse directamente como abono orgánico o fertilizante ya que posee un 3-4% de nitrógeno. Con respecto al mercado para la torta, es decir los residuos de la semilla que restan después de haber extraído el aceite, se está investigando el poder transformarla en alimento para ganado. El problema radica en que la torta tiene sustancias tóxicas tanto para los humanos como para los animales, pero están desarrollándose investigaciones sobre el trabajo de desintoxicación para así poder aprovechar el gran potencial que tiene. Existe la posibilidad de sustituir la torta de soja, al menos parcialmente, por la torta de jatropha, porque la calidad de esta última es superior: el contenido de proteína bruta de la soja es alrededor de 45 %; mientras que de jatropha es de 55-58%. Se ampliará esta aplicación en el Capítulo III.

Además, **la sustancia tóxica de la Jatropha** –“forbolester”- está siendo investigada para combatir el cáncer y para utilizarla como componente de biopesticidas para ser utilizados en la agricultura orgánica.

Por último, luego del proceso de transesterificación (aceite jatropha mas alcohol) para elaboración del biodiesel, se obtiene un 11 % de **glicerol al 85% de pureza**, por lo que tiene alto valor para uso farmacológico e industrial.

Multiple-Cropping

Entre cada hilera de plantación se puede realizar otro cultivo, tales como pimiento, tomate, forrajera, etc. Debe hacerse un estudio de conveniencia y/o factibilidad para cada caso. A modo de ejemplo y antecedente, en la provincia de Misiones, la empresa Global Agricultural Resources (quienes también tienen plantaciones de Jatropha en Brasil) está llevando adelante un proyecto de un cultivo de la misma familia de la Jatropha, el Ricino, y entre las hileras de las plantaciones está cultivando maíz, tabaco, hortalizas, etc. En el Capítulo III se comentarán los problemas asociados a esta práctica, y qué factores deberían tenerse en cuenta para llevar a cabo multiple-cropping en una plantación de Jatropha.



Figura 2.9

Ventajas de la Jatropha

- Al ser tóxica, no compite con alimentos.
- Es una planta severa a la naturaleza ya que puede crecer y sobrevivir con muy pocos cuidados en terrenos áridos o semiáridos (tierras marginales de escasos nutrientes).
- Tiene un crecimiento rápido y es una planta de larga vida (entre 40 y 50 años).
- Es una planta de fácil propagación (por semillas, por plantines, por estacas y/o por micro propagación).
- Las semillas al tener un grado de toxicidad no son comestibles y por ende no son llevadas por los pájaros o ingeridas por otro tipo de animales.
- Soporta periodos de sequía (con escasas lluvias), pudiéndose localizar en isohietas desde 200 mm/año.
- De la semilla, luego de pelada, se obtiene una almendra rica en aceite. El rendimiento del porcentaje de aceite en semilla es superior al del resto de los cultivos. En promedio, el rendimiento es del 35-40% de aceite por tonelada de semilla procesada.
- Puede obtenerse biodiesel a partir de dicho aceite, mediante el proceso de transesterificación.
- La calidad del biodiesel producido a partir del aceite de Jatropha cumple con estándares internacionales para biodiesel, y fue chequeado analíticamente por DaimlerChrysler y marca un índice de aceptabilidad muy promisorio.
- La Jatropha controla la erosión de los suelos, reduciendo la misma por efectos del agua o viento.
- Genera mejoras en la fertilidad del suelo.
- Al crecer en zonas donde no crece prácticamente ningún otro cultivo, genera una nueva renta para productores rurales en aquellos terrenos donde hoy no se cultiva. Es una actividad de alto impacto social.

- Es una fuente generadora de energía para las áreas rurales (ya sea con el aceite y/o con el biodiesel obtenido). Permite generar empleo y podría ser una fuente de auto-abastecimiento de energía en zonas rurales.
- La torta obtenida de la prensa de las semillas es muy rica en fósforo, potasio y nitrógeno, y por lo tanto es un abono orgánico.
- Aporta oxígeno y retiene dióxido de carbono. Secuestra hasta 6-8 kg de carbono por planta/año, disminuyendo la emisión de gases contaminantes.
- Puede compartir su hábitat con otras especies, favoreciendo el multiple-cropping.
- Las hojas pueden tener aplicaciones medicinales, y la sustancia tóxica está siendo investigada para ser utilizada contra el cáncer.
- La biomasa que se obtiene del descascaramiento de la semilla y de la cápsula del fruto se utiliza para generar biogás.
- El rendimiento es variable según, entre otros factores, el régimen de lluvias y tipo de suelos. El cultivo produce más en tierras fértiles.
- El subproducto obtenido de la transesterificación, el glicerol, puede usarse para fabricar jabón.
- Tiene de 3 a 5 floraciones durante el año y un alto rendimiento: Produce en promedio 5000 kilos de semillas por hectárea, si se plantan 1667 plantines/Ha (2m x 3m). Produce en promedio 1650 litros de aceite por hectárea y 3200 kilos de torta por hectárea.

Los beneficios de la explotación en la Argentina, tanto de la *Jatropha curcas* como de las *Jatropha macrocarpa* o de la *Jatropha hieronymi*, serán:

- Económicos: La región noreste argentina podrá disponer de nuevos combustibles renovables (cáscara, cascarilla, leña y el aceite vegetal para producir biodiesel), lo que contribuirá en el mejoramiento de la matriz energética, y posibilitará una mayor diversificación de los combustibles que participan en la economía energética, en especial la biomasa (al aportar nuevos combustibles renovables). Estas materias primas y sus subproductos (residuos) de los procesos industriales (aceites, glicerol, torta, cáscara, etc.) pueden tener otros empleos económicos (fertilizantes, abono, alimento animal, y otros), de acuerdo con la factibilidad económica, así como generar empleos, desarrollo de agroindustrias y reducción de las importaciones de combustibles y otras materias primas, y generar nuevos rubros exportables.
- Sociales: Puede contribuir a la solución de problemas como la erradicación de la pobreza o al menos disminuir los niveles de indigencia y de desnutrición, lo que influye en una elevación de la calidad de vida.

- Medioambientales: El desarrollo de un agrosistema en base a plantaciones de *Jatropha curcas*, *macrocarpa* y *hieronymi* y el aprovechamiento de su biomasa pueden propiciar un incremento de las áreas boscosas y frenar la deforestación y el sobrepastoreo en los ecosistemas más frágiles, en especial en las regiones semiáridas y secas no aprovechadas por la agricultura tradicional, la regeneración de esos suelos, el incremento de la biodiversidad, la disminución de las emisiones de gases contaminantes, etc.

Considerando el alto costo que demandará, y al día de hoy demanda, la importación de hidrocarburos: 700 MM de US\$/ año aproximadamente, el alto nivel de desocupación existente en el país, la necesidad de reforestación, la gran cantidad de tierras disponibles semiáridas y desertizadas por la tala indiscriminada de bosques y el sobrepastoreo, resulta de vital importancia el desarrollo de una alternativa de fuente energética como los cultivos de *Jatropha* para la extracción de aceite y su procesamiento a biodiesel, ampliando el nivel de ocupación rural y la mejora en el ingreso de los agricultores involucrados.

Si bien se ha delimitado el área de explotación de la *Jatropha* en la Argentina, resulta indispensable llevar a cabo mayores investigaciones para generar indicadores de sostenibilidad y productividad para realizar plantaciones a gran escala.

Los actuales o potenciales problemas que se presentan al analizar cómo desarrollar una industria de biodiesel de *Jatropha* provienen de fuentes diversas: selección del feedstock; desarrollo y selección de la tecnología adecuada; creación, desarrollo y dinámica de los mercados; creación de demanda estable; diseño de políticas de promoción y medidas impositivas para la industria en particular; adaptación de la industria aceitera actual al cultivo en estudio; problemas técnicos y de comercialización, tanto de la semilla, como del biodiesel y de los subproductos; problemas de impacto social y ambiental, etc.

En la siguiente etapa del proyecto se pretende entender cuáles son los problemas involucrados para desarrollar una industria sustentable de biodiesel de *Jatropha* en la Argentina, relevarlos y priorizarlos.

CAPÍTULO III: PROBLEMAS ACTUALES PARA DESARROLLAR LA JATROPHA COMO CULTIVO INDUSTRIAL

La Jatropha: ¿una planta milagrosa?

La Jatropha conlleva problemas, por un lado, por tratarse de un cultivo muy nuevo en la industria, el cual aún está siendo investigado, y recién los primeros proyectos a gran escala están llevándose a cabo en distintas partes del mundo. Esto trae como problemas la inexperiencia, el desconocimiento en lo que refiere al cultivo y a los procesos asociados, la falta de tecnología adecuada para el cultivo y recolección, para la extracción del aceite y su procesamiento para obtener el biodiesel, la inexistencia de mercados desarrollados y establecidos, la falta de regulaciones, entre otros. Por otro lado, existen impactos propios del cultivo que también es importante identificar para analizar si es posible mitigarlos, como son el impacto ambiental y social.

Para los países en desarrollo con potencial para producir biodiesel, es una gran oportunidad el poder abastecer su consumo energético con producción nacional (o al menos parcialmente), y además poder exportar biodiesel a países desarrollados con alto y creciente consumo, compromiso con la disminución del efecto invernadero, y bajo potencial para aumentar su capacidad de producción, como por ejemplo los países europeos. Además, la inclusión de un nuevo cultivo como la Jatropha ayudará a soportar o “absorber” las perturbaciones de la industria agropecuaria, diversificando los cultivos y disminuyendo el riesgo asociado a cada uno de ellos.

A primera vista, por lo descrito en el capítulo II, la Jatropha es un cultivo con muchos aspectos positivos para su desarrollo en un país como la Argentina. Si bien con el análisis de problemas no se busca desalentar la producción de biodiesel de Jatropha, la introducción de un nuevo cultivo requiere de conocimiento previo y es recomendable realizar estudios que permitan conocer la adaptación de las especies introducidas a las condiciones locales, planificar la economía del ciclo productivo, y tomar consciencia de aquellos aspectos desconocidos o inciertos para evaluar su riesgo.

Falta de know-how

La falta de know-how en la industria de la Jatropha afecta todas las etapas del proceso: la plantación del cultivo, su mantenimiento y cuidado, la cosecha, la

logística pos-cosecha de las semillas, el crushing, la producción del biodiesel, el almacenamiento de los productos y subproductos de todas las etapas y la comercialización del biodiesel y los subproductos. Este es un problema que involucra muchos otros, como pueden ser la tecnología, la calidad, la incertidumbre en los tiempos del cultivo y de los procesos involucrados, la estructura de costos y precios de mercado, etc.

Si bien en la Argentina actualmente existen algunos emprendimientos privados y públicos para la plantación de Jatropha, no sé conocen con certeza muchas variables que es necesario tener en consideración.

En lo que refiere al rendimiento, se sabe que el mismo puede ser mejorado, pero se desconoce en qué medida. Esto se debe a que, al ser un cultivo perenne que da óptima fructificación después de 5 años, la hibridación y selección de la semilla necesita un mínimo de 35 años de historia, es decir 7 ciclos productivos de 5 años. Como se mencionó anteriormente, este es un cultivo muy joven a nivel industrial, y no se cuenta con esa historia para poder mejorar los rendimientos de la semilla y maximizar los rendimientos totales del biodiesel y subproductos. Por el momento, el potencial de producción anual de aceite (hasta 2800 litros/ha aproximadamente) de jatropha curcas es elevado con respecto a los valores de otras oleaginosas como soja o girasol, aunque estos valores pueden aumentar en el caso de más de un cultivo por año. Sin duda esta variable va a tener un alto impacto a la hora de analizar el desarrollo de la jatropha como cultivo industrial en nuestro país, pues tendrá un gran impacto en el resultado económico.

Existe un proyecto para el INTA recientemente aprobado a nivel nacional para llevar a cabo investigaciones sobre la viabilidad del cultivo de jatropha en la Argentina. Dicho proyecto incluye cuatro módulos: manejo cultural, ecofisiología, mejoramiento genético y micropropagación. El proyecto surge con la iniciativa de conocer más sobre la Jatropha, siendo que el cultivo tiene ventajas muy deseables, entre las cuales se destaca el hecho de que puede utilizarse en ambientes subutilizados, es decir, lugares donde no es posible llevar a cabo ningún cultivo tradicional. Por otro lado, se puede incorporar a sistemas ganaderos mediante el uso de la torta como alimento, aunque hoy por hoy no existe la tecnología para el manejo del cultivo a gran escala ni para la desintoxicación de la torta.

Los problemas asociados a falta de know how para las etapas del cultivo, la cosecha, la logística pos-cosecha de las semillas, el crushing, la producción del biodiesel, y el almacenamiento de los productos y subproductos de todas las etapas se tratarán en la sección de tecnología.

Desarrollo y selección de la tecnología

Recolección de frutos

Unos de los principales problemas que actualmente se le presentan al desarrollo de la Jatropha a gran escala son las técnicas de recolección mecanizada de frutos y su posterior selección. La imposibilidad de utilizar los actuales recolectores (como los del café por ejemplo) surge de la fragilidad del arbusto y de la falta de simultaneidad en la maduración de las semillas.

Se sabe que la Jatropha es un arbusto que da frutos a destiempo, es decir que no todas las semillas pueden obtenerse al mismo tiempo. Este hecho generaría una ineficiencia en la recolección de los frutos, en la escala para obtener el aceite y producir el biodiesel y en todo lo que refiere a la logística de los procesos. Aún están haciéndose pruebas sobre qué pasa si todos los plantines son sembrados simultáneamente y se los trata de igual forma. Los resultados aún no están a la vista, pero es necesario generar un sistema suficientemente flexible para poder absorber estas posibles variaciones de tiempo, para que no exista una brecha tan grande entre los costos esperados y los reales.

En la mayor parte de los países de producción de Jatropha, la recolección de los frutos es hecha a mano, resultando este un factor de costo muy significativo en el sistema de producción total, y de alto impacto social. De todos modos, se está trabajando en el diseño, construcción y prueba de una máquina para mecanizar la cosecha del fruto, ya que esto permitiría el desarrollo a nivel industrial, alcanzando un valor de mercado más competitivo (por reducción de costos). Actualmente, en nuestro país se realiza cosecha semimecanizada, y además, en el mundo ya existen prototipos para cosecha mecanizada, algunos inclusive argentinos.

Extracción de aceite

La tecnología de extracción de aceite es similar a la utilizada en el proceso de la mayoría de las semillas oleaginosas, sin embargo puede haber diferencias significativas en los materiales utilizados y en la eficiencia de las prensas y de los diferentes procesos de purificación.

Para la Jatropha Curcas en particular, existen dos posibles métodos de extracción de aceite, que se aplicarán según la escala de la planta de crushing.

El procedimiento mayormente utilizado es el prensado de las semillas. Este es muy similar al de otras semillas oleaginosas y consiste en varias etapas. La primera etapa es la trituration de las semillas, para lo que se debe antes hacer la

preparación mecánica para reducir y homogeneizar el tamaño de las semillas, la preparación térmica, y por último la trituración. La segunda etapa es la extracción del aceite, la cual se lleva a cabo en una prensa con tornillo sin fin protegido por un sistema de refrigeración del eje para no alterar la calidad de las tortas y obtener un aceite claro. Por último, se debe realizar la purificación del aceite obtenido. Existen 3 métodos para llevarla a cabo:

- **Sedimentación:** Es el modo más simple de obtener un aceite claro; la desventaja principal es que toma una semana aproximadamente hasta que el sedimento se reduce al 20-25% del volumen del aceite crudo, resultando un proceso en batch, lo cual generalmente resulta ineficiente. Por otro lado, las impurezas sólidas más finas no pueden eliminarse por sedimentación, requieren usar un método centrífugo. Si se utilizara únicamente, se transformaría el proceso en batch en uno continuo.
- **Agua hervida:** El proceso de purificación puede ser acelerado hirviendo el aceite crudo con un 20% de agua. El hervor debería seguir hasta que se haya evaporado el agua completamente; luego de algunas horas el aceite se clarifica.
- **Filtración:** A través de un filtro prensa de 16 o de 25 platos según el contenido de impurezas del aceite.

Los resultados de este proceso de extracción de aceite son el **aceite crudo** y la **torta**, ambos utilizables.

Este proceso, para grandes escalas, se lleva a cabo en plantas industriales de extracción de aceite. Para pequeñas explotaciones o pequeñas comunidades de productores, es interesante conocer que se ofrecen en el mercado mundial pequeñas unidades de muy alta eficiencia, totalmente autónomas, construidas según el concepto de contenedor es decir que dentro de un contenedor se encuentran todos los elementos de una planta extractora lista para funcionar. Esas unidades son sencillas y rápidas de instalar (un día) y su operación no necesita un personal altamente calificado. Cabe señalar que si bien los rendimientos obtenidos son aceptables, la eficiencia y la confiabilidad son menores que las de una planta industrial.

La tendencia actual en el mercado mundial es la instalación de pequeñas unidades en reemplazo de una planta de gran tamaño. Eso se debe a un mejor control de la producción desde el cultivo hasta la venta del aceite crudo por parte de los agricultores, una reducción importante de los gastos de transporte, una ejecución más simple, etc.

Como se describió, este proceso es muy similar al de extracción de aceite para otras oleaginosas, pero aún así no hay en nuestro país maquinarias diseñadas y funcionando exclusivamente para este cultivo. Esto tiene la desventaja de que no estará optimizado el proceso para obtener el mayor rendimiento posible, y además deberá tenerse en cuenta la toxicidad de la semilla, y de la torta resultante del proceso, en caso de compartirse con otras oleaginosas con fines comestibles, como la soja o el girasol. Si se adaptaran las plantas extractoras de aceite ya instaladas en el país, deberían tenerse en cuenta los costos asociados a la adaptación del proceso y la falta de información detallada o confusa sobre los cambios técnicos a realizar. Si se compartiera con otras oleaginosas, habría que considerar los costos de mantenimiento y limpieza involucrados.

Como se dijo al comienzo de la sección, la extracción de aceite en una planta de crushing por prensado mecánico es la más utilizada por su simplicidad y menor inversión a todas las escalas. Sin embargo, la utilización de un solvente como medio de extracción podría incrementar la cantidad de aceite por tonelada de semilla, es decir mejorar el rendimiento. Además, permite reducir el contenido final de aceite en la torta: con un método de prensado mecánico de dos etapas, el contenido de aceite sería de 6-8% aproximadamente, mientras que extrayendo el aceite con solvente se reduciría a menos de 1% (cuando se extrae el aceite mecánicamente, a veces se requiere someter a la torta proteínica a extracción por solventes para eliminar el extra de aceite, o se destina a producir alimento balanceado para animales donde el aceite de la torta no genera inconvenientes).

El solvente normalmente utilizado es el hexano, líquido incoloro altamente inflamable. La exposición humana prolongada es tóxica, pudiendo generar daños en el cerebro.

El proceso de extracción de aceite por solvente consiste en las siguientes etapas: las semillas molidas son trituradas para formar rodillos, los cuales son homogeneizados en un acondicionador. El rodillo homogéneo pasa a un molino donde se divide en partes muy finas para aumentar la superficie de contacto y así facilitar la extracción. El rodillo dividido pasa a un extractor, donde es sometido a la acción del solvente (hexano) para arrastrar las grasas a un evaporador, donde son separadas del solvente y este se reutiliza en el extractor.

La extracción de aceite por solvente es recomendada para grandes escalas (más de 200 toneladas por día), ya que involucra altos costos pero permite alcanzar altos rendimientos: 99% del total de aceite disponible en semilla. Así, el tamaño de operación es el factor decisivo para determinar el tipo de proceso a utilizar: para escalas pequeñas o intermedias de operación (hasta 200 toneladas por día), la elección es entre extracción por presión y extracción por solvente en batch (no continuo). Este último no es recomendable ya que es menos eficiente, más costoso,

más laborioso y riesgoso, y utiliza más solvente (proporcional al volumen procesado) que los sistemas continuos. Por estas razones, el método mecánico es preferible para escalas pequeñas o medianas; de todos modos, hay casos en los que no es posible implementarlo y debe recurrirse al método por solvente en batch. La extracción por solvente continua solo debe utilizarse para grandes escalas de extracción, es decir para plantas que procesen más de 200 toneladas de semillas por día.

A continuación se presenta un cuadro comparativo sobre los dos métodos descriptos: extracción mecánica (prensado) y extracción con solventes (química):

Extracción con prensa	Extracción con solventes
Mecánica	Química
Pequeñas o medianas escalas, cooperativas o empresas privadas	Grandes escalas, especialmente proyectos internacionales.
Localizadas cerca del área de producción agrícola	Localizadas cerca de zonas centrales de tráfico
Pequeña capacidad (hasta 200 toneladas de semillas por día), típicamente 50 toneladas por día.	Gran capacidad, sobre 200 toneladas por día.
Baja inversión	Alta inversión
Bajo consumo de energía (80 kWh/ton de semilla, sin vapor)	Alto consumo de energía (470 kWh/ton de semilla, vapor parcial)
No se utiliza ningún solvente ni aditivos químicos	Extracción con solventes químicos, como el hexano
No se desperdicia agua	Se desperdicia agua de refinación (50 litros por litro de aceite aprox)
Bajos requerimientos de seguridad	Altos requerimientos de seguridad
Pocas medidas de protección ambiental, poco contaminante.	Rigurosas medidas de protección ambiental.

Tabla 3.1

Por muchas de las razones expuestas, la extracción de aceite de jatropha curcas mediante solvente parece ser muy apresurada. La principal razón es que la extracción con solventes resulta económica sólo a grandes escalas (sobre 200 toneladas de semillas por día), mientras que actualmente no se manejan esas capacidades. Otros motivos, no menos importantes, son de naturaleza ambiental y social: la generación de aguas residuales, el consumo específico de energía más elevado, la emisión de compuestos orgánicos volátiles, y el trabajo con sustancias tóxicas e inflamables no dejan a la extracción por solvente en una buena posición frente a la extracción mecánica.

Finalmente, investigaciones y experiencias en curso demostraron que la calidad del aceite de jatropha de prensa es satisfactoria tanto para aplicación directa (PPO: Pure Plant Oil) como para materia prima para fabricación de biodiesel. Por lo tanto, no hay ningún requerimiento técnico que implique la necesidad de desarrollar la extracción química, como sí es el caso de la soja o el girasol, cuyos aceites resultantes de la extracción mecánica resultan de una calidad inferior, es decir, menos aptos para aplicación directa.

Otro problema asociado al diseño del proceso es el dimensionamiento y la certidumbre de la capacidad requerida. El rendimiento anual en cuanto a producción de frutos es de 4-5 Kg de frutos por planta, mientras que el rendimiento del cultivo varía entre 4000 y 7500 Kg de semillas limpias por hectárea. El rendimiento de semillas por hectárea también se verá afectado por cómo se planten las plantas, es decir, por su disposición. Esta variabilidad en lo que refiere a rendimiento surge de la falta de domesticación y estandarización de la especie, y es necesario tenerla en cuenta en los resultados económicos esperados.

Como puede verse, la etapa de obtención del aceite aún presenta numerosas incertidumbres y oportunidades para mejorar, como pueden ser mejorar los métodos actuales diseñando la maquinaria especialmente para este cultivo, o desarrollar técnicas más recientes como son las microondas y la ultrasonificación.

Obtención del biodiesel a partir del aceite de jatropha

El biodiesel es un combustible de origen vegetal que puede reemplazar al gasoil mineral. La ASTM (American Society for Testing and Materials) define el Biodiesel como *“el éster monoalquílico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables, como por ejemplo aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores Diesel”*.

Se presenta en estado líquido y se obtiene a partir de recursos renovables como aceites vegetales de soja, colza/canola, girasol, palma y otros, como así también de grasas animales, a través de un proceso denominado “Transesterificación”.

La transesterificación básicamente consiste en el mezclado del aceite vegetal o grasas con un alcohol (generalmente Metanol) y un catalizador (soda cáustica o hidróxido de potasio). Al cabo de un tiempo de reposo, se separa por decantación el biodiesel de su subproducto: el glicerol. El glicerol obtenido como subproducto puede ser utilizado para la fabricación de muchos productos diferentes, entre ellos la glicerina y muchos productos de belleza.

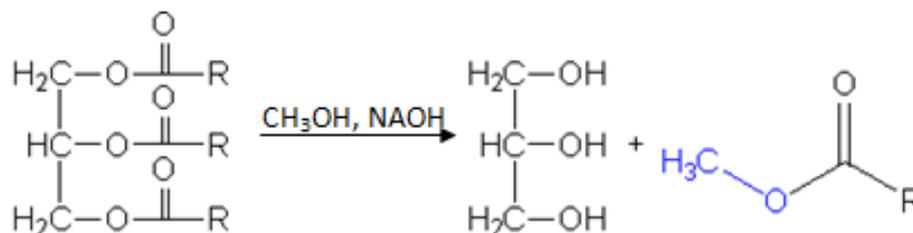


Figura 3.1

Para llevar a cabo esta etapa del proceso, es necesario instalar una planta de procesamiento de aceite de Jatropha, o bien reacondicionar alguna planta ya en funcionamiento para aceite de otro cultivo oleaginoso. Se plantea una dificultad en el dimensionamiento de dicha planta. A pesar de la abundancia del cultivo y su “sencilla” propagación en áreas geográficas adecuadas, no se ha podido aún domesticar totalmente ninguna especie, generando como resultado una productividad variable y un impacto ambiental de largo plazo incierto, en lo que refiere al agotamiento del suelo. Además existirán variaciones en los rendimientos del porcentaje de aceite extraíble y de la tecnología de la planta de crushing.

En promedio, la planta de producción de biodiesel debería estar preparada para procesar 2,63 toneladas de aceite por hectárea y por año aproximadamente (dependiendo del rendimiento de la especie, la zona geográfica, etc), que es lo que se estima que resultaría como salida de la planta de crushing que procesara 200 toneladas de semillas por día. En lo que refiere a construcción o acondicionamiento de la planta productora de biodiesel de Jatropha, es necesario considerar los tiempos: El arbusto tarda entre 3 y 4 años para alcanzar su edad productiva (que se puede extender hasta 40 años), en un régimen estable de producción. Idealmente, la planta debería estar localizada al lado de la unidad de extracción de aceite, para así minimizar el transporte del mismo, reduciendo costos operativos y de infraestructura (inversión).

En la Argentina actualmente no existe ninguna planta de biodiesel especialmente diseñada para procesar aceite de Jatropha y producir biodiesel. Si bien pueden utilizarse las instalaciones ya establecidas para producir biodiesel de soja (o cualquier otro cultivo tradicional), no sólo no se obtiene el rendimiento esperado, sino que además existe una gran resistencia de la industria aceitera nacional. Las razones fundamentales son la toxicidad de la semilla, que generaría costos de

limpieza y mantenimiento además de una fuerte amenaza a la calidad del aceite comestible, y que no poseen la tecnología adecuada, pues no fue diseñada con ese fin.

Por lo tanto, para poder desarrollar el cultivo a nivel industrial, existen 3 alternativas viables:

1. Construir plantas de biodiesel para Jatropha, lo que requeriría una fuerte inversión.
2. Modificar las instalaciones de las plantas de biodiesel ya establecidas y analizar la viabilidad de procesamiento exclusivo de este cultivo.
3. Modificar las instalaciones de las plantas de biodiesel ya establecidas y ofrecer beneficios a la industria aceitera, como podría ser un descuento sobre el precio del aceite, con el fin de fomentar el desarrollo del biodiesel de Jatropha.

Además de los problemas tecnológicos que involucra, que serán analizados a continuación, existe una alta incertidumbre en los tiempos y costos de construcción/remodelación. Esto podría implicar que una vez obtenidas las primeras cosechas, la planta para extracción del aceite y procesamiento no estuviese terminada o con las pruebas de funcionamiento concluidas.

El mismo problema se plantea para la tecnología necesaria para refinar el aceite, lo que impactará directamente en la calidad del aceite. Después de la extracción, el aceite debe de ser sometido a una etapa de refinamiento para remover sustancias indeseables tales como, fosfatos, ceras, ácidos grasos libres, tocoferoles, colorantes, humedad, aldehídos, acetonas, etc. para producir un aceite con las propiedades físicas y químicas requeridas en la obtención de biodiesel. Durante esta etapa se pierde entre un 4 y 8 % del aceite. En la Figura 3.2 se muestra el proceso de refinación. El primer paso es la remoción de fosfátidos o desgomado por la adición de ácido fosfórico o cítrico. Esto es necesario ya que los fosfátidos provocan turbidez y promueven la acumulación de agua. El segundo paso es la neutralización de los ácidos grasos libres con una solución básica 46 (normalmente hidróxido de sodio). Esto produce jabón el cual es insoluble con el aceite y es fácilmente separado por lavados con agua. En este paso también se remueven fenoles, compuestos grasos oxidados y metales pesados. El tercer paso es la remoción de colorantes que se hace por medio de materiales adsorbentes tales como tierras diatomeas, sílica gel y carbón activado. Este paso mejora la capacidad de almacenamiento del biodiesel. En el cuarto paso, por medio de destilación con vapor, se retiran sustancias tales como aldehídos y cetonas que provocan olores no deseados. El último paso es la deshidratación donde se reduce el contenido de agua que decrece la reacción de producción de biodiesel. Esto se hace por destilación a baja presión o por absorción con nitrógeno.

Al igual que en el caso de la tecnología necesaria para extraer el aceite de las semillas, la tecnología para el proceso de refinación del aceite puede ser la misma que la utilizada para otros aceites, pero se necesitará el apoyo de la industria aceitera para compartir las instalaciones para el tratamiento de aceites de distintos cultivos.



Figura 3.2 Proceso de refinamiento del aceite

Si bien es viable la adaptación técnica, es preciso avanzar con el diseño de la tecnología adecuada y vencer la resistencia de la gente.

Tiempos

En muchos países, como en India, los gobiernos y empresas privadas han realizado fuertes inversiones para desarrollar y promover la Jatropha. Se han plantado miles de hectáreas, y como se describió en la introducción, hay planes de incrementar estas superficies.

En muchos casos la construcción de la planta de extracción de aceite y biodiesel no ha comenzado, y eso tomará algún tiempo, además de la puesta en marcha y pruebas de funcionamiento.

Debería ser tenido en cuenta que se necesita tiempo, después de realizar la plantación de Jatropha, para construir las instalaciones de almacenamiento y procesamiento, tanto de las semillas como del aceite y del biodiesel. El cultivo tarda

entre tres y cinco años para que la plantación de Jatropha entre en su etapa productiva; quizás este tiempo resulte demasiado corto. ¿Las plantas de tratamiento estarán listas cuando se obtengan los primeros resultados de la plantación? ¿Y qué ocurriría si estuvieran listas las fábricas, pero no hubiera suficiente volumen de semillas para abastecerlas? Además, es necesario que los conocimientos sobre la optimización del proceso para obtener el aceite, el biodiesel, y el tratamiento de subproductos (la torta de prensa y el glicerol) sean experimentados. ¿Estarán listos estos conocimientos tecnológicos en tres a cinco años que es lo que se espera que demore la Jatropha en dar sus primeras cosechas?

Esta es una de las preocupaciones que deberían plantearse antes de ejecutar un proyecto como es el de la Jatropha: nuevo y poco experimentado. El conocer este tipo de riesgos e incertidumbres puede ayudar a hacer que la plantación resulte más exitosa.

Subproductos y su procesamiento

El residuo del proceso de extracción del aceite, la torta, puede ser procesado y utilizado como biomasa para generar electricidad, como fertilizante, ya que posee nutrientes como son el nitrógeno, el fósforo y el potasio (NPK), o como alimento para ganado por su alto contenido de proteínas. A continuación se describirán los problemas o incertidumbres asociados a los procesos que permiten aprovechar este subproducto.

La torta de jatropha es tóxica y por lo tanto no apta para consumo animal o humano. Los principales agentes tóxicos son lectin (curcin) y ésteres forbólicos. Existen investigaciones³ sobre la desactivación de la torta a través de su exposición a altas temperaturas y químicos (NaOH y NaOCl), pero hasta el momento no se ha logrado eliminar el 100% de los componentes tóxicos. A continuación se describen algunos métodos ensayados para la desactivación de la torta, en una base de 1000 gr de mezcla:

1. Tratamiento con metanol

Aproximadamente 300 gr de torta de Jatropha (desgrasada, es decir, con la menor cantidad de aceite posible) deben lavados 2 veces con metanol del 92%, para así obtener un nivel de humedad del 66%. La pasta formada debe ser cubierta por una hoja de aluminio y sometida a 121°C durante 30 minutos. Luego debe dejarse enfriar

³ www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=SP03010.pdf

a temperatura ambiente. Al día siguiente, la torta deberá colocarse en un congelador y ser liofilizada (proceso utilizado para eliminar el agua mediante la desecación al vacío y a muy bajas temperaturas), para luego ser lavada 4 veces con metanol al 92%. Así, la torta ya estaría desactivada, lista para ser molida como alimento. La torta tratada con metanol tiene un 68% de proteína cruda (mayor al contenido de proteína cruda de la torta de soja: 45,7%).

2. Tratamiento con hidróxido de sodio (NaOH) e hipoclorito de sodio (NaOCl)

Aproximadamente 300 gr de torta de Jatropha (desgrasada, es decir, con la menor cantidad de aceite posible) deben ser mezclados con 700 ml de una solución con 4% de hidróxido de sodio NaOH, para así obtener un nivel de humedad del 66%. Luego, deben agregarse 30 ml de NaOCl. La pasta formada debe ser cubierta por una hoja de aluminio y sometida a 121°C durante 30 minutos. Luego, deberá colocarse en un congelador y ser liofilizada. Así, la torta ya estaría desactivada, lista para ser molida como alimento. La torta tratada con NaOH tiene un 55% de proteína cruda.

3. Tratamiento con hidróxido de sodio (NaOH) seguido de lavados con agua destilada

Aproximadamente 300 gr de torta de Jatropha (desgrasada, es decir, con la menor cantidad de aceite posible) deben ser mezclados con 700 ml de una solución con 4% de hidróxido de sodio NaOH, para así obtener un nivel de humedad del 66%. La pasta formada debe ser cubierta por una hoja de aluminio y sometida a 121°C durante 30 minutos. Luego, deberá colocarse en un congelador y ser liofilizada. Por último, antes de la molienda, la torta debe ser lavada 3 veces con agua destilada. Así, la torta ya estaría desactivada, lista para ser molida como alimento.

4. Tratamiento con hidróxido de sodio (NaOH) seguido de lavados con agua

Este método es exactamente al 3, pero los lavados se realizan 4 veces con agua, en vez de 3 veces con agua destilada. Los resultados obtenidos son similares.

La tabla a continuación muestra los valores resultantes de los factores anti-nutricionales, es decir lectin (curcin) y ésteres forbólicos, para distintos métodos de desactivación de la torta ensayados.

Concentrations of phorbol ester and lectin in heat and chemically treated meals of a toxic variety of *Jatropha curcas*

Treatments	Phorbol ester	Lectin
1) Untreated	1.78	102 ^a
2) Control (defatted, heated)	1.78	1.17 ^b
3) Control (treated followed by 4 times washing with 92% methanol)	0.09	nil
Chemical treatments followed by heating at 121^o C for 30 min		
4) 2.5% NaOH (w/w) + 10% NaOCl* (v/w)	0.22	nil
5) 3.0% NaOH (w/w) + 10% NaOCl* (v/w)	0.22	nil
6) 3.5% NaOH (w/w) + 10% NaOCl* (v/w)	0.14	nil
7) 4.0% NaOH (w/w) + 10% NaOCl (v/w)	0.13	nil
8) 2.0% NaOH (w/w)	0.89	nil
9) 2.5% NaOH (w/w)	0.34	nil
10) 3.0% NaOH (w/w)	0.29	nil
11) 3.5% NaOH (w/w)	0.18	nil
12) 2.0% NaOH (w/w) + 15% NaOCl* (v/w)	0.46	nil
13) 2.0% NaOH (w/w) + 20% NaOCl* (v/w)	0.47	nil
14) 2.0% NaOH (w/w) + 25% NaOCl* (v/w)	0.24	nil
15) 4.0% NaOH followed by 2 x washing with 92 % methanol	not determined	nil
16) 4.0% NaOH followed by 4 x washing with dist. H ₂ O	not determined	nil

Phorbol esters (phorbol-12-myristate 13-acetate equivalent) Lectin (inverse of minimum amount of the sample in mg/ml of the assay which produced agglutination).^{a,b} values within anti-nutritive factor (lectin) for each variable of different superscript differ (P<0.05); * % active Cl 6-13 (Riedel de Haen AG, Seelze, Germany)

Tabla 3.2

La extracción de aceite con metanol ha dado resultados animadores de desactivación de la torta. Según estos estudios, los ésteres forbólicos fueron reducidos a un nivel tolerable de 0.09 mg/g cuando la torta fue tratada con calor y lavada 4 veces con metanol de 92 %. El resultado obtenido tenía un contenido de proteína del 68 %, que es mucho más alto que el contenido de proteína ordinario de la mayor parte de las tortas de otras oleaginosas, por ejemplo la torta de soja tiene un contenido de proteína entre 40% y 48%, según el proceso utilizado para extraer el aceite. Hasta el momento, el tratamiento térmico en 121 °C, durante 30 minutos y con una humedad del 66 %, seguido de 4 veces de lavado con el metanol del 92 % parece el mejor método de desintoxicar la torta de la *Jatropha curcas*.

Existen grandes expectativas de que la torta de *Jatropha curcas* pueda sustituir a la torta de soja como fuente de proteínas para alimento de ganado. El tratamiento descrito es prometedor, pero en términos económicos resulta caro aún. Sin embargo, puede ser explotado por industrias de pequeña escala, y reducir el costo mediante la recuperación del metanol. Esta posibilidad será explorada en el análisis de problemas y sus posibles soluciones.

Aún no está definido el modo de desintoxicación de la torta de la *Jatropha* para su aprovechamiento como alimento para ganado. Existe la oportunidad de desarrollar un mercado para este subproducto, y así competir con las tortas convencionales.

Como fue mencionado, la torta de jatropha es tóxica y no apta para raciones animales hasta que no se implemente la desintoxicación de la misma. Sin embargo, la torta contiene valiosos nutrientes para ser utilizada como fertilizante orgánico, especialmente en el cultivo de la jatropha misma. Ya existe un antecedente: la torta de ricino, planta de la misma familia, se utiliza como fertilizante de las mismas plantaciones.

Investigaciones demuestran que el uso de solamente fertilizantes químicos como fuente de nutrientes tiene un efecto reducido en el desarrollo de la planta, sobre todo en regiones con mucha lluvia. La razón es que los fertilizantes de nitrógeno (N) y potasio (K) tienden a perder sus nutrientes en muy poco tiempo, especialmente durante la época de lluvia, a causa de la alta solubilidad de estos fertilizantes en agua. Los fertilizantes orgánicos tienen la propiedad de reducir estas pérdidas y suplir nutrientes durante un periodo más prolongado.

El contenido de los principales nutrientes en la torta de jatropha varía según los diferentes estudios. Un estudio reciente⁴ en La India determinó la siguiente composición de la torta de jatropha:

- Nitrógeno (N) 3-4.5%,
- Fósforo (P₂O₅) 0.65-1.2%,
- Potasio (K₂O) 0.8-1.4%,
- Micronutrientes: 0.2-0.35%:
 - Hierro (Fe): 800-1000 mg/kg
 - Manganeso (Mn) 300-500 mg/kg
 - Zinc (Zn): 30-50 mg/kg
 - Cobre (Cu): 18-25 mg/kg

Según el mismo estudio, la aplicación de 3 toneladas de torta por hectárea como fertilizante (que significa en la práctica un reciclaje completo), aumenta la producción de semillas de jatropha en un 100% en comparación con una parcela no fertilizada.

La siguiente tabla⁵ compara el contenido de N/P/K de la torta de Jatropha con otros fertilizantes orgánicos comunes:

⁴ http://www.fact-fuels.org/media_en/Jatropha_presscake_as_fertilizer

Fertilizante	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
Torta de prensa Jatropha curcas	4.44	2.09	1.68
Guano de vaca	0.97	0.69	1.66
Guano de pollo	3.04	6.27	2.08
Guano de pato	2.37	2.10	1.09
Compost de paja de agua	0.81	0.18	0.68
Compost de jacinto de agua	1.48	0.46	0.48
Compost de desechos	1.25	0.25	0.65

Tabla 3.3

Como se puede observar, en comparación con el guano de pollo, una fuente de fertilizante orgánico muy frecuente en Argentina, la torta de jatropha tiene un contenido de N más alto, pero de P y K más bajo. Existe aquí también una oportunidad de utilizar y desarrollar la torta de jatropha en el mercado de los fertilizantes; las incertidumbres que se plantean son, por un lado, el contenido de nutrientes que presentan las especies autóctonas, y por el otro, como se introduciría en el mercado. En un comienzo, podría ser utilizado en las industrias de pequeña escala para aumentar el rendimiento de sus propias plantaciones; pero sin duda, el beneficio que se podría obtener de este subproducto es mucho mayor.

Localización

Si bien se han llevado a cabo estudios sobre las áreas geográficas más propicias en nuestro país para el desarrollo de la Jatropha, inclusive para distintas especies autóctonas, existen algunos mitos sobre los requerimientos físicos que tiene esta planta, por ejemplo: que no requiere suelos fértiles para crecer, ni de grandes cantidades de agua, o que no existen plagas conocidas que la ataquen.

Como ya se mencionó anteriormente, la Jatropha curcas es un árbol o arbusto de la familia Euphobiaceas, que tiene sus orígenes en América Central y México, pero que hoy en día se encuentra en toda la zona tropical y subtropical. En la producción de aceite de Jatropha, China, India (con más de 200.000 hectáreas sembradas y hasta millones de hectáreas en planificación) e Indonesia son los protagonistas como países con tecnología de punta y más avanzados en el desarrollo a nivel industrial.

⁵ <http://www.frienviis.nic.in/jatropha.htm>

Sin embargo, sus plantaciones también son recientes, por lo tanto, el éxito de la cosecha no se verá hasta dentro de cinco años más.

En Latinoamérica existen plantaciones grandes de Jatropha solamente en Brasil y Guatemala. En la mayoría de los países se realizan proyectos pilotos, por lo tanto no hay certeza sobre las mejores áreas de localización de las plantaciones. Se conoce que es resistente, que tolera sequías, pero no se conoce cuánto decrece su rendimiento según el clima y el suelo donde crece.

La Jatropha puede sobrevivir con precipitaciones de sólo 250mm por año. Sin embargo, para asegurar la producción durante todo el año, la planta requiere 600-1000 mm de agua continua y uniformemente distribuida. Una sequía larga acompañada de bajas temperaturas puede llevar a la detención del crecimiento de nuevas flores lo que puede perjudicar el rendimiento de la cosecha. Con riego continuo aumentará la cosecha desde 6 t/ha/año hasta 10 t/ha/año, cosechando durante los 12 meses. Con respecto a los suelos, la Jatropha prefiere suelos arenosos, livianos y bien ventilados; y no tolera agua estancada, que puede frenar el crecimiento, ni es resistente a suelos helados.

La primera cosecha se puede realizar después de 6 meses de la siembra. Los resultados registrados de semillas obtenidas varían entre 2.5 tn/ha/año y 4.5 tn/ha/año dependiendo fundamentalmente de las características del suelo, precipitación y riego permanente, estructura de las plantaciones, período de la siembra y la edad de las plantas.

Por lo tanto, se plantea una fuerte incertidumbre sobre cómo variará el rendimiento de la cosecha según la localización de la plantación, con respecto a las pruebas piloto llevadas a cabo.

Multiple-Cropping

El tiempo que transcurre aproximadamente hasta que la cosecha alcanza el grado óptimo de fructificación (cinco años después de la plantación) y su lenta producción de semillas puede requerir el desarrollo de un esquema multiple-cropping. Para aumentar la producción total, podrían plantarse cultivos de maduración corta y alto valor intercaladas con las hileras de arbustos de jatropha. Este esquema es también una estrategia que reduce el riesgo y que actualmente se practica con el ricino.

De todos modos, ante un escenario con tanta incertidumbre, por ejemplo en los tiempos de crecimiento de la jatropha, en los rendimientos de semillas por hectárea,

en los precios de mercado, etc, puede resultar una buena estrategia diversificar el riesgo con otros cultivos, aprovechando el espacio.

Para llevarlo a cabo, habría que explorar en mayor profundidad si la sustancia tóxica que produce la Jatropha afectaría a los cultivos cercanos, cuáles son los mejores cultivos para realizar el multiple-cropping (podrían observarse los cultivos que se utilizan para el multiple-cropping en las plantaciones del ricino), y evaluar los resultados en lo que refiere a rendimientos y salidas al mercado.

Mercado actual de la Jatropha: Marco a los problemas económicos

La industria de la Jatropha está en una muy temprana etapa de desarrollo. En el mundo existen muy pocos proyectos con más de dos años de edad y ningún proyecto puede aún demostrar una producción significativa de aceite de Jatropha para procesamiento a nivel industrial.

Sin embargo, aproximadamente 900,000 hectáreas de Jatropha ya han sido plantadas, más del 85 % de la tierra cultivada está localizada en Asia. África cuenta aproximadamente con 120,000 hectáreas, seguidas de América Latina con aproximadamente 20,000 hectáreas. A continuación se presentan estos valores en % según un estudio realizado en el 2008, tomando como base 242 proyectos en 55 países, y el pronóstico según expertos para el año 2015.

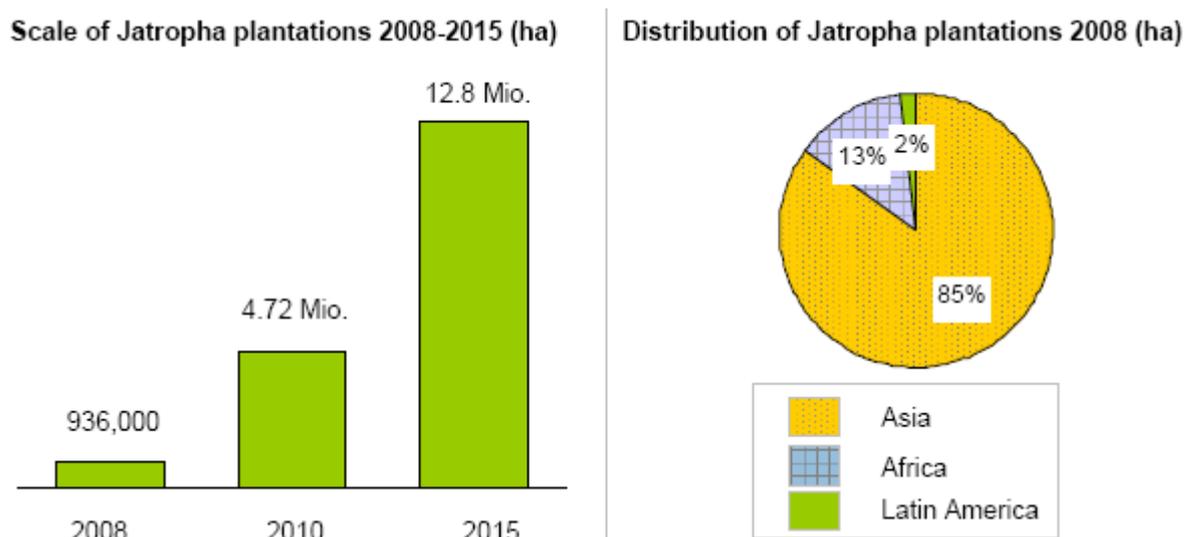


Figura 3.3

Fuente: Estudio de mercado GEXSI

Más del 80% de los proyectos identificados están situados en Asia, siendo India el principal país cultivador con más de 400.000 hectáreas, seguido de Camboya y China. Fuera de Asia, Brasil, Zambia, Tanzania y Madagascar se encuentran entre los más relevantes en lo que a superficie cultivada respecta.

Sin embargo, estas proyecciones no se cumplieron al día de hoy. Algunas de las razones por las cuales se podría haber desalentado la inversión en estos proyectos son justamente las incertidumbres que hay en torno a la tecnología y al mercado de la Jatropha.

Estructura mundial y tendencias

Se espera que la estructura de la industria cambie en los próximos años, con grandes compañías (multi-) nacionales petroleras y de energía entrando en este nuevo mercado, conducidas por los inestables precios del petróleo y por la búsqueda de mayores volúmenes de energías alternativas y sostenibles. Hoy en día, la industria global de la Jatropha está dominada por programas apoyados por gobiernos y algunas empresas privadas internacionales. Se observa una tendencia de las compañías petroleras y los conglomerados de energía internacionales a entrar en el campo con proyectos de inversiones de gran escala, lo que permitirá el aumento significativo de las superficies cultivadas. Hasta ahora, fundamentalmente en Asia, los gobiernos han sido el principal motor para el cultivo de la Jatropha, no sólo desarrollando programas específicos, sino también incentivando el mercado de los biocombustibles, por ejemplo mediante medidas impositivas.

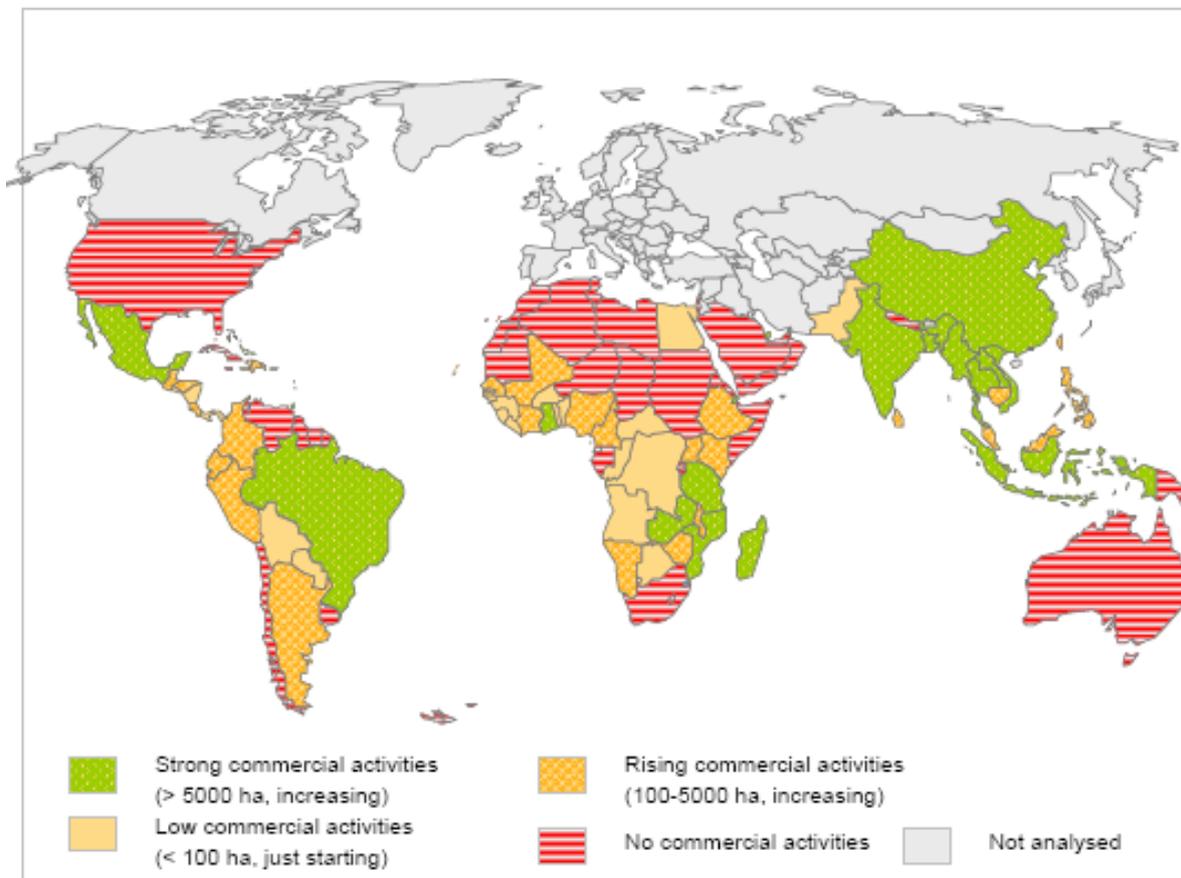
Asumiendo una inversión media de 300-500 USD por hectárea para el desarrollo del cultivo, el camino de crecimiento esperado de la industria, según el estudio de mercado de GEXSI, conducirá a inversiones mundiales de 500 millones a mil millones de USD cada año durante los próximos 5-7 años. Esto representa un gran volumen de inversiones que dará lugar, no sólo al crecimiento y desarrollo de la Jatropha, sino también al aprendizaje sobre el cultivo y sus particularidades. Actualmente, la investigación sobre la Jatropha está liderada por Asia, donde la mayoría de los proyectos realmente investiga sobre el tema. Sin embargo, hay grandes disparidades regionales: el 85 % de los proyectos de Jatropha analizados en Asia en el estudio de mercado de GEXSI está implicado con la investigación de Jatropha, comparado al 54 % en América Latina y sólo el 36 % en África.

Los proyectos de Jatropha más grandes actualmente, como se mencionó anteriormente, son iniciativas de los gobiernos que típicamente trabajan conjuntamente con compañías o agricultores en Asia. Estos proyectos prevalecen

sobre todo en India y China. Las sociedades anónimas de responsabilidad limitada más grandes en cuanto a áreas cultivadas de Jatropha son:

- D1 Fuel Crops (sus operaciones se ubican mayormente en Asia y África)
- Mission Biofuels (Asia)
- Sunbiofuels (Etiopía, Tanzania, Mozambique)
- GEM Biofuels (Madagascar)
- Global Agricultural Resources (GAR) (Brasil)

A continuación se clasifican, según este estudio, los países según su grado de actividad comercial de la Jatropha. En la Figura 3.3 que se muestra a continuación se puede ver que la actividad comercial de la Jatropha en la Argentina está en crecimiento, mientras que los únicos países de América Latina con fuerte comercialización son Brasil y México. También puede verse, en línea con lo mencionado anteriormente, que tanto India como China son consideradas con fuerte actividad comercial.



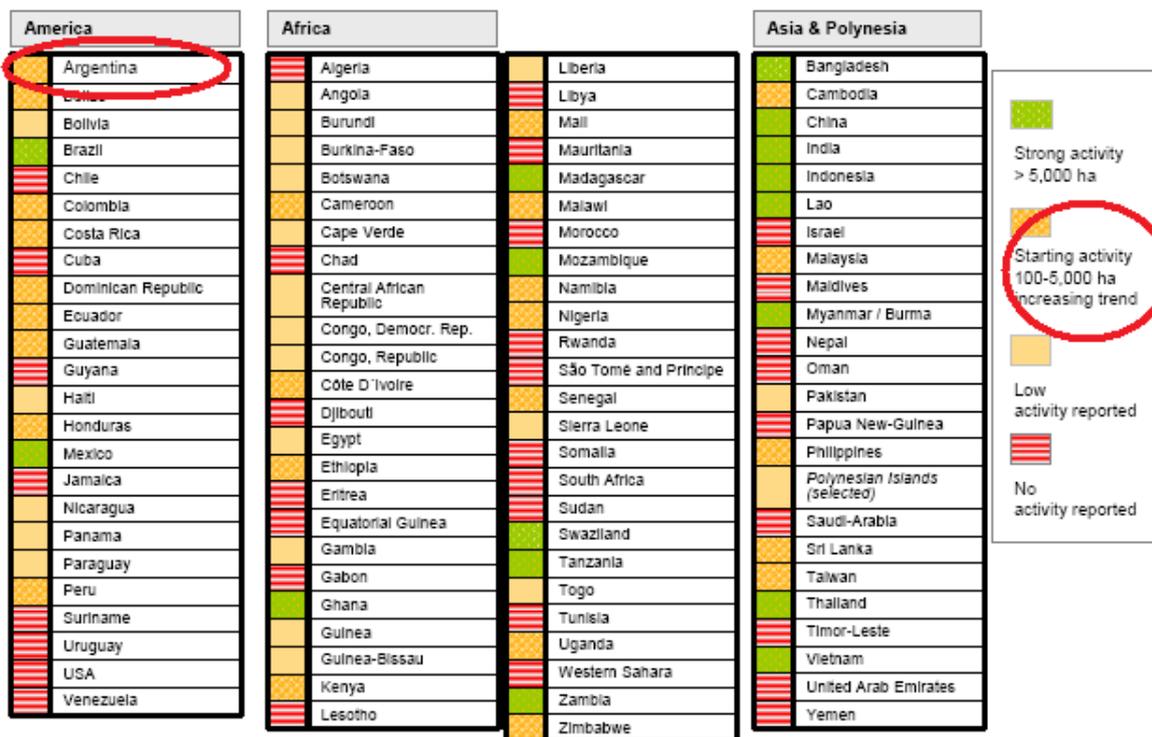


Figura 3.4

Fuente: Estudio de mercado GEXSI

Latinoamérica

Actualmente, existen proyectos de Jatropha en casi todos los países de América Latina donde es viable su desarrollo en lo que refiere a condiciones climáticas. Algunas particularidades importantes de la región son:

- El área cultivada más grande de plantaciones Jatropha en esta región se encuentra en Brasil, donde se ha identificado un área total cultivada de 15,800 hectáreas (representando más del 75% del área cultivada en toda la región). Brasil es seguido por México, Colombia y Guatemala.
- Los altos costos de mano de obra, comparativamente con las regiones de África y Asia, pueden dificultar el desarrollo de proyectos, donde el apoyo del gobierno no compensa esta diferencia; esto también puede conducir a un grado más alto de mecanizaciones en países como Brasil que tiene una agroindustria establecida.

Precios y mercados

Por ser un cultivo no alimenticio de alto contenido de aceite en semilla, la Jatropha podría ser una solución de energía alternativa excelente para países en desarrollo, donde la agricultura es viable, y podrían no sólo producir biodiesel para consumo interno sino también exportar. Así, se estaría contribuyendo por un lado al abastecimiento mundial de energía y por el otro a la economía nacional.

Sin embargo, todo este desarrollo de la Jatropha como cultivo industrial presenta algunos inconvenientes, consecuencia de la escasa cantidad de producción a nivel industrial, ya que todos los proyectos se encuentran todavía en su fase piloto. Estos problemas (en lo que refiere a problemas de mercado) consisten en que:

- No existe un precio de mercado establecido para el producto semielaborado: el aceite de Jatropha.
- No existe un precio de mercado establecido para la materia prima: las semillas de Jatropha. Además, no tiene otra fuente de demanda (ni aplicación) que no sea el biodiesel.
- No existe un precio de mercado establecido para el subproducto principal: la torta de Jatropha. Tampoco existen otras aplicaciones/mercados que no sean el de fertilizante, por el momento.
- Si bien existe un precio de referencia para el biodiesel de Jatropha en el mercado internacional, los precios de biodiesel de otras materias primas de alta calidad, como la colza por ejemplo, bien podrían servir de estimado. No creo que esto represente un problema de importancia.

Con los precios del petróleo actuales, la producción de biodiesel de Jatropha resultaría de conveniencia económica únicamente si se aprovecharan otros subproductos o se consideraran ventajas como la repercusión social por el cultivo manual o la menor contaminación. De todos modos, al ser los combustibles fósiles un recurso escaso, su precio de mercado está destinado a aumentar y allí se podrá trabajar en reducir los costos de obtención de las energías renovables, en particular del biodiesel.

La indeterminación de los precios de mercado que se menciona arriba está íntimamente relacionada con los siguientes problemas:

- No existe una demanda estable de las semillas de Jatropha, fundamental para garantizar la cadena de suministro a nivel industrial.
- La demanda agregada del biodiesel (como producto genérico, independientemente de su fuente) es muy inestable porque depende de las fluctuaciones de la demanda de diesel de petróleo (producto

complementario), y de los cambios en la legislación que regula su consumo y comercio (cortes obligatorios, impuestos a la importación, medidas anti-dumping, etc.) y los cambios en los requerimientos de sustentabilidad exigidos para el producto. Así, en cuanto haya producción (oferta) de biodiesel de Jatropha, seguramente será demandado porque cumple con muchos de los requerimientos de sustentabilidad y de calidad del mercado internacional, y por ende será utilizado para mejorar la calidad y sustentabilidad de otros tipos de biodiesel de inferior calidad. El problema no sería directamente con el biodiesel de Jatropha, pero al estar atado al mercado del biodiesel, se ve afectado por la inestabilidad mencionada.

- Existe una gran dependencia y riesgo asociados, pues no hay otro mercado o aplicación de volumen significativo para el aceite de Jatropha que no sea el biodiesel.
- No existe una demanda de la torta, ya que aún existe incertidumbre sobre el proceso para desintoxicar la torta y que la misma pueda ser utilizada como alimento para ganado (mayor volumen y precio que el fertilizante). Este es un problema de mercado, que deriva del problema técnico de cómo desintoxicar la torta.
- Si bien existe un mercado estable para la glicerina, subproducto del proceso, lo que no es estable es su precio: hay una sobreoferta debido a la producción de biodiesel (que genera glicerina), y no hay suficientes mercados/aplicaciones para absorber esa demanda. Por ende, el precio se mantiene bajo.

Por lo tanto, el mercado de la Jatropha, por tratarse de un mercado nuevo, trae consigo algunos problemas e incertidumbres, que dificultan la decisión sobre la inversión. Los principales problemas son la falta de demanda definida y estable, y la falta de un precio de mercado. Esto trae como consecuencia una gran incertidumbre sobre la rentabilidad de la inversión (sumado a otros factores que afectan la rentabilidad, por ejemplo técnicos), ya que las variables “p” y “q” no estarían definidas en el modelo. A su vez, esta incertidumbre, al tener un riesgo asociado, dificulta el acceso a financiación (para proyectos privados) para llevar a cabo el proyecto. De todos modos, en los países donde el gobierno promueve el cultivo, o inclusive el biodiesel, es probable que se facilite el acceso a financiación con el fin de incentivar el desarrollo.

Sin embargo, no todas son desventajas para los nuevos mercados. En términos generales, la incorporación de nuevos cultivos disminuye el riesgo de la inversión, diversificando la matriz energética y generando una menor dependencia de los cultivos tradicionales. Además, según estudios realizados, la Jatropha resulta un cultivo de alto rendimiento por tener alto contenido de aceite en semilla, existiendo la

oportunidad de resultar, a gran escala, más rentable que los cultivos actualmente utilizados para producir biodiesel.

De todos modos, en lo que refiere a mercado, quedan aún muchas preguntas sin resolver. Uno de los problemas de realizar un estudio económico sobre la rentabilidad de la producción de aceite de Jatropha, es justamente la falta de un mercado y de información verificada.

Diseño de políticas de promoción y medidas impositivas para la industria en particular

Como se mencionó anteriormente, es fundamental el apoyo del gobierno mediante medidas y leyes que fomenten la inversión y el desarrollo de energías alternativas, en particular de cultivos para generar biodiesel. Como puede verse en el gráfico a continuación, actualmente existen países que tienen apoyo político al biodiesel de Jatropha específicamente (México es el único en América Latina).

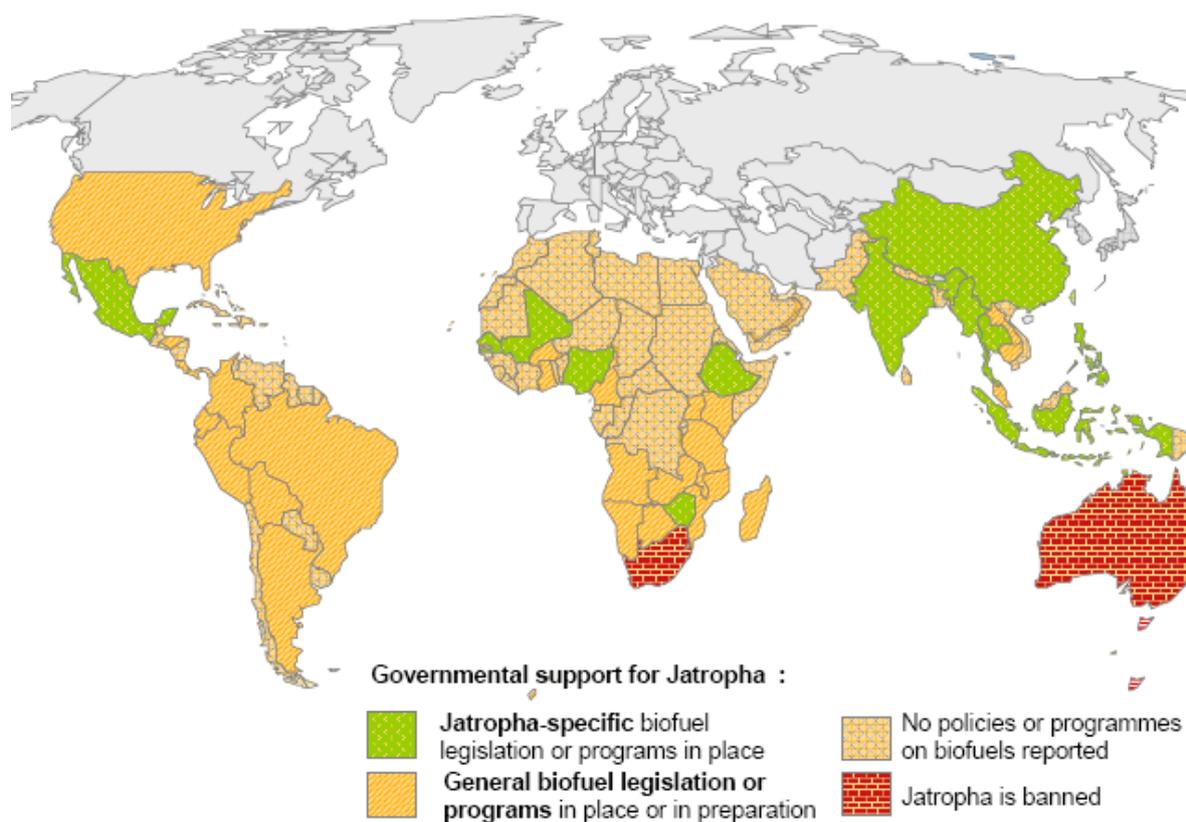


Figura 3.5

Fuente: Estudio de mercado GEXSI

El país donde más se ha promovido y se han establecido plantaciones de piñón es la India. El gobierno implementó una Política Nacional de Biocombustibles, en la que se señala que el 20% de la demanda nacional de diesel se obtendrá de cultivos energéticos, para lo que se necesitará una gran superficie para este propósito. Entre los cultivos contemplados para cumplir con este plan nacional se incluye la Jatropha.

En esta campaña de promoción del piñón, el Banco Estatal de la India firmó un memorando de entendimiento con una empresa subsidiaria de D1 Oil que en la India toma el nombre de D1 Mohan. A través de este acuerdo, el banco se compromete a abrir una línea de crédito de 28 millones de dólares para campesinos locales que quieran entrar en el negocio del piñón. Los campesinos deben pagar el préstamo con el dinero que D1 Mohan les pagará por la compra de las semillas de piñón. Un esquema de agricultura por contrato y subsidios. El combustible que se vaya a producir del aceite del piñón puede ser exportado o destinado al consumo interno. En ambos casos D1 tiene un mercado. La India es un mercado lo suficientemente grande como para convertirse en un negocio atractivo, pero además al momento es un exportador neto.

Particularmente, la Argentina, como puede verse en la Figura 3.4 mostrada anteriormente, sí cuenta con una legislación general para promover el uso de biocombustibles. En Mayo del año 2006, el Congreso Argentino sancionó una ley para promover el uso y la producción sostenible de biocombustibles (Ley 12692/2006), la cual tiene un decreto reglamentario (Decreto 109/2007). Sin embargo, no existe ninguna ley en particular para desarrollar el cultivo de la Jatropha.

Los instrumentos económicos y legislativos diseñados correctamente impulsan la eficiencia y tienden a una reducción de costos de producción incentivando también las mejoras tecnológicas y mayores inversiones. Si bien la Argentina cuenta con la ley de biocombustibles desde el 2006, se observan medidas en otros países del mundo que promueven el desarrollo y al mismo tiempo cuidan el medio ambiente.

Por ejemplo, en Europa (Francia, Noruega, Dinamarca, Alemania y la CE en su conjunto) aplican gravámenes sobre emisiones o efluentes, exigiendo también impuestos diferenciales sobre vehículos más contaminantes, incentivando la venta de los ecológicos. En Francia existe un impuesto por la emisión de dióxido de azufre y en Holanda, Finlandia, Noruega, Dinamarca y Suecia aplican impuestos a las emisiones de dióxido de carbono. El destino de lo recaudado por tales impuestos se destina al financiamiento de la reconversión tecnológica que protege el medio ambiente.

Algunos países han implementado distintos tipos de políticas y regulaciones para promover el uso de energías renovables y estimular su producción. Por ejemplo, EE.UU. dispuso créditos impositivos, deducciones, desgravaciones y subsidios para facilitar la instalación de sistemas y equipos de producción de energías renovables. Son 20 los estados que aplican estos beneficios a las tecnologías solares, eólica, biomasa, hidroeléctrica, entre otras. También se disponen créditos fiscales contra el impuesto a la renta o el impuesto a los bienes, hasta US\$ 4.000, por la transformación del vehículo para que funcione a etanol o biodiesel. Impositivamente, EEUU decidió reducir los impuestos al consumo y a las ventas de los biocombustibles, que se aplican al momento de distribuir esos combustibles logrando una mayor competitividad con estos productos. Para incentivar la mayor producción de biocombustibles existen también créditos computables contra el impuesto a la renta en función de la mayor producción lograda.

A todo esto, Europa, Brasil, Australia y Canadá han incrementado en los últimos 3 años su producción de biocombustibles y tienen implementados beneficios impositivos en buena parte de sus legislaciones.

El marco legal actual en Argentina y algunas de sus limitaciones

A nivel nacional, las principales acciones tendientes al fomento y desarrollo de la bioenergía se pueden sintetizar en los siguientes puntos:

- **Ley 26.190/06. Fomento para el uso de las fuentes renovables de energía destinadas a la producción de energía eléctrica.** La ley promueve la diversificación de la matriz energética Nacional, favoreciendo el uso de energías renovables y contribuyendo a la mitigación del cambio climático. Declara de interés Nacional la generación de energía eléctrica en base a fuentes renovables con destino a la prestación del servicio público y establece una meta a alcanzar del 8% en la participación de las energías renovables en el consumo eléctrico nacional en un plazo de 10 años.

Para ellos se establecen un conjunto de beneficios impositivos aplicables a las nuevas inversiones en emprendimientos de producción de energía eléctrica, así como una remuneración adicional por cada kilovatio hora efectivamente generado mediante fuentes renovables que vuelque su energía en el Mercado de Energía Mayorista y/o sea utilizado en servicios públicos.

- **Ley 26.093. Biocombustibles.** Régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentable de biocombustibles, estableciendo un régimen especial para su producción y uso en el país. Para eso se instituyen una serie

de beneficios promocionales, tales como deducciones, tratamientos impositivos, y tributaciones especiales en relación a las vigentes. Se promocionan en esta norma el biodiesel, el bioetanol y el biogás. Esta ley y sus limitaciones se discutirán a continuación.

- **Ley 26.334. Régimen de Promoción a la Producción de Bioetanol.** Se aprueba dicho régimen con el propósito de satisfacer las necesidades de abastecimiento del país y generar excedente para exportación, impulsando la conformación de cadenas de valor mediante la integración de productores de caña de azúcar e ingenios azucareros en la fabricación de bioetanol.

La ley de Biocombustibles 26.093 fue finalmente promulgada el 12 de Mayo de 2006, y entre sus puntos fundamentales se pueden destacar:

- La creación de una Autoridad de aplicación, cuyas funciones principales serán:
 - Promover la investigación, la producción y el uso de biocombustibles.
 - Establecer normas de calidad para los biocombustibles.
 - Establecer los criterios para la aprobación de los proyectos elegibles para los beneficios establecidos en la ley.
 - Administrar los subsidios que eventualmente otorgue el Congreso Nacional.
- La generación de un régimen de promoción para la producción y uso sustentable de los biocombustibles por el término de 15 años.
- Establece que la nafta y el gasoil que se comercialicen dentro del Territorio Nacional, deberán ser mezclados por la destilería o refinería de petróleo, con un 5% como mínimo de bioetanol y de biodiesel respectivamente.
- Establece incentivos fiscales para el producto, como son la exención del Impuesto a los Combustibles Líquidos y Gaseosos, la exención de la Tasa de Gasoil o la exención de la Tasa Hídrica. Además, desarrolla incentivos a la inversión, como son la devolución anticipada del IVA (lo que representa una verdadera ventaja de existir saldos favorables al contribuyente), la amortización acelerada de los bienes de uso para el cálculo del Impuesto a las Ganancias (permitiendo un menor impuesto en el año de realización de las inversiones, con independencia de la envergadura del negocio), o la exención del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta por 3 años.

- La definición de los sujetos beneficiarios de la promoción: industrias radicadas en el país, con mayoría de capital social en poder del Estado Nacional, Provincial o Municipal, o de productores agropecuarios.

La ley quedó reglamentada por el Decreto 109, también adjunto en el Anexo I.

Es un primer paso tener en nuestro país una ley que promueva el desarrollo de los biocombustibles, sin embargo, la versión actual de la Ley 23.096 y su Decreto Reglamentario, el 109/2007 (se adjuntan ambos en el Anexo I) muestran una serie de falencias que deberían ser corregidas, en orden de asegurar la transparencia y seguridad jurídica necesaria para efectivizar las inversiones necesarias para desarrollar la jatropha a nivel industrial, al igual que otros cultivos energéticos. Se puntualizan a continuación las principales deficiencias observadas:

- Condiciones para acceder a los beneficios promocionales

La ley otorga distintos beneficios impositivos a las industrias de los biocombustibles; sin embargo, estos beneficios están sujetos a algunas condiciones. En primer lugar, para poder acceder a dichos beneficios la empresa debe pertenecer mayoritariamente al Estado o a productores agropecuarios, según lo establecen el artículo 13 de la Ley y el artículo 18 del Decreto. No están contempladas las medianas y grandes empresas químicas, petroquímicas y agroindustriales que cuentan con el potencial tecnológico y financiero como para entrar en forma rápida, segura y eficiente en el negocio y además satisfaciendo los requisitos ambientales establecidos.

En segundo lugar, la Ley claramente establece en su artículo 14 (reglamentado en el artículo 3 del Decreto) que existirá un monto máximo para el otorgamiento de los beneficios promocionales, el cual será fijado por el Ministerio de Economía y Producción al momento de confeccionar el Presupuesto Nacional, y distribuido entre los distintos proyectos por el Poder Ejecutivo. Para poder efectuar dicha distribución se confeccionará un ranking de los proyectos, el cual priorizará a aquellas empresas que sean preferentemente una PyME, y en manos del Estado o de productores agropecuarios. La falencia de este punto de la norma es que los beneficios promocionales estén sujetos a una decisión política presupuestaria del Gobierno, en vez de a la cantidad invertida en el sector, por ejemplo.

- Condiciones técnicas y económicas para acceder a los beneficios promocionales

Además de limitarse el acceso, también se limita el modo de aplicación de los beneficios promocionales, lo que influye en los resultados de mejora esperados en las finanzas de los proyectos.

Algunos ejemplos son: mientras en el artículo 15 de la ley se establece la posibilidad de obtener la devolución anticipada del IVA y la amortización acelerada para reducir el impuesto a las ganancias sobre las inversiones en bienes de capital, el Decreto enuncia en su artículo 20 que se deberá optar por 1 sólo de estos beneficios, “no pudiendo acceder a los dos un mismo proyecto”, limitando el beneficio promocional inicial.

Por otro lado, cabe remarcar un aspecto en lo que refiere a los tiempos de aplicación de los beneficios promocionales. La amortización acelerada del impuesto a las ganancias tiene un alcance temporal máximo de tres años a partir de la fecha de aprobación del proyecto, lo que implica que todas las inversiones en bienes de capital que se efectúen en fechas posteriores no serán alcanzadas por este beneficio, algo a remarcar si se tiene en cuenta que en frecuentes ocasiones estos proyectos requieren sucesivas ampliaciones importantes de capacidad a lo largo de su vida útil. Algo similar ocurre con la devolución de IVA, la cual únicamente aplica luego de mínimo 3 períodos fiscales a partir del momento en que se realizaron las inversiones que les dieron origen.

- La legislación nacional y provincial

La ley de Biocombustibles es tanto nacional como provincial, ya que las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos, tal como lo regula la Ley 17.319, se encuentran bajo el alcance del Estado Nacional; mientras que los biocombustibles, tal como lo establece la ley 26.093, se consideran una “Actividad Agroindustrial”. Así, las provincias pueden decidir si adhieren a la ley nacional tal como está, o si la modifican y otorgan su propia promoción, eximiendo a los contratos del impuesto de sellos y del impuesto a los ingresos brutos que se produzcan. Es muy importante la adherencia de las provincias, ya que hay muchos proyectos de biocombustibles en el interior del país.

- Falta de incentivos a la exportación

Todos aquellos proyectos que resulten alcanzados por los beneficios promocionales, deberán destinar el total de su producción al mercado interno. Si quedase algún excedente luego de satisfecha la demanda interna, el mismo podrá ser exportado previa autorización de la Autoridad de Aplicación, pero sin gozar de los beneficios promocionales.

Estas medidas no sólo desalientan a todos aquellos inversores que planean destinar su producción en forma parcial o total al mercado externo, sino que además dejan nuevamente un manto de incertidumbre al no aclarar específicamente cual será el mecanismo para determinar qué porcentaje de la producción de una empresa debe

destinarse al mercado nacional y cual puede exportarse (en el caso de que la oferta local superara la demanda). Asimismo, tampoco aclara de qué manera se le quitarán (o no) a la empresa que exporte los beneficios ya otorgados y que no sean directamente asignables al volumen exportado (como si lo es, por ej, el Impuesto a la Transferencia de los Combustibles Líquidos y Gaseosos -I.T.C: Ley 23.966-), o sea los créditos fiscales por devolución anticipada de IVA o la amortización acelerada en el I.G.

- Ausencia de beneficios para cultivos de segunda generación

Argentina es un gran productor de soja (tercero del mundo), de aceite de soja (primer exportador mundial) y de biodiesel (entre los cinco más grandes del mundo). Nuestro país tiene todo lo necesario para convertirse en una verdadera potencia energética mundial, fundamentalmente en lo que refiere a energías renovables. La gran variedad de recursos naturales con los que cuenta –viento, sol, geotermia– más los 5.000 kilómetros de costa Atlántica, deberían garantizarnos un rol de liderazgo regional en el desarrollo de estas energías. Donde más se evidencia esta realidad es en la producción de biocombustibles. Contamos con una considerable amplitud climática, una gran calidad y variedad de suelos, grandes extensiones de tierras, y un sector agrícola de avanzada.

El conflicto inherente a los biocombustibles mayormente desarrollados y promovidos en la Argentina, los de primera generación, es que su materia prima también puede ser utilizada como alimento, y que su utilización como energía en alguna medida afecta el precio de la comida. Según la teoría, al competir en dos mercados (como alimento y como energía), estas materias primas tienen un valor comercial mayor al de los cultivos de segunda generación, es decir aquellos no comestibles, lo cual tendería a incrementar su precio. Además, los cultivos de primera generación normalmente requieren de suelos ricos en nutrientes y con abundancia de agua, como son por ejemplo la soja y el maíz. Por el contrario, los biocombustibles de segunda (como la Jatropha) y tercera generación pueden crecer también en suelos marginales.

Los biocombustibles demuestran un enorme potencial para resolver el problema de los gases de efecto invernadero y una solución ante la disminución del suministro de combustibles fósiles en el mundo. Sin embargo, ante las repercusiones alimentarias que tiene el uso de biocombustibles de primera generación -sobre todo maíz y la soja-, deberían revisarse los incentivos que se brindan a éstos y diseñar otros complementarios encaminados al desarrollo de los considerados de segunda, es decir, aquellos donde se emplean materias primas ajenas a la alimentación y se pueden cultivar en terrenos no agrícolas o marginales.

En nuestro país, no existe ninguna Ley, por el momento, que contemple incentivos especiales para el desarrollo de los cultivos de segunda generación.

La calidad y los requerimientos de sustentabilidad del biodiesel de *Jatropha* versus otros cultivos

A continuación se presenta una tabla donde se comparan para distintos cultivos energéticos algunos parámetros que son intrínsecos al tipo de aceite utilizado y que no dependen del proceso de transformación:

Aceites	IV	CN	CP (°C)	PP (°C)	FP (°C)	Viscosidad (mm ² /s) *
Colza	110-115	54,4	-2	-9	84	6,7
Girasol	125-135	46,6	0	-4	121	4,22
Soja	125-140	46,2	2	-1	171	4,08
Palma	44-58	56,2	8	6	19	4,5
<i>Jatropha</i>	95-125	51	16	8	130	4,84

* Medida a 40°C

Tabla 3.4

Fuente: Knothe, G.; Dunn, O.R.; Bagby, M. Biodiesel: The use of vegetable oils and their derivatives as alternative diesel fuel, Biodiesel. Reports database, 1996. <http://www.biodiesel.org> (accessed May 25, 2008).

- El CP (Cloud Point) o punto de enturbiamiento se refiere a la menor temperatura en la cual se observa nieve o turbidez en la muestra, indicando el inicio de cristalización de la misma, cuando es sometida a un enfriamiento continuo. A temperaturas menores que el CP se forman cristales grandes, los cuales se unen para formar grandes aglomerados que no permiten el flujo de combustible por tuberías y filtros, causando problemas por el frío.
- El PP (Pour Point) o punto de escurrimiento es la menor temperatura a la cual la muestra todavía fluye, cuando es sometida a enfriamiento bajo condiciones definidas. Es relevante para el uso en climas fríos

- El FP (Flash Point) es la menor temperatura a la cual el producto se vaporiza en cantidad suficiente para formar con el aire una mezcla capaz de inflamarse momentáneamente cuando se le acerca una llama.
- La viscosidad cinemática es el cociente de la viscosidad absoluta entre la densidad y el tiempo necesario para que un volumen dado de sustancia recorra una longitud dada. (mm²/seg).
- El Índice de Yodo (IV), que se utiliza para definir el grado de insaturación de un compuesto orgánico que tiene enlaces diénicos y triénicos.
- El número de cetano (CN) describe la calidad de ignición y está determinado por el tiempo de retraso en la ignición (a menor tiempo de retraso en la ignición, mayor CN, y viceversa).

En términos generales, en lo que refiere a la estructura y propiedades del biodiesel, se sabe que a mayor número de dobles enlaces (ácidos grasos insaturados), que implica un mayor índice de Yodo (IV: Iodine Value), se obtiene un menor número de cetanos y una mejor propiedad en frío. También se sabe que cuánto más cerca esté el doble enlace del final de la molécula, mayor será el número de cetanos.

El biodiesel derivado de aceites vegetales con un alto contenido de compuestos saturados (bajos IVs), posee un CN (Centane number) mayor, mientras que sus propiedades a bajas temperaturas son peores. Por otro lado, se conocen los procedentes de aceites vegetales con un alto contenido de compuestos insaturados (altos IVs), que poseen un menor CN, mientras que sus propiedades a bajas temperaturas son mejores.

Consiguientemente, los CN y los IVs son inversamente proporcionales. Al agregar a las normas un máximo de IVs, se está restringiendo el mínimo CN.

El IV desconoce factores estructurales en los compuestos grasos, mientras que el CN depende de la posición del doble enlace, longitud de la cadena, etc. Aumentar el CN de los aceites de algunos cultivos mediante el desarrollo de nuevos aditivos que son más efectivos a pesar de su alto grado de insaturación, es una alternativa posible para balancear el CN y el IV.

El aceite de *Jatropha*, además de tener un alto rendimiento por su alto porcentaje de aceite en semilla, tiene propiedades atractivas en cuanto a la calidad del aceite y del biodiesel que se puede obtener. Como puede verse en la tabla 3.4, el aceite de *Jatropha* satisface ampliamente los requerimientos tanto de la norma ASTM 6751-02 como los de la norma EN 14214 en lo que refiere a propiedades intrínsecas del aceite. Las propiedades que dependen del proceso, es necesario evaluarlas en cada caso particular:

	Aceite de Jatropha	ASTM 6751-02		EN 14214	
		mín	máx	mín	máx
IV	95-125				120
CN	51	47		51	
CP	16	A determinar por el cliente		A determinar por el cliente	
PP	8				
FP	130	130		101	
Viscosidad cinemática	4,84	1,9	6	3,5	5

Tabla 3.5

La Argentina cuenta con una oportunidad. Nuestro país se destaca por poseer grandes extensiones de tierra aptas para el desarrollo de cultivos oleaginosos siendo el producto de estos (aceites) el principal insumo para la producción del biocombustible. Además Argentina es uno de los líderes mundiales en la exportación de aceites vegetales. La industria aceitera nacional es estructuralmente exportadora, destinando al mercado mundial el 95% de su producción. Con el desarrollo del Biodiesel se podría originar mayor valor agregado al aceite, materia prima para la producción del biocombustible, no requiriéndose la importación de la misma. Existe la posibilidad, además de exportar, de sustituir la importación de gasoil (al menos parcialmente) por el biodiesel.

Así, desde el punto de vista de la **calidad**, la Jatropha podría ser uno de los cultivos oleaginosos que se utilizase para la producción industrial de biodiesel para consumo interno y para exportación, ya que satisface las normas de calidad, tanto nacionales como internacionales.

Aquellos biocombustibles que satisfacen los **criterios de sustentabilidad**, una serie de condiciones que deben cumplir los productos y sus ciclos de elaboración y comercialización, referentes a su impacto en el ambiente, en la sociedad y en el uso de recursos, permiten tener acceso preferencial a determinados mercados y obtener mejores precios y condiciones de negociación que aquellos que no cumplan. Entre ellos, vale la pena analizar el porcentaje de reducción de gases de efecto invernadero que alcanza el biodiesel de Jatropha.

Influencia de las normas de calidad en los costos de producción y en la comercialización de biodiesel

Existen dos normas de calidad principales que son las más utilizadas para regular el comercio internacional de biodiesel en el mundo. Por un lado está la norma norteamericana ASTM D6751, originada en Estados Unidos, y por el otro la norma EN 14214 originada en la Unión Europea, e inspirada en normas anteriores elaboradas por el DIN (Instituto Alemán de Normalización). El origen de estas normas no es casual, ya que Alemania y Estados Unidos son los principales productores de biodiesel a nivel mundial, y también fuertes consumidores.

El espíritu original de estas normas fue el de fijar especificaciones de calidad que deben cumplir con los combustibles de tipo diesel renovable (biodiesel), a fin de asegurar su correcto funcionamiento en los motores diesel durante todo el año, para diferentes niveles de mezcla (o corte) de biodiesel con gasoil, y efectuando las menores modificaciones posibles a los mismos. Por otro lado, también tiene que ver con cuestiones logísticas y de comercialización del producto, como ser: asegurar su estabilidad (que no se oxide) durante períodos prolongados de almacenamiento, minimizar los efectos corrosivos sobre las instalaciones de almacenamiento y expendio existentes, facilitar su transporte y bombeo en bajas temperaturas, etc.

Esta ambición no fue caprichosa, especialmente si consideramos que las primeras plantas de producción generaban un combustible que no siempre era homogéneo en cuanto a sus propiedades características. Esto se debió en parte a una falta de madurez en la tecnología, pero fundamentalmente a que tampoco existían criterios adecuados para fijar la calidad de la materia prima de entrada (aceites vegetales o grasas animales). Por otro lado, y como se verá más adelante, muchas de estas propiedades generan inconvenientes cuando el biodiesel se utiliza en climas fríos, y son justamente las zonas de mayor producción y consumo del combustibles las que sufren de importantes variaciones térmicas a lo largo del año.

Sin embargo, existe otra faceta de las normas de calidad de biodiesel mencionadas, que no es de carácter técnico sino comercial. Lamentablemente, varios de los parámetros de estas normas han sido utilizados como medidas de proteccionismo de los mercados, o medidas para-arancelarias. Para entender esta faceta de la normativa es necesario primero explicar la influencia que tienen las materias primas sobre los parámetros de calidad del combustible final. En ciertos casos esta influencia es tal, que determinadas especificaciones del biodiesel (como ser el índice de Yodo) dependen únicamente del tipo de ácidos grasos presentes en la materia prima (grasas o aceites) que dio origen al combustible, y no puede ser modificados a un costo aceptable durante el proceso productivo (reacción de transesterificación) ni durante la purificación del combustible. Algunos parámetros (como la estabilidad a la

oxidación, asociada a la durabilidad del combustible) sí pueden ser modificados agregando aditivos al combustible, pero esto representa un costo extra que no siempre es conveniente de incurrir para el productor de biodiesel, y que muchas veces terminan llevando a cabo las empresas que se dedican a mezclar diferentes tipos de biodiesel y/o biodiesel con gasoil (etapa de la cadena conocida como blending), así como también a distribuirlo y a comercializarlo.

Tomemos como ejemplo al Índice de Yodo, ya que es el caso más característico de un parámetro de calidad altamente condicionado por la materia prima de origen, y cuyo tratamiento por parte de las normas de calidad está sesgado por cuestiones más comerciales que técnicas. Este parámetro mide el grado de instauración del aceite/grasa, es decir el contenido de dobles enlaces en las moléculas de ácidos grasos que forman los aceites y grasas. Mientras más dobles enlaces tenga el aceite (mayor índice de Yodo) existirá mayor probabilidad de que el mismo forme, en contacto con el oxígeno del aire, peróxidos (el aceite se oxida o se degrada). Por otro lado, también aumenta la chance de que las moléculas de ácidos grasos se unan entre sí por estos enlaces, provocando la polimerización del aceite (o del biodiesel), es decir que se plastifica y tiende a solidificarse. Estas propiedades se transmiten casi en forma idéntica del aceite al biodiesel que se genera a partir de los mismos, y es por ello que se dice que son intrínsecas de la materia prima, y no pueden ser modificadas durante el proceso productivo o por aditivación, al menos a un costo razonable. Los aceites como el de Oliva, el de Palma y las grasas animales, poseen un bajo índice de yodo (menor a 110), mientras que el aceite de Soja posee un valor algo más elevado (entre 122 y 140) y los de Colza y Girasol están en un valor medio (entre 110 y 115 para el primero y 120 a 135 para el segundo).

Es notable el hecho de que este parámetro sólo se encuentra fijado en la norma europea (EN) y no en la norma norteamericana (ASTM). Más aún, la norma europea fija un límite máximo de 120 para este indicador, dejando afuera al biodiesel de Soja que difícilmente bajará de 122. Esto se debe a que esta norma se estableció específicamente para proteger el mercado interno de biodiesel de Colza, principal materia prima en la UE, de ser invadido por biodiesel de Soja (típicamente más económico) importando de EEUU o de Sudamérica (Argentina y Brasil). La norma IRAM 6515-1 (Argentina) fija este índice en 150 como valor máximo.

Igualmente el biodiesel de Soja se importa a Europa a pesar de estas restricciones, ya que una vez ingresado se lo corta (o mezcla) con biodiesel de Colza u otros para que el resultante pueda dar la especificación, tanto de índice de Yodo como de otros parámetros. Esta práctica, denominada blending, es muy habitual en los grandes centros de consumo.

Otras propiedades con fuerte influencia de la materia prima originaria son el Cloud Point (o Punto de Enturbiamiento, de la norma ASTM), la Viscosidad, el Cold Soak (recientemente introducido a la norma ASTM), el Contenido de Ésteres poli-insaturados (norma europea), y el Punto de Obturación de Filtro Frío (CFPP por sus siglas en inglés, también propio de la norma europea). Estas propiedades se asocian generalmente con la performance del combustible a bajas temperaturas, que es cuando existe mayor riesgo de obstrucción de inyectores. Aquí los más perjudicados son el biodiesel de Palma y el de grasa animal (CFPP de 5 °C a 25 °C) siendo los óptimo los combustibles obtenidos de aceite de Colza (-2 °C a -10 °C) y de *Jatropha*, y en menor medida el de Soja y Girasol (0 °C a -5 °C). Esto hace que los biodiesel de grasas y palma, típicamente baratos por el bajo costo de la materia prima (la cual representa entre el 80% y el 85% del costo de producción del litro de biodiesel) tengan una importante reducción de sus mercados -y por ende de sus precios- durante el invierno del hemisferio norte.

Otro parámetro que influye de manera importante sobre el costo de producción y sobre la comercialización del biodiesel es el índice de acidez. Desde el punto de vista técnico, se trata de un indicador que mide el contenido de Ácidos Grasos Libres (AGL, o FFA por sus siglas en inglés) en el aceite. Esto tiene un impacto directo sobre el rendimiento del proceso, ya que en una reacción normal de transesterificación alcalina estos ácidos grasos tenderán a formar jabones al tomar contacto con el catalizador alcalino utilizado en proceso (normalmente bases como NaOH o KOH), y los jabones son un producto indeseable en el biodiesel. Por ende, a menos que se cuente con un pretratamiento especial para convertir estos ácidos grasos libres en biodiesel (normalmente este pretratamiento es una transesterificación ácida con exceso de metanol), lo conveniente es que reducirlos al mínimo posible, idealmente a una proporción inferior al 2.5% en el aceite original. Típicamente, las materias primas como los aceites vírgenes de Soja, Colza, Girasol y otros de uso alimenticio, tienen baja acidez, mientras que las grasas animales y los aceites usados o reciclados tiene una elevada acidez, que puede variar entre 5% y 20%, llegando en algunos casos a superar el 50% (grasas de cocina recicladas). La ventaja de utilizar materias primas de elevada acidez reside en su bajo valor relativo en comparación con los aceites vírgenes (la grasa animal refinada cotiza actualmente en 500 USD/Tn, mientras que el aceite crudo desgomado de Soja está por encima de 800 USD/Tn, y el de Girasol de 850 USD/Tn)⁶. La desventaja, ya mencionada, reside en el hecho de que si se quiere aprovechar por completo la materia grasa contenida en estos materiales, es necesario contar con una etapa previa de Pretratamiento de Aceites y Grasas, antes de la etapa de Transesterificación. Esto implica una mayor inversión inicial, que según la escala de

⁶ Valores de referencia a Mayo/Junio 2009

la planta, el precio del biodiesel final obtenido, y la disponibilidad y precio relativo de las diferentes materias primas, se justificará o no según el caso.

Finalmente, existen otros parámetros asociados a la performance del proceso, como ser el contenido máximo de mono, di y triglicéridos, de metanol, de humedad, de metales, de glicerina libre y glicerina total, residuos carbonosos, cenizas sulfatadas, y otras impurezas. Pero estos parámetros pueden ser controlados teniendo una buena tecnología tanto para en las etapas de Pretratamiento, como de Transesterificación y sobre todo de Purificación del biodiesel, independiente de cuál sea la materia prima de origen.

De aquellos que, por el contrario, dependen en gran medida de la materia prima de origen, además de los ya mencionados se pueden agregar el número de Cetanos y el Contenido de Azufre, para los cuales las normas internacionales exigen un valor mínimo y un máximo respectivamente.

Impactos sociales y ambientales

Como ya se mencionó anteriormente, la jatropha es un cultivo de alto impacto social, ya que favorece la generación de empleo rural y evita el desplazamiento de la gente hacia zonas urbanas. La preparación del suelo, la plantación, la fertilización, la poda, la cosecha manual y el procesamiento requieren emplear mano de obra. En esta situación, los costos laborales son particularmente importantes durante el primer año de establecimiento del cultivo y se incrementan en los posteriores. Los costos de mano de obra variarán según la región, y así también la incidencia que estos tengan sobre el costo total. Al ser un cultivo tan poco mecanizado, requiere una fuerte participación de la mano de obra, lo que conllevará algunas dificultades tales como son la capacitación sobre el nuevo cultivo y su procesamiento, y la disponibilidad de las personas, quienes probablemente se encuentren ya empleadas en la producción de otro cultivo u otra actividad rural.

Con respecto a los impactos ambientales, una de las ventajas de este cultivo es que mejora los suelos erosionados. En condiciones de semi-aridez, la jatropha curcas tiene la posibilidad de recuperar suelos mediante su sistema radicular, el cual le permite explorarlo y encontrar el agua que la planta necesita. Esto resulta en el reciclaje de nutrientes desde horizontes profundos del suelo. Sin embargo, este cultivo presenta también algunos problemas como son:

- La amenaza de deforestación, ya que sus mejores rendimientos se obtienen en zonas tropicales como la provincia de Misiones en nuestro país.

- El impacto ambiental del proceso de extracción del aceite y producción del biodiesel, al igual que para otros cultivos tradicionales, es negativo, pues genera residuos y es contaminante.

Este último problema no es propio de este cultivo, sino del proceso industrial asociado a la transformación del mismo. Sin embargo, es importante tener en cuenta estos impactos sobre el ambiente, una vez definida la tecnología y los procesos industriales.

CAPÍTULO IV: PRIORIZACIÓN DE PROBLEMAS

Para poder analizar los problemas en mayor profundidad y así poder proponer soluciones, tanto desde el punto de vista económico como tecnológico, se buscará priorizarlos. Los problemas se ordenarán según cuánto incide la variabilidad de los mismos en la variabilidad de la utilidad neta del proyecto. Se entenderá por “proyecto” a un proyecto de inversión de una plantación de Jatropha, incluyendo la fase de extracción de aceite para biodiesel y su comercialización (la etapa de producción de biodiesel quedará fuera del proyecto). También se evaluará cómo varían los años de recuperación de la inversión, ya que éste es un parámetro importante para los inversores.

Se utilizará como herramienta de análisis al Tornado del Crystal Ball, programa que ayuda a analizar los riesgos e incertidumbres asociados a un modelo que relaciona variables cuyo comportamiento no es conocido con total certeza. El análisis de sensibilidad permitirá entender qué variables del modelo tendrán mayor impacto en las salidas, es decir en la Utilidad Neta del proyecto y en los años de recuperación de la inversión.

Para esto, solo se estudiarán dos etapas dentro de la cadena de valor de la producción de biodiesel a partir de la jatropha. Las etapas a estudiar son: la fase agrícola, que comprende desde la compra del terreno y la plantación de los plantines, hasta la cosecha de los frutos y el mantenimiento del campo; y la fase de extracción de aceite de la semilla, para lo cual se modelará una planta de crushing industrial que contemplará desde el descascarado de las semillas hasta el almacenamiento del producto final: el aceite de Jatropha.

Para el análisis, se plantearán las 2 etapas por separado, y luego se unificarán como proyecto total, para así poder observar la Utilidad Neta y el período de repago del proyecto total y estas mismas variables de salida para el escenario del proyecto de la planta de crushing. Así, se tendrán 2 escenarios distintos, los cuales permitirán evaluar dos proyectos de distintas duraciones, y así ver distintas magnitudes de inversión y evaluar sus períodos de recupero.

Los escenarios a evaluar son:

1. Escenario 1: Extracción de aceite (planta de crushing)
2. Escenario 2: Fase agrícola y extracción de aceite (proyecto total)

En el primer escenario, se modelará la estructura de inversiones y costos de una planta de crushing para extraer aceite de Jatropha a nivel industrial (capacidad: 200 Tn/ día), la cual no produce las semillas sino que las compra a un tercero, representando este un costo de materia prima. En este tipo de proyectos, donde el cultivo es aún muy nuevo y existen tantas incertidumbres, el costo de la materia prima es fundamental. Para poder contar con un dato fidedigno, se construirá también la estructura de inversiones y costos de la fase agrícola, obteniendo como resultado una estimación del costo total de producir la semilla de Jatropha. Dado que no existe un precio de mercado de adquirir la semilla, se considerará un margen sobre el costo de producción calculado. Se tomará como margen de referencia en margen del ricino, ya que este cultivo es de la familia de la Jatropha y servirá como referencia.

En el segundo escenario, se fusionarán ambas etapas teniendo así un único modelo en el cual se tiene como salida la utilidad del proyecto completo para un año de régimen del cultivo y el período de recuperación de la inversión total (fase agrícola y planta de crushing). En este caso, las semillas de Jatropha para producir el aceite para biodiesel no se comprarán como materia prima, sino que serán el resultado de la fase agrícola de la propia plantación (el costo de adquisición de las semillas será su costo de producción en la fase agrícola).

Estimación del costo de producción de la semilla

Fase agrícola

En esta etapa, se desarrollará la estructura de costos y las inversiones para producir las semillas de Jatropha necesarias para alimentar una planta de crushing, con una capacidad de procesamiento de semillas de 200 Tn/día. El objetivo es poder estimar el costo de obtener una tonelada de semillas de Jatropha, ya que los datos disponibles son muy variables según la región y la fuente.

VARIABLES DE ENTRADA:

Mano de Obra

- Jornal de los Cosecheros
- Jornal de Capataces
- Sueldo Bruto de los operadores de las máquinas vibradoras manuales utilizadas para la recolección de frutos.
- Sueldo Bruto de los Ingenieros agrónomos
- Sueldo Bruto de los Tractoristas

Económicas

- Tipo de cambio
- Alícuota del impuesto a las ganancias

Rendimientos

- Plantas a colocar por hectárea
- Semillas obtenidas por hectárea
- Porcentaje de extracción de aceite por semilla en peso
- Porcentaje de obtención de torta en peso
- Contenido residual de aceite en la torta (%)
- Porcentaje de humedad de semilla luego de la cosecha
- Porcentaje de humedad de semilla luego del proceso

Mantenimiento del cultivo y Recolección

- Capacidad de recolección (Tn de semillas/día)
- Cantidad de tractores
- Gastos de operación y mantenimiento de los tractores

Inversiones

- Equipos para la fase agrícola (tractores, acoplados, vibradora manual para recolección de frutos, zaranda separadora, canastos)
- Preparación del terreno y siembra
- Instalaciones de almacenamiento de agroquímicos
- Plantines y fertilizantes
- Terreno
- Know-how de Jatropha

Para el modelo, se considerarán que la cosecha, al igual que la operación de la planta de crushing, se realizará durante 350 días al año (15 días de vacaciones por año). Esto se basa en los siguientes supuestos:

1. La maduración de los frutos del arbusto no es simultánea. Se considerará una maduración aleatoria a lo largo de todo el año para la recolección de los frutos.
2. Se sabe que la planta puede ser cosechada en cualquier época del año.

3. Por último, dado que la cosecha de los frutos puede ser manual o semimecanizada, en el modelo se buscará tener una actividad uniforme a lo largo de todo el año para evitar tener una excesiva cantidad de cosechadores y operadores de maquinaria por día y así evitar problemas de disponibilidad de mano de obra.

Si bien puede que en la práctica la recolección de frutos se tenga que realizar más concentrada en el tiempo (consecuencia de una maduración aleatoria más concentrada temporalmente o de la domesticación de la planta), y que el modelo de una distribución uniforme en el tiempo de la actividad de recolección de frutos resulte simplificado, a los fines del análisis de priorizar los problemas asociados al proyecto de inversión se utilizará esta simplificación (entendiendo las limitaciones que tiene en su aplicación práctica).

A continuación se harán algunos comentarios sobre cómo fueron dimensionadas las variables calculadas y luego se presentarán los valores de todas las variables utilizadas.

Terreno

El costo del terreno se obtuvo pidiendo presupuesto a dos inmobiliarias de distintos campos en las provincias de Chaco, Formosa, Santiago del Estero y Misiones. El costo obtenido en promedio es de 600 USD/Ha, quedando el campo listo para la preparación del terreno y la posterior siembra. Además, se contempló la cercanía a algún río para, en un futuro, evaluar la posibilidad de instalar un sistema de riego, con el objetivo de aumentar los rendimientos de la plantación. Todos los campos presupuestados se encontraban en isohietas de 800 mm o más.

Con respecto al requerimiento de hectáreas, el mismo se calculó en función del requerimiento anual de toneladas de semillas de la planta de crushing, y el rendimiento de semillas: 7,5 Tn de semillas/Ha. Además, se consideró un 10% extra para contemplar el área que se utilizará para la construcción del sistema de caminos. A continuación se adjuntan algunas fotografías de los campos presupuestados en las regiones mencionadas.



Figura 4.1

Preparación del terreno y Siembra

Se eliminará todo árbol y arbusto que se encuentren dentro y en las orillas del área a sembrar, ya que pueden llegar a hacer sombra, lo cual influye negativamente en la planta. En caso de cercos vivos se podarán completamente por las mismas razones. Se hará una aplicación de herbicida sistémico en toda el área para eliminar las malezas. Una vez eliminada la maleza, se harán los surcos donde se pondrán los plantines. A continuación se detallan las actividades que se tuvieron en cuenta para calcular el costo de la inversión.

Costo de Jornales

Jornada hombre	50 \$
Jornada animal	20 \$

Costo por actividad

Nivelación terreno	140 \$/ha
Jornadas hombre para nivelación	2 por ha
Jornadas animal para nivelación	2 por ha
Preparar el terreno (2 veces)	74 \$/ha
Roturación con máquina contratada	25 \$/ha
Rastra de púas	12 \$/ha

Siembra	50 \$/ha
Jornada hombre para siembra	1 por ha

Tabla 4.1

Fuente:http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/00/programas/desarrollo_rural/proinder/catalogo/catalogo/tecno/71.htm

La siembra se hará en forma de cuadro: 2m X 2m, lo que permite la plantación de 2500 plantines por hectárea.

Plantines y primera fertilización

El valor de cada plantín fue cotizado por la compañía “Cultivos Energéticos SRL”, la cual se dedica a la venta de plantines de Jatropha Curcas y al asesoramiento sobre este cultivo en la República Argentina. Cada plantín se entrega listo para el implante a campo: rusticado con más de 40 cm de altura, con más de 5 hojas y totalmente enraizado. El costo de cada plantín es de 1 USD, valor que puede ser bonificado en función de las cantidades. Para el análisis se tomará el costo de 1 USD, ya que es el escenario más pesimista.

En cuanto a la fertilización de los plantines, con el fin de atemperar el estrés abiótico de la humedad disponible, la compañía sugiere la colocación de un gel basal que contiene NPK (nitrógeno, fosforo y potasio). El costo es de 18 USD/Ha (3 litros de fertilizante por Ha) aproximadamente.

Para el proyecto, se asumirá una tasa de falla del trasplante del 0,25, que fue el valor indicado por la empresa consultada. En una plantación experimental en La Rioja, estudiaron la tolerancia al trasplante y esta resultó del 99%, y las experiencias llevadas a cabo con estacas también fueron positivas; sin embargo, la germinación por semillas no ha dado resultados positivos. Por eso, se realizará trasplante de plantines, y se considerará la tasa de falla provista por la empresa consultada: 0,25.

Protección del cultivo

Una vez que el arbusto se encuentra en su etapa de régimen, es preciso utilizar fungicidas, insecticidas y herbicidas, con el fin de protegerlo y evitar que sea

atacado. Las cantidades que demanda este cultivo son pequeñas, representando un costo de 10 USD/Ha.

Con respecto a los fertilizantes, una vez que la plantación está desarrollada no es necesario incurrir en ningún gasto. Como se explicó anteriormente (y fue confirmado por Cultivos Energéticos SRL), se generarán 1,8 kg de torta por arbusto (62%), por lo que se tendrían disponibles 4,5 Tn aproximadamente de fertilizante orgánico (triple quince -NPK-) de producción propia para utilizar en el propio plantío o en otras plantaciones.

Cosecha

Una vez que el arbusto se encuentre en su etapa de régimen, los frutos se cosecharan cuando cambian de color verde a amarillo. La cosecha puede ser:

- a) Recolección manual: muy intensiva de mano de obra, ya que la capacidad máxima de recolección de una persona es de 20 Kg/día.
- b) Semimecanizada: se utiliza una máquina vibradora manual para hacer caer los frutos maduros al piso (operada por una persona capacitada, que percibe un sueldo mensual), y un “cosechero” los junta en un canasto plástico. A continuación se muestran las imágenes de la misma.



Maquina vibradora manual

Figura 4.2

- c) Mecanizada: es la solución total para reducir el costo intensivo de la mano de obra. Se adjuntan fotos de la maquinaria utilizada para realizar la recolección mecanizada.



Rodillo cosechador de frutos

Figura 4.3



Maquina cosechadora de frutos

Figura 4.4

Para este proyecto se eligió una cosecha semimecanizada, ya que es el método con el que trabajan en nuestro país, conociendo sus costos y requerimientos de mano de obra. Para esta, se tiene una capacidad de recolección de 1500 Kg de semillas/ día/ persona. Así, se dimensionó que se tendrán 137 personas que manejan las 137 máquinas vibratoras manuales (más capacitadas), y 137 cosecheros que se encargarán de juntar los frutos maduros que caigan al suelo. Una vez completado el canasto, los cosecheros llevarán el canasto hasta la tolva más cercana y depositarán allí su contenido. La tolva luego será remolcada por un tractor hasta la zona de secado, donde se depositarán los frutos y se los dejará secar al sol para que se abran y liberen las semillas. También habrá 3 capataces, de manera tal que haya un capataz cada 50 jornaleros (cosecheros).

La cantidad de tolvas necesarias (137 tolvas para frutos) se calcularon de manera tal que ningún cosechero tenga que caminar más de 400 metros por viaje, es decir una cada 36 hectáreas. Así, se tendrían 267 tolvas. Sin embargo, si se tendrán 137 grupos de trabajo (cosechero y operador de máquina vibradora), y el objetivo es reducir la distancia que deben trasladarse, no deberían necesitarse más de 137 tolvas. Además, como cada grupo recogerá 1,5 toneladas de semillas por día (por la capacidad de recolección diaria), es decir 4,5 toneladas de frutos aproximadamente, necesitarán a lo sumo 1 tolva por grupo de trabajo. Las tolvas tendrán una capacidad de 10 Tn, y un costo de 5000 USD cada una.

La cantidad de tractores se dimensionó calculando que un tractor puede cubrir 200 Has, así se necesitarían 48 tractores y 48 tractoristas que los operen durante todo el año. Cada tractor haría 3 viajes (en promedio, dependerá de las distancias a cubrir por cada tolva) de remolque de las tolvas hasta el predio donde se pondrán los frutos al sol para que larguen la semilla, lo que es razonable para un día de trabajo de 10 horas.

Por último, una vez que el sol secó los frutos y estos se abrieron, se pasará todo por una zaranda separadora, obteniendo la cáscara por un lado, y las semillas para alimentar la planta de crushing por otro. Se invertirá en 10 zarandas de 6500 USD cada una.

A continuación se presentarán las variables, sus valores y unidades, consideradas en el modelo. Las celdas blancas representan valores calculados, las amarillas son variables cuyo valor es considerado como dato, y las verdes son aquellas variables dato que se tendrán en cuenta en el Tornado como supuesto (“assumptions”).

RENDIEMENTOS		
Plantas	2500,00	Plantas
Semillas	7,50	Tn / Ha
Extracción de aceite	35,00%	% w/w (Tn aceite / Tn semilla)
Aceite de Jatropha	2,63	Tn/ Ha
Aceite de Jatropha	2822,58	Lt/ Ha
% de Torta (subproducto)	62,00%	% w/w (Tn torta / Tn semilla)
Aceite en la Torta	8,00%	% w/w
Humedad de semilla luego de cosechada	13,00%	% w/w
Humedad de semilla para proceso	10,00%	% w/w
Pérdida de volúmen durante el secado	3,00%	% w/w

Tabla 4.2

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina

REQUERIMIENTOS TÉCNICOS		
Capacidad de procesamiento (semilla seca)	200	Tn / día
Días de operación al año	350	días/año
Densidad	0,93	Kg aceite/ Litros aceite
Requerimiento de semillas anuales cosechadas	72165	Tn/ año
Hectáreas	9622	Has

Tabla 4.3

REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA Y MAQUINARIA PARA FASE COSECHA		
Máquinas por día	137	
Operadores de máquinas	137	
Cosecheros	137	
Cantidad de capataces por día	3	
Capacidad de recolección	1500	Kg de semillas / día
Cantidad de Tractores	48	1 cada 200 Has apróx
Cantidad de Tractoristas	48	

Tabla 4.4

TRACTOR

Precio Gasoil	3	AR\$/litro
Potencia tractor	84	HP
Consumo tractor	0,16	litro/HP/hora
Vida útil	12000	Horas
Uso anual	2100	Horas
Coefficiente de reparaciones	0,000075	
Valor residual	16000	USD (20% del valor original)
Uso diario del tractor	6	Horas
Protección del cultivo (fungicida, insecticida y herbicida)	10	USD/ Ha

Tabla 4.5

MAQUINARIA PARA COSECHA

TRACTOR			Gastos (AR\$/ año)
Consumo gasoil	13,44	Litro/ hora	84672
Lubricantes	12%	%/ Combustible	10.161
Mantenimiento y Reparaciones			1.109
Amortizaciones	5,33	USD/Hora	2.069.760
Total anual (AR\$)			2.165.701

Tabla 4.6

MANO DE OBRA

Mano de Obra por Jornal		Cantidad de turnos/ día	Jornal (AR\$/ turno)
Cosecheros (JORNAL)		137	50
Capataces		3	70
		Total MO variable	2.478.998
Mano de Obra por Mes		Turnos (10 hs)/ día	Cantidad/ turno
Operadores de máquinas vibradoras manuales para recolección de frutos	1	137	1500
Ingenieros agrónomos	1	10	5000
Tractoristas	1	48	2000
		Total MO fija	4.578.412
TOTAL MANO DE OBRA ANUAL (AR\$)			7.057.411

Tabla 4.7

A continuación, se detallan las inversiones descriptas anteriormente, y cómo se calcularon las amortizaciones o cargo diferido sobre cada una, según sus valores residuales y sus períodos de vida útil.

DETALLE DE INVERSION FASE AGRICOLA				
Equipos de fase agrícola				
	Costo unitario		Cantidad	
Canastas plásticas (para recolección manual)	\$ 7,00		412	\$ 2.887
Tractores	\$ 80.000,00		48	\$ 3.840.000
Acoplados tolvas para frutos (10 Tn)	\$ 5.000,00		137	\$ 687.285
Maquinaria vibradora manual	\$ 27.500,00		137	\$ 3.780.069
Zaranda separadora fruto-semilla	\$ 6.500,00		10	\$ 65.000
TOTAL INVERSION EN EQUIPOS DE PROCESO				\$ 8.375.241
Preparación del terreno y siembra				
Preparación del terreno				\$ 534.833
Siembra				\$ 124.961
TOTAL INVERSION EN PREPARACION DEL TERRENO Y SIEMBRA				\$ 659.794
Instalaciones de Almacenamiento				
Galpón 15X20 (depósito agroquímicos)				\$ 55.000
TOTAL INVERSION INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO				\$ 55.000
Semillas				
	Tasa de falla del cultivo	Cantidad	Costo	
Plantines de Jatropha	0,25	30.068.729	\$ 1,00	\$ 30.068.729
Fertilizantes (\$/litro)			\$ 6,00	\$ 173.196
elsitioagricola.com/articulos/cultivosEnergeticos/JatrophaCurcas_FichaTecnica.pdf				
TOTAL INVERSION EN SEMILLAS				\$ 30.068.729
TERRENO (zona rural)				
	Area total (has)		Costo (USD/ha)	
	10.584		\$ 600,00	\$ 6.350.515
Know-how de Jatropha: 2 expertos durante 3 años				\$ 200.000
TOTAL INVERSION EN ACTIVO FIJO				\$ 45.654.278

Amortizaciones y Cargos diferidos				
Inversión	Valor Residual (USD)	Vida útil (años)	Amortizacion/ Cargo diferido	
Canastos plásticos		5	\$	577
Tractores	\$ 768.000	12000	\$	2.069.760
Acoplados tolvas para frutos (20Tn)	\$ 137.457	10	\$	54.983
Maquinaria vibradora manual	\$ 756.014	10	\$	302.405
Zaranda clasificadora	\$ 13.000	10	\$	5.200
Preparación del terreno		40	\$	13.371
Siembra		40	\$	3.124
Construcción del galpón		50	\$	1.100
Plantines		40	\$	751.718
Fertilizante (gel basal)		40	\$	4.330
Know-how de Jatropha		40	\$	5.000
		TOTAL	\$	3.211.569

Tabla 4.8

Para terminar con la fase agrícola y poder obtener el costo de la semilla por tonelada, se totalizaron los costos fijos y variables, y se los dividió por la producción anual de semillas. Así, se obtuvo **un costo de 71,59 USD/Tn de semilla de Jatropha**.

COSTOS VARIABLES	USD/año
Mano de obra	643.896
Gasoil y lubricantes	24.632
Agroquímicos	96.220
TOTAL COSTOS VARIABLES	764.747

COSTOS FIJOS	USD/año
Mano de Obra	1.189.198
Mantenimiento	1.109
Amortización	2.433.448
Cargos diferidos	778.120
TOTAL COSTO FIJO	4.401.875

COSTOS TOTALES ANUALES FASE AGRÍCOLA	5.166.623	USD / año
---	------------------	------------------

PRODUCCION	Por año	
Semillas de Jatropha	72.165	Tn / año

Costo unitario	71,59	USD / Tn
-----------------------	--------------	-----------------

Escenario 1: Extracción de aceite

En esta etapa, se desarrollará la estructura de costos y las inversiones necesarias para extraer el aceite de las semillas cosechadas en la fase agrícola. La planta de crushing donde se llevará a cabo el proceso industrial tendrá una capacidad de procesamiento de 200 Tn de semillas por día, lo que requiere un abastecimiento anual de 72.165 Tn. La planta operará 350 días por año, contemplando 15 días de vacaciones para los operarios que se utilizarán como parada de mantenimiento. El objetivo de esta etapa es poder calcular la utilidad neta del proyecto y los años de recupero de la inversión, utilizando como input el output de la etapa anterior (fase agrícola): el costo de la semilla de Jatropha.

Variables de entrada:

Económicas

- Tipo de cambio
- Alícuota del impuesto a las ganancias
- Margen sobre el costo producción de las semillas de Jatropha (para determinar el precio de adquisición de las semillas)
- Precio del aceite crudo de soja FOB (producto sustituto del aceite de Jatropha en el mercado de aceites para biodiesel). Este precio se tomará como "Precio de Referencia" para estimar el precio del aceite de Jatropha, aplicando un factor de descuento.
- Retenciones a la exportación de aceite de soja (%)
- Descuento sobre el Precio de Referencia
- Precio de venta de la Torta de Jatropha

Tecnológicas

- Humedad de la semilla al ser cosechada (% p/p)
- Humedad de la semilla para proceso (% p/p)
- Capacidad de procesamiento de la planta de crushing (Tn/día)
- Rendimiento en la extracción del aceite (% p/p)
- Rendimiento en la generación de la torta (% p/p)

Costos de Producción

- Tarifa de Gas Natural
- Tarifa de Energía Eléctrica
- Consumo eléctrico
- Consumo de gas natural para el secado de la semilla

- Consumo de gas natural para operar la caldera
- Gasto de mantenimiento de máquinas
- Costo de producción de la semilla

Mano de Obra

- Sueldo Bruto de los Operarios de Planta
- Sueldo Bruto de los Técnicos de Mantenimiento
- Cantidad de Operarios de Planta

Inversiones

- Máquina descascaradora
- Equipos de limpieza de granos (zaranda, silo secador)
- Línea de Crushing Llave en Mano
- Conexiones y servicios (transformador, obra eléctrica, caldera de vapor, cableado y otras conexiones, requerimientos de seguridad)
- Obra Civil (oficinas, galpón, balanza para camiones)
- Instalaciones de Almacenamiento (silos de semillas, silos de torta, tanques de aceite)
- Terreno
- Inversión en servicios (estudio de Ingeniería básica)
- Capital de Trabajo (stocks)

A continuación se harán algunos comentarios sobre cómo fueron dimensionadas las variables calculadas y luego se presentarán los valores de todas las variables utilizadas.

Pre-tratamiento

Como se comentó en la fase agrícola, el fruto debe ser expuesto al sol para que al secarse libere la semilla, la cual luego será descascarada en la máquina descascaradora. Luego, se procede a la limpieza de las semillas, para lo que se utilizan zarandas que facilitan el desprendimiento de restos.

Gracias a la exposición al sol, la semilla pierde parte de la humedad que contiene naturalmente, lo que ayuda a reducir la etapa de secado posterior. La semilla al ser cosechada contiene un 13% de humedad, mientras que el requerimiento para entrar al proceso es de 10%, por lo tanto necesita perder un 3% de volumen durante el secado. El secado es la primera etapa del proceso industrial, y se lleva a cabo en un silo secador alimentado con gas natural.

Extracción del aceite

Una vez que las semillas están limpias y alcanzaron el porcentaje de humedad requerido para el proceso de crushing, se dirigen al primer equipo de la línea de crushing, consistente en un cocinador de vapor. El proceso de cocinado hará más eficiente la posterior de extracción de aceite por prensado mecánico. El vapor utilizado en el cocinador proviene de una caldera alimentada con gas natural. Luego las semillas cocinadas pasarán a la prensa mecánica donde se separa el aceite de la torta. El aceite es luego decantado y la torta pasa por un enfriador para reducir su temperatura, previamente al almacenaje.

Para la operación de la planta se contará con 2 operarios por turno, y se trabajará durante 3 turnos de 8 horas cada uno. El mantenimiento (sin parada de planta) y la limpieza de las máquinas los hará un técnico de mantenimiento durante un turno de 8 horas diario. Esta persona también será la encargada de administrar los repuestos de las máquinas.

Las salidas del proceso de crushing serán, por un lado el aceite de Jatropha, que será almacenado en el tanque de aceite; y la torta, que será almacenada en silos. Se estableció como política de días de giro para ambos outputs del proceso, 15 días. El dimensionamiento del silo y tanque de almacenamiento será:

- Un silo con una capacidad de 3000 Tn de torta
- 5 tanques de aceite de 250 m³ cada uno

La política de días de giro adoptada para la materia prima es de 30 días, por lo que se necesitará un silo con una capacidad de 6000 Tn de semillas de Jatropha.

Precios

Precio de adquisición de las semillas de Jatropha

Como se comentó anteriormente, la materia prima que abastecerá la planta de crushing serán las semillas de Jatropha obtenidas en la fase agrícola. En el escenario 1, donde se planteará como proyecto la inversión en una planta de crushing para extraer aceite de Jatropha, las semillas (materia prima) serán compradas a un proveedor. Para esta etapa se asumirá que el precio de las semillas es 15% mayor al costo de obtención de las mismas, ya que no existe un mercado donde esté el precio establecido. El criterio utilizado fue buscar el margen que se utiliza para comercializar otros cultivos, en particular el del Ricino, por ser este un cultivo de la familia de la Jatropha. En el escenario 2, donde se planteará como

proyecto la inversión en ambas etapas, es decir en la fase agrícola y en la planta de crushing, no habría un margen sobre el costo de obtención de las semillas, ya que el output de una etapa sería el input de otra. Así, el costo de adquisición de las semillas a utilizar en el Escenario 1 es de 82,33 USD/Tn de semillas, siendo el costo de obtención de 71,59 USD/Tn; y en el Escenario 2, el costo de adquisición de semillas será nulo.

Precio de venta del aceite de Jatropha

El precio de comercialización del aceite de Jatropha no está establecido, sin embargo, para garantizar que haya un mercado inicialmente, será necesario dar un beneficio económico frente a los aceites que le compiten, ya establecidos en el mercado. Para que este descuento resulte atractivo para los fabricantes de biodiesel, el ahorro debería ser al menos un 5% del costo total de este insumo. Considerando una planta de biodiesel con una capacidad de procesamiento de 200.000 toneladas de aceite por año, la producción total anual de aceite de la planta de crushing del proyecto de Jatropha representará el 12,25% de su necesidad de materia prima (24.500 Tn de aceite/ año). Para variar un 5% su costo de materia prima, es necesario ofrecer un descuento del 41% sobre el precio del aceite crudo de Soja. Se tomará el precio del aceite crudo de soja FAS como referencia, por ser este un producto sustituto del aceite de Jatropha en el mercado de aceites para biodiesel y el de mayor volumen en nuestro país. Si bien existen plantas de producción de biodiesel de menor escala, para las cuales se necesitaría un menor porcentaje de descuento sobre el precio del aceite de soja para reducir sus costos de materia prima en un 5% (aumentando la utilidad del proyecto), se consideró esta escala porque las plantas de esta capacidad (o más) son más representativas de la industria. Este tipo de plantas de biodiesel exportan, por lo que les interesa que los aceites utilizados cumplan con los requerimientos de sustentabilidad internacionales, como lo hace el aceite de Jatropha. Por lo tanto, las plantas de biodiesel de esta capacidad son un potencial comprador del aceite de Jatropha como insumo. El cálculo realizado para obtener el porcentaje de descuento sobre el precio del aceite de soja fue el siguiente:

$$\begin{array}{r}
 \frac{24.500}{200.000} = 0,1225 \\
 \frac{0,1225}{0,05} = 0,41
 \end{array}$$

En nuestro país, el aceite de soja para exportación tiene un 32% de retenciones sobre el precio FOB (precio del aceite crudo de soja FOB: 846 USD/Tn⁷), obteniendo así el precio FAS. Si hubiera cambios en las retenciones, afectaría directamente al precio del aceite de soja, y así al precio de comercialización del aceite de Jatropha que se debería ofrecer a los productores de biodiesel para que les resulte atractivo, y así asegurar una demanda. Esto tendría una incidencia directa sobre la facturación, y consecuentemente con la utilidad neta del proyecto.

Precio de comercialización de la Torta de Jatropha

Otro subproducto de la fase de extracción de aceite es la Torta de Jatropha. Como se mencionó anteriormente, la torta tiene distintos usos, entre ellos el de fertilizante orgánico y el de alimento para ganado. En los escenarios a analizar se considerará que la Torta de Jatropha se utilizará como fertilizante para la misma plantación, sin embargo se tendrá en cuenta la variable “Precio de la Torta de Jatropha” para estudiar la sensibilidad de la Utilidad Neta a su variación. El valor comercial de la Torta es mayor cuando se la utiliza como alimento para ganado, pero tiene los siguientes inconvenientes asociados:

1. Aún no se identificó la tecnología para desactivar la torta, es decir, para quitarle la toxicidad, ni cuál es el costo de este proceso.
2. No existe un precio de mercado para la Torta de Jatropha (desactivada o sin desactivar). Sin embargo, podría considerarse el precio de mercado de la Torta de Ricino sin desactivar⁸, ya que este cultivo es de la familia de la Jatropha y la torta resultante de su proceso de extracción de aceite también es tóxica, siendo representativa del precio que podría adoptar la Torta de Jatropha en el mercado. El precio de este commodity es de 78 USD/Tn.

En el modelo se considerará que la torta de Jatropha se utiliza como fertilizante para la plantación propia, y en el capítulo V se evaluará cómo impactaría incurrir en el costo variable de los fertilizantes y vender la Torta de Jatropha como alimento para ganado.

A continuación se presentarán las variables, sus valores y unidades tomados para la etapa de extracción de aceite, en el Escenario 1. Las celdas blancas representan

⁷ Valor al 25/10/2009

⁸ <http://www.seaofindia.com/> Noviembre 2009

valores calculados, las amarillas son variables cuyo valor es considerado como dato, y las verdes son aquellas variables dato que se tendrán en cuenta en el Tornado como supuesto.

VARIABLES ECONÓMICAS		
Margen de la venta de semillas de Ricino	15%	%
Costo de producción de la semilla	82,33	USD / Tn
Precio Referencia (aceite crudo de Soja FAS)	575	USD / Tn
% de descuento sobre Precio de Referencia	41%	%
Precio Aceite de Jatropha (Ex Works)	339	USD / Tn
Tarifa de Gas Natural	0,82	\$AR / m3
Tarifa de Energía Eléctrica	0,24	\$AR / Kwh
Sueldo Bruto Operario de Planta	4000	\$AR / mes
Sueldo Bruto Técnico Mantenimiento	3500	\$AR / mes
Gasto de Mantenimiento Anual (repuestos)	2%	% sobre valor de máquinas
Tasa de Cambio	3,85	\$AR / USD
Alícuota impuesto a las Ganancias	35%	%
Precio del aceite crudo de Soja FOB	846	USD / Tn
Retenciones	32%	%
Precio de la Torta de Jatropha sin desactivar	0	USD / Tn

Tabla 4.9

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina

VARIABLES TECNOLÓGICAS		
Humedad de semilla luego de cosechada	13,00%	% w/w
Humedad de semilla para proceso	10,00%	% w/w
Pérdida de volúmen durante el secado	3,00%	% w/w
Capacidad de procesamiento (semilla seca)	200	Tn / día
Rendimiento en la extracción de aceite	35,00%	% w/w (Tn aceite / Tn semilla)
Rendimiento en la generación de torta	62,00%	% w/w (Tn torta / Tn semilla)
Días de operación al año	350	días/año
Consumo eléctrico	160	Kwh / Tn semilla procesada
Consumo GN para secado de semilla	6,2	m3 / Tn semilla a secar
Consumo GN Caldera Planta Crushing	32	m3 / Tn semilla seca a procesar
Operarios de Planta	2	Operarios por turno

Tabla 4.10

Mano de Obra

	Turnos / día	Cantidad / turno	Sueldo Bruto Mensual (AR\$)
Operario de Planta	3	2	4.000
Técnico de Mantenimiento	1	1	3.500
Total mensual (AR\$)			27.500
Total anual (AR\$)			357.500

Tabla 4.11

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina

	USD
INVERSION EN ACTIVO FIJO	4.712.950
INVERSION EN CAPITAL DE TRABAJO	429.568
INVERSION TOTAL PLANTA CRUSHING	5.142.518

Tabla 4.12

A continuación, se detallan las inversiones en activo fijo y en capital de trabajo que se necesitan realizar para la etapa de extracción de aceite para una planta de crushing de 200 Tn/día.

DETALLE DE INVERSION					
					CAPACIDAD EN TN/DIA 200
<u>Equipos de proceso</u>					
Descascaradora					\$ 180.000
Equipos de limpieza de grano (zarandas, silo secador).					\$ 130.000
Línea de Crushing Llave en Mano*					\$ 2.420.000
TOTAL INVERSION EN EQUIPOS DE PROCESO					\$ 2.730.000
<u>Conexiones y Servicios</u>					
Transformador y Obra eléctrica					\$ 30.000
Requerimientos de Seguridad					\$ 10.000
Caldera de Vapor					\$ 20.000
Cableado y Conexiones (4% del valor de la maquinaria)					\$ 109.200
TOTAL INVERSION EN CONECCIONES Y SERVICIOS					\$ 169.200
<u>Obra Civil</u>					
Balanza para camiones					\$ 15.000
Galpón 15 x 20					\$ 55.000
Oficinas					\$ 45.000
TOTAL INVERSION OBRA CIVIL					\$ 115.000
<u>Instalaciones de Almacenamiento</u>					
		Días de Stock	Capacidad		
Silos de semilla	100 USD/Ton	30	6.000	Tn	\$ 600.000
Silos de torta	100 USD/Ton	15	3.000	Tn	\$ 300.000
Tanques de Aceite	1 tanque 250 m3 = 175.000 USD	15	1.147.541	Litros	\$ 743.750
TOTAL INVERSION INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO					\$ 1.643.750
TERRENO (1 hectárea proxima a servicios pero fuera de parque industrial - zona rural)					\$ 25.000
INVERSION EN SERVICIOS: Estudio de ingeniería básica, impacto ambiental, topográficos, consultoría, etc.					\$ 30.000
TOTAL INVERSION EN ACTIVO FIJO					\$ 4.712.950
<u>Capital de Trabajo (Stocks)</u>					
		Días de Stock	Capacidad		
Stocks de Semilla		30	6.000	Tn	\$ 428.633
TOTAL INVERSION EN CAPITAL DE TRABAJO					\$ 428.633
*) Incluye: Cocinador de Vapor, Prensa Mecánica, Decantadores de Aceite, Enfriador de Torta, interconexiones entre equipos y montaje					

Tabla 4.13

Para evaluar la rentabilidad del proyecto y los años de recupero de la inversión, es necesario calcular el costo total anual de producción de la planta de crushing.

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina

REQUERIMIENTOS PLANTA CRUSHING	Por año
Semillas de Jatropha sin secar (Tn)	72.165
GN para secado de semilla (m3)	447.423
GN para planta Crushing (m3)	2.240.000
Electricidad (Kwh)	11.200.000

COSTOS VARIABLES	USD/año
Semillas de Jatropha	5.941.616
Electricidad	698.182
Natural Gas	572.386
TOTAL COSTOS VARIABLES	7.212.184

COSTOS FIJOS	USD/año
Mano de Obra	92.857
Mantenimiento	54.600
Amortización	365.948
TOTAL COSTO FIJO	513.405

COSTOS TOTALES PLANTA CRUSHING	7.725.589
---------------------------------------	------------------

Por último, para calcular la utilidad neta del proyecto y los años de recupero de la inversión, se considerarán las ventas al precio de venta del aceite de Jatropha (41% de descuento sobre el precio del aceite crudo de soja FAS). Las celdas que se muestran pintadas de fucsia representan las variables que se utilizarán en el Tornado como variables a pronosticar

PRODUCCION	Por año
Torta de Jatropha (Tn)	43.400
ACEITE CRUDO DE JATROPHA (TN)	24.500

VENTAS	USD/año
Torta de Jatropha	0
ACEITE CRUDO DE JATROPHA	8.315.672
VENTAS TOTALES	8.315.672

UTILIDAD	
Utilidad Bruta	590.084
Impuesto a las Ganancias	206.529
Utilidad Neta	383.554

CASH FLOW	
Utilidad Bruta	590.084
Amortización	365.948
Impuesto a las Ganancias	206.529
Cash Flow Anual	749.502

AÑOS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA PARA RECUPERO DE INVERSION	6,9
--	------------

Escenario 2: Fase agrícola y extracción de aceite

En este escenario, como se mencionó anteriormente, se unificarán las dos etapas descritas anteriormente: la fase agrícola y la extracción de aceite. Se desarrollará la estructura de costos totales y las inversiones necesarias para llevar a cabo ambas etapas, para así poder calcular la Utilidad Neta de este proyecto en un año de régimen productivo, y los años de recupero de la inversión.

Solo se modificarán las siguientes variables económicas para analizar el escenario 2. Cabe destacar que en las variables de entrada, el margen sobre el costo de producción de las semillas es nulo, ya que se utilizará como input de la etapa de extracción de aceite, al output de la fase agrícola: el costo de la semilla de Jatropha será igual a los costos incurridos durante la fase agrícola.

VARIABLES ECONÓMICAS		
Margen de la venta de semillas de Ricino	0%	%
Costo de producción de la semilla	71,59	USD / Tn

Tabla 4.14

A continuación se presentan los resultados económicos para un proyecto en el cual se invierte en ambas etapas del ciclo productivo, es decir en la fase agrícola para obtener la semilla de Jatropha y en la planta de crushing para la extracción de aceite (escenario 2).

	USD
INVERSION EN ACTIVO FIJO	50.367.228
INVERSION EN CAPITAL DE TRABAJO	494.003
INVERSION TOTAL ESCENARIO 2	50.861.231

Tabla 4.15

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina

COSTOS VARIABLES	USD/año
Costos variables de la Plata de Crushing	1.270.568
Costos variables de la fase agrícola	764.747
TOTAL COSTOS VARIABLES	2.035.315

COSTOS FIJOS	USD/año
Costos fijos de la Plata de Crushing	513.405
Costos fijos de la fase agrícola	4.401.875
TOTAL COSTO FIJO	4.915.280

COSTOS TOTALES	6.950.595
-----------------------	------------------

PRODUCCION	Por año
Torta de Jatropha (Tn)	43.400
ACEITE CRUDO DE JATROPHA (TN)	24.500

VENTAS	USD/año
Torta de Jatropha	0
ACEITE CRUDO DE JATROPHA	8.315.672
VENTAS TOTALES	8.315.672

UTILIDAD	
Utilidad Bruta	1.365.077
Impuesto a las Ganancias	477.777
Utilidad Neta	887.300

CASH FLOW	
Utilidad Bruta	1.365.077
Amortización	3.577.516
Impuesto a las Ganancias	477.777
Cash Flow Anual	4.464.816

AÑOS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA PARA RECUPERO DE INVERSIÓN (ESCENARIO 2)	11,4
--	------

Para calcular los años de recupero de la inversión del proyecto total (fase agríola + extracción de aceite), es necesario considerar el tiempo necesario hasta que la plantación alcance su régimen de producción estable. Es decir, el recupero de la inversión total serían 11,4 años, más los 5 años iniciales para plantar y desarrollar el cultivo. Así, se obtendría **un tiempo de recupero de la inversión total de 16,4 años.**

Cabe destacar que la utilidad neta anual de ambos escenarios para un año de régimen productivo es positiva. Como era de esperarse, el escenario 2 cuenta con una Utilidad Neta mayor, consecuencia de que no debe afrontar el costo de adquisición de las semillas de Jatropha (que es mayor que su costo de cultivo, debido al margen del agricultor). Por otro lado, el escenario 2 tendrá un período de recuperación de la inversión mucho mayor, puesto que la vida útil del proyecto es mayor.

Para el escenario 1, la inversión se recuperaría en 6,9 años. Este tiempo es aceptable para la dimensión de la inversión, ya que se espera que sea dentro de los 4 a 7 años. Para el escenario 2, es de **16,4 años**. Para analizar si este valor es aceptable, habría que analizar por un lado la dimensión de la inversión y por el otro la duración del proyecto. Se calculará un tiempo máximo de recuperación de la inversión aceptable, ponderando según la inversión los tiempos de recupero de cada etapa (7 años para la fase de extracción de aceite y 20 para la fase agrícola):

$$\frac{5.206.953}{50.861.231} \times 7 + \frac{45.654.278,4}{50.861.231} \times 20 = 18,67$$

Como el recupero de la inversión total es menor que el calculado, se consideraría aceptable.

Definición de las variables

Como se mencionó anteriormente, se buscará, mediante la utilización de la herramienta Tornado del Crystal Ball, identificar los problemas más importantes. Si bien con este criterio de priorización se estará dejando fuera a variables de importancia que no se ven reflejadas en el modelo por no tener incidencia sobre la utilidad neta del proyecto (por ejemplo el impacto social o al medioambiente), se tendrá en cuenta a la hora de proponer las soluciones.

A continuación, se presentarán las variables utilizadas, y por qué dan cuenta de los problemas identificados en el capítulo III. Las distribuciones de probabilidad utilizadas se adjuntan en el Anexo II.

1. Capacidad de Recolección (Kg de semillas/día/persona): Esta variable es fundamental en lo que refiere a la cantidad de cosecheros que se necesitarán contratar para recolectar la cantidad diaria requerida de frutos. Si la recolección fuera manual, se necesitarían 10.000 cosecheros diarios aproximadamente, mientras que siendo semimecanizada se requieren 137 cosecheros y 137 operadores de la maquinaria por día. Esto representa un importante ahorro en los costos, ya que la recolección manual es muy intensiva en mano de obra. Ahora bien, si la cantidad de frutos que recolectan por día variara, o si se pasara a una recolección totalmente mecanizada, incidiría directamente en la mano de obra.

2. % de Extracción de Aceite (% p/p): Además de no disponer de datos precisos sobre el porcentaje de aceite en semilla (pues varía según la región de cultivo y la especie de Jatropha), el porcentaje de extracción de aceite varía según la tecnología utilizada. Por lo tanto, esta variable da cuenta de cuánto puede influir la falta de tecnología especialmente diseñada para este cultivo sobre la utilidad neta del proyecto.
3. Jornal cosechadores (ARS/día): Esta variable, al igual que la capacidad de recolección, da cuenta de cuán importante es la intensidad de mano de obra para la cosecha semimecanizada de la Jatropha.
4. Sueldo Bruto Mensual de operadores de máquina vibradora manual (ARS/día): Esta variable, al igual que la capacidad de recolección, da cuenta de cuán importante es la intensidad de mano de obra para la cosecha semimecanizada de la Jatropha.
5. Rendimiento de semillas (Tn/Ha): Esta variable da cuenta de la falta de domesticación de la planta, pues si bien se sabe que si se plantan con la estructura de 2m x 2m, se tendrán 2500 plantas/Ha y que a su vez cada planta dará 3Kg de semillas por año, este valor puede variar según el régimen de lluvias, tipo de suelo, especie de la planta, entre otros factores. Así la falta de domesticación de la planta y la falta de experiencia pueden afectar la utilidad neta, ya que de no alcanzarse el valor promedio se necesitarían más hectáreas para abastecer la planta de crushing, o bien existiría capacidad ociosa.
6. Costo del plantín de Jatropha (USD/plantín): Si bien esta variable forma parte de las inversiones de la fase agrícola, es decir que influirá sobre la utilidad como un cargo diferido, representa más de un 62% de la inversión de esta etapa. Si este valor disminuyera o aumentara, impactaría sobre el costo de la semilla de Jatropha, y así en el período de recupero de la inversión y la utilidad. Cuando se trate del proyecto unificado (ambas etapas), impactará significativamente en el período de recupero, pues esta inversión afectará el cash-flow del proyecto. Esta variable da cuenta del problema de que aún no esté muy desarrollado el mercado de plantines, de la falta de proveedores de plantines (manejarán el precio), y también de la falta de conocimiento sobre la planta.
7. Costo del terreno para fase agrícola (USD/Ha): Esta variable da cuenta del problema de localización, pues habrá variabilidad en el costo del terreno según la región del país donde se vaya a cosechar.
8. Know-how de Jatropha -dos expertos durante 3 años- (USD): Esta variable representa la falta de Know-how en lo que refiere a la Jatropha. En este caso se supuso que se contratarán 2 personas para asesorar durante 3 años a los ingenieros agrónomos, a quienes se les pagará USD 200.000.
9. Tasa de falla del cultivo: Esta variable da cuenta de la falta de domesticación del cultivo, ya que si la tasa de supervivencia del cultivo fuese menor (o la

tasa de falla mayor), se necesitarían más hectáreas plantadas y todos los costos asociados a trabajar esa tierra. Para el modelo, se supuso que un 25% de los plantines no funcionarían, lo que incrementa la cantidad de plantines a plantar para alcanzar la cantidad de semillas requeridas por la planta de crushing.

10. % de descuento sobre el Precio de Referencia (%): Esta variable da cuenta de que al no existir otro mercado o aplicación industrial para el aceite de Jatropha que no sea el biodiesel, y al no existir un precio de mercado establecido para el aceite de Jatropha, el productor se ve obligado a ofrecer beneficios frente a otras oleaginosas para garantizar la demanda del aceite para fabricar biodiesel, teniendo una alta dependencia y riesgo asociado a la industria del biodiesel.
11. Capacidad de procesamiento de la Planta de Crushing (Tn de semillas/día): Esta variable pretende mostrar cómo afectará la escala a la utilidad del negocio.
12. Consumo eléctrico (Kwh/Tn semilla procesada): Esta variable es el costo más significativo de la etapa de extracción del aceite, en lo que refiere a operación de la planta de crushing.
13. Precio del Aceite crudo de Soja FOB (USD/Tn): Esta variable representa el problema de la dependencia con el precio de otros cultivos por no haber un precio de mercado definido para el aceite de Jatropha. En el caso de nuestro país, se estableció la dependencia con el precio del aceite crudo de soja, por ser el principal cultivo que producimos y exportamos actualmente. Por otro lado, la inestabilidad de la demanda agregada del biodiesel (como producto genérico, independientemente de su fuente), por su dependencia de las fluctuaciones de la demanda de diesel de petróleo (producto complementario), hará que la demanda del aceite para fabricar biodiesel y su precio sean también inestables. La inestabilidad en el precio del aceite crudo de soja, determinará también inestabilidad en el precio del aceite de Jatropha, impactando sobre las ventas, y la utilidad del proyecto.
14. Retenciones a la exportación de Aceite crudo de Soja (%): Esta variable da cuenta de cómo afectan al proyecto las regulaciones sobre el mercado de commodities agroindustriales en nuestro país. Si bien las retenciones al precio de exportación no es el único modo de regular la industria, es una medida que afecta directamente a las exportaciones. Al tener un gran potencial de exportación, por la alta calidad del aceite de Jatropha, esta variable impactará sobre la facturación y la utilidad neta del proyecto.
15. Margen de venta de las semillas de Ricino: Esta variable se tomó como referencia para evaluar cuál será el costo de adquisición de las semillas de Jatropha para alimentar la planta de crushing del Escenario 1. Si bien no se busca evaluar cómo impactará el margen de las semillas de Ricino, si se

pretende entender cómo afectará el cambio en el costo de adquisición de la materia prima (semillas) sobre la utilidad del proyecto. Esta variable está íntimamente relacionada con la falta de un precio de mercado para esta materia prima.

16. Precio de la torta de Jatropha: Si bien en los dos escenarios planteados se supuso que la Torta de Jatropha producida como subproducto del proceso de extracción de aceite se utilizaría como fertilizante de la misma plantación (dado que aún no se cuenta con la tecnología y el costo para desactivarla), existe la posibilidad de comercializarla. Así, se busca poder contemplarla en el modelo mediante la inclusión de esta variable. Esta variable da cuenta del problema de la falta de un precio de mercado para la Torta.

Si bien se incluyó la variable “Precio de la Torta de Jatropha” en el modelo, existen otros problemas asociados a este subproducto que no se verán reflejados, pero son de importancia económica para el proyecto:

- No existe una demanda de la torta, ya que aún existe incertidumbre sobre el proceso para desintoxicarla y que así la misma pueda ser utilizada como alimento para ganado (mayor volumen y precio que el fertilizante). Este es un problema de mercado, que deriva del problema técnico de cómo desintoxicar la torta.
- No existe un precio de mercado establecido para la torta de Jatropha. Por el momento, tampoco existen otras aplicaciones o mercados que no sean el de fertilizante.

Una vez que el problema técnico de desintoxicar la torta se solucione, aumentará la utilidad del proyecto. En el modelo planteado, la torta resultante del proceso de crushing es utilizada como fertilizante para la plantación propia. Sin embargo, en la aplicación de alimento para ganado (por su alto contenido proteico) tendría un valor comercial más alto, aumentando la rentabilidad del negocio.

Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad para priorizar los problemas se hará sobre las siguientes variables de salida:

1. Utilidad Neta para el Escenario 1 (la Planta de Crushing)
2. Utilidad Neta para el Escenario 2 (Proyecto Total)
3. Años de recuperación de la inversión del Escenario 1
4. Años de recuperación de la inversión del Escenario 2

1. Utilidad Neta para el Escenario 1 (la Planta de Crushing)

Variabilidad de la Utilidad Neta de la Planta de Crushing

A continuación se presentarán los resultados del Spider Chart y del Tornado para analizar la variabilidad de la utilidad neta del proyecto de la planta de crushing, correspondiente al Escenario 1.

Como se puede observar en el Spider Chart que se presenta a continuación, el precio de aceite crudo de soja FOB es la variable más significativa en lo que refiere a incidencia sobre la utilidad neta del proyecto ya que es la que más aporta, y lo hace con relación directa. Luego, le siguen el Precio de la Torta de Jatropha también en forma directa, y el porcentaje de descuento sobre el precio de referencia y el porcentaje de retenciones de forma inversa.

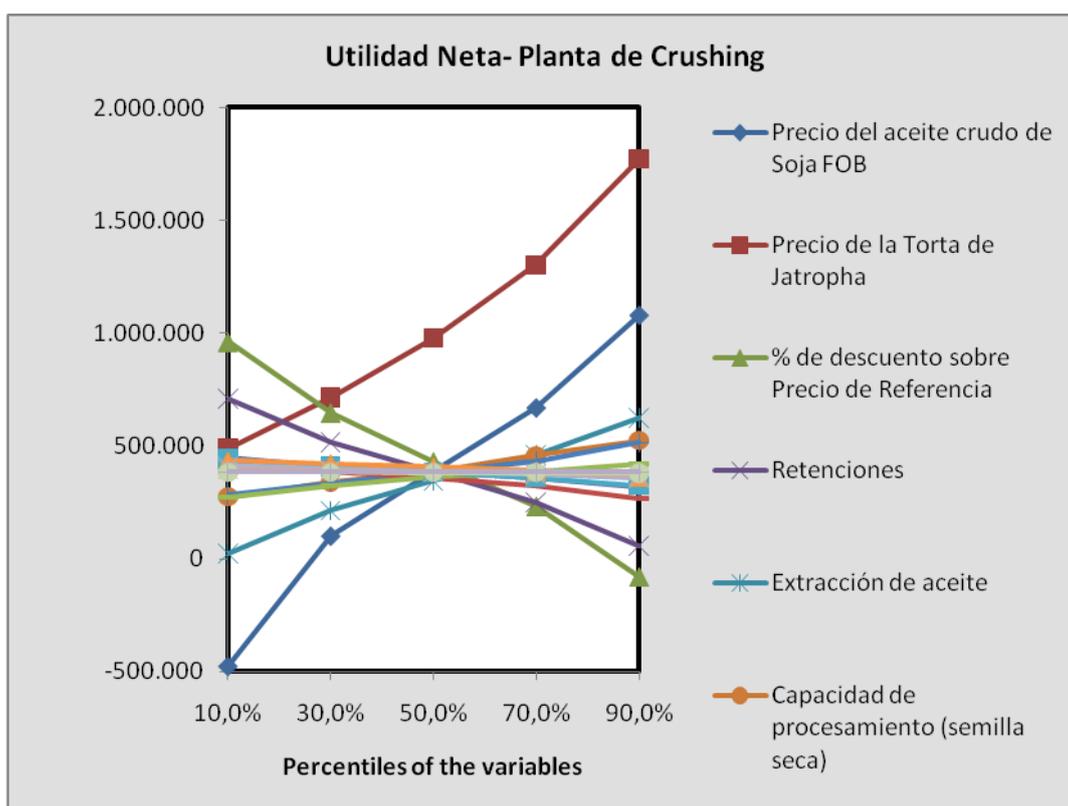


Figura 4.5 Spider Chart - Utilidad Neta (Escenario 1)

En el gráfico de Tornado que se muestra a continuación puede verse que el resultado es coherente, pues las relaciones directas o inversas con la Utilidad Neta del proyecto son lógicas. Por ejemplo, puede verse que si aumentara el precio del aceite crudo de soja FOB (producto sustituto del aceite de Jatropha) o si aumentara

el precio de venta de la Torta de Jatropha, aumentaría la Utilidad Neta del proyecto (porque aumentaría también el precio de venta del aceite de Jatropha o se tendrían mayores ingresos por venta de la torta), mientras que si aumentaran las retenciones sobre el precio del aceite de soja o el porcentaje de descuento sobre el precio de referencia, disminuiría la utilidad (porque disminuiría también el precio de venta del aceite de Jatropha). También puede verse que si aumentara el porcentaje de extracción de aceite o la capacidad de procesamiento de la planta de crushing, aumentaría la utilidad del proyecto ya que se estaría optimizando la cantidad de aceite utilizado, y la operación de la planta. Por último, si se lograra aumentar el rendimiento de semillas obtenidas por hectárea, también estaría aumentando la utilidad.

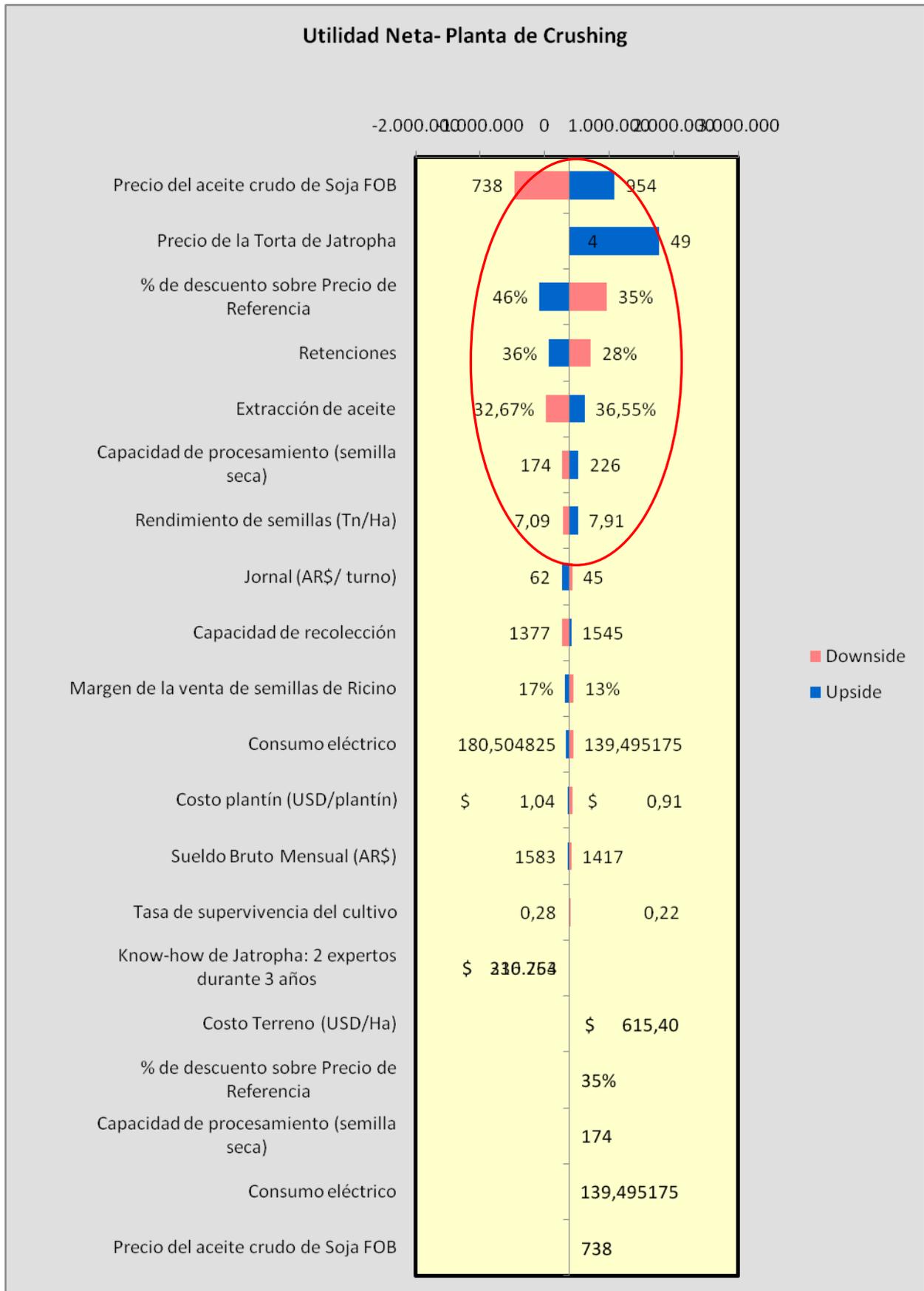


Figura 4.6 Tornado Chart - Utilidad Neta (Escenario 1)

De este análisis resultan las siguientes variables como más significativas:

- Precio del aceite crudo de soja FOB
- Precio de la Torta de Jatropha
- % de descuento sobre el precio de referencia
- % Retenciones a la exportación de Aceite de Soja
- % Extracción de aceite de Jatropha
- Capacidad de procesamiento de semillas por día de la planta de crushing
- Rendimiento de semillas (Tn/Ha)

Además, se considerará como una variable importante a la capacidad de recolección. En este análisis no se ve reflejado la incidencia que tendrá sobre la utilidad del proyecto porque la distribución de probabilidad que se le asignó fue para una recolección semimecanizada, ya que las inversiones y estructura de costos de la fase agrícola fueron dimensionadas con ese método. Sin embargo, si se cambiara el método de recolección (manual o mecanizada), se notarían fuertes impactos en la rentabilidad. A continuación se muestra cuál sería **el costo de obtención de la semilla con recolección manual**, para poder apreciar la importancia de esta variable para la rentabilidad del negocio. El sistema mecanizado se dejará para el capítulo de mejoras, donde se buscará mejorar el método utilizado actualmente (semimecanizado).

- Capacidad de recolección (Kg semillas/día)

REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA Y MAQUINARIA PARA FASE COSECHA		
Máquinas por día	10309	
Operadores de máquinas	10309	
Cosecheros	10309	
Cantidad de capataces por día	257	
Capacidad de recolección	20	Kg de semillas / día
Cantidad de Tractores	48	1 cada 200 Has apróx
Cantidad de Tractoristas	48	

Tabla 4.16

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina

MANO DE OBRA

Mano de Obra por Jornal		Cantidad de turnos/ día	Jornal (AR\$/ turno)
Cosecheros (JORNAL)		10309	50
Capataces		257	70
		Total MO variable	186.708.871
Mano de Obra por Mes	Turnos (10 hs)/ día	Cantidad/ turno	Sueldo Bruto Mensual (AR\$)
Operadores de máquinas vibradoras manuales	1	0	1500
Ingenieros agrónomos	1	10	5000
Tractoristas	1	48	2000
		Total MO fija	1.898.000
TOTAL MANO DE OBRA ANUAL (AR\$)			188.606.871

Tabla 4.17

	USD
INVERSION EN ACTIVO FIJO	41.400.533
INVERSION EN CAPITAL DE TRABAJO	0
INVERSION TOTAL FASE CULTIVO	41.400.533

Tabla 4.18

COSTOS VARIABLES	USD/año
Mano de obra	48.495.811
Gasoil y lubricantes	24.632
Agroquímicos	96.220
TOTAL COSTOS VARIABLES	48.616.662

COSTOS FIJOS	USD/año
Mano de Obra	492.987
Mantenimiento	1.109
Amortización	2.076.060
Cargos diferidos	820.842
TOTAL COSTO FIJO	3.390.998

COSTOS TOTALES ANUALES FASE AGRÍCOLA	52.007.660	USD / año
---	-------------------	------------------

PRODUCCION	Por año	
Semillas de Jatropha	72.165	Tn / año

Costo unitario	720,68	USD / Tn
-----------------------	---------------	-----------------

En este caso, si se mostraran los resultados del tornado sobre la utilidad neta, se vería que la variable más significativa en cuanto a la variabilidad es la Capacidad de recolección de frutos.

2. Utilidad Neta para el Escenario 2 (Proyecto Total)

Variabilidad de la Utilidad Neta del Proyecto Total

A continuación se presentarán los resultados del Spider Chart y del Tornado para analizar la variabilidad de la utilidad neta del proyecto total (fase agrícola + planta de crushing), correspondiente al Escenarios 2.

Como se puede observar en el Spider Chart que se presenta a continuación, al igual que en el análisis de la variabilidad de la Utilidad Neta para el Escenario 1, el precio de aceite crudo de soja FOB es la variable más significativa en lo que refiere a incidencia sobre la utilidad neta del proyecto ya que es la que más aporta, y lo hace también con relación directa. Sin embargo, existe un ligero cambio de pendiente en esta variable. El resto de las variables se observan exactamente igual.

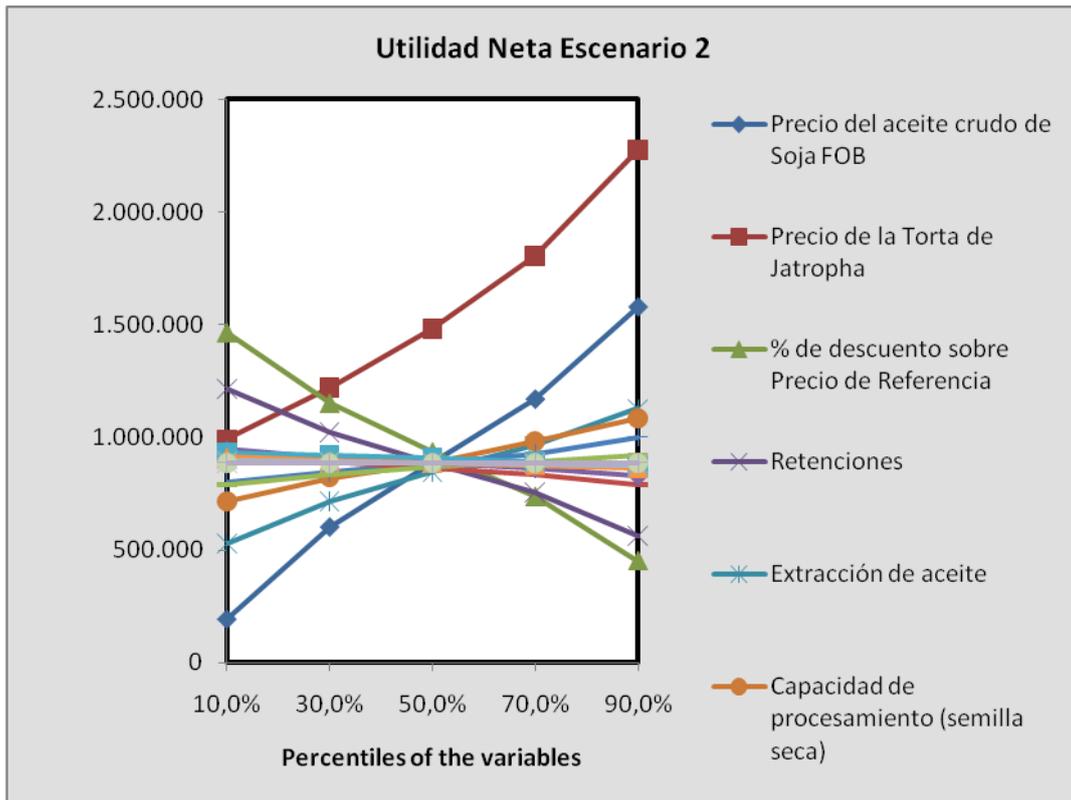


Figura 4.7 Spider Chart - Utilidad Neta (Escenario 2)

En el gráfico de Tornado que se muestra a continuación, puede verse que todas las variables tienen el mismo comportamiento, por lo tanto el mismo orden de importancia, que las presentadas en el Escenario 1. La única excepción, lógicamente, es el Margen sobre el costo de obtención de las semillas de Jatropha (que se utiliza para calcular el costo de adquisición de las mismas). Como era de esperarse, en el Escenario 2 esta variable no tiene influencia alguna sobre la Utilidad Neta del proyecto, puesto que las semillas no se adquieren a un costo determinado, sino que se producen en una plantación propia.

Así, del análisis de este escenario surgen las mismas variables que las identificadas como significativas en el Escenario 1.

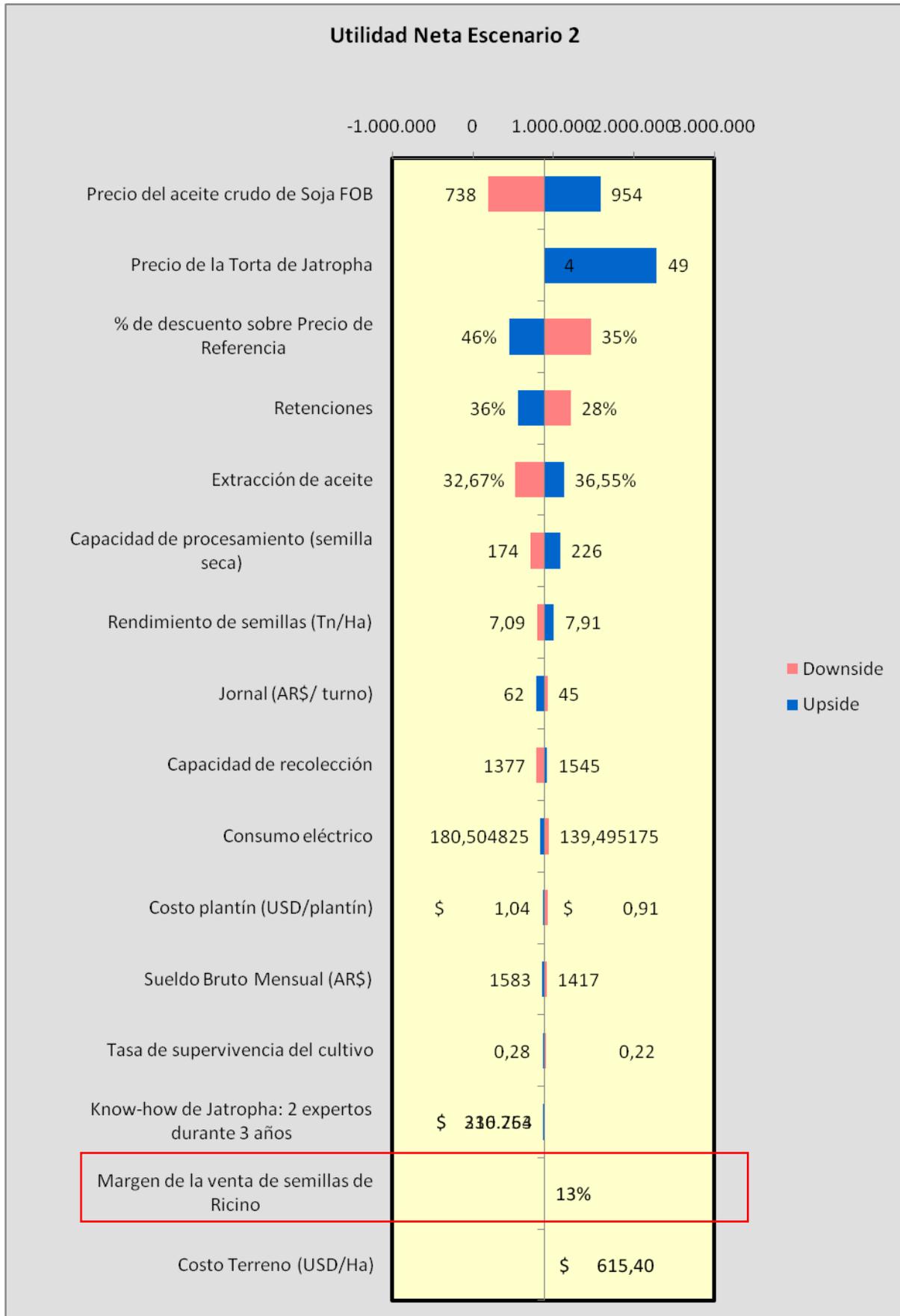


Figura 4.8 Tornado Chart - Utilidad Neta (Escenario 2)

3. Años de recuperación de la inversión del Escenario 1

Variabilidad de los años de recupero de la inversión

A continuación se presentarán los resultados del Spider Chart y del Tornado obtenidos para analizar la variabilidad de los años de recupero de la inversión del proyecto del Escenario 1 (Planta de Crushing).

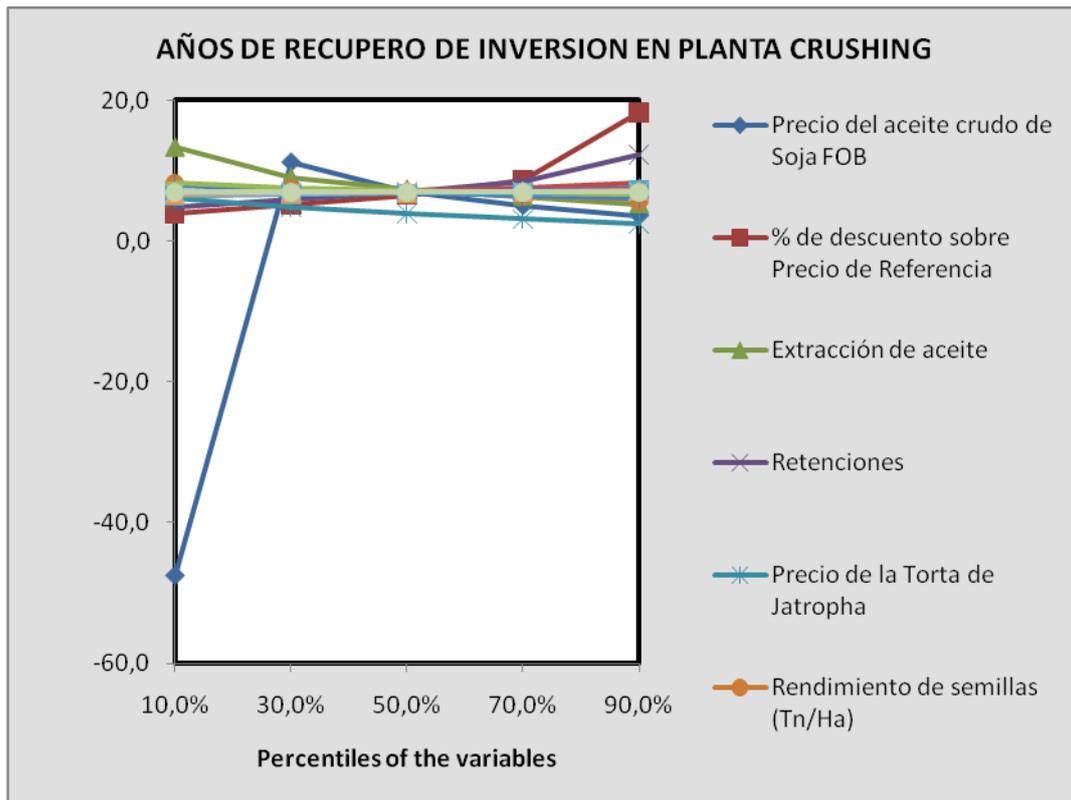


Figura 4.9 Spider Chart – Años de recupero de la Inversión (Escenario 1)

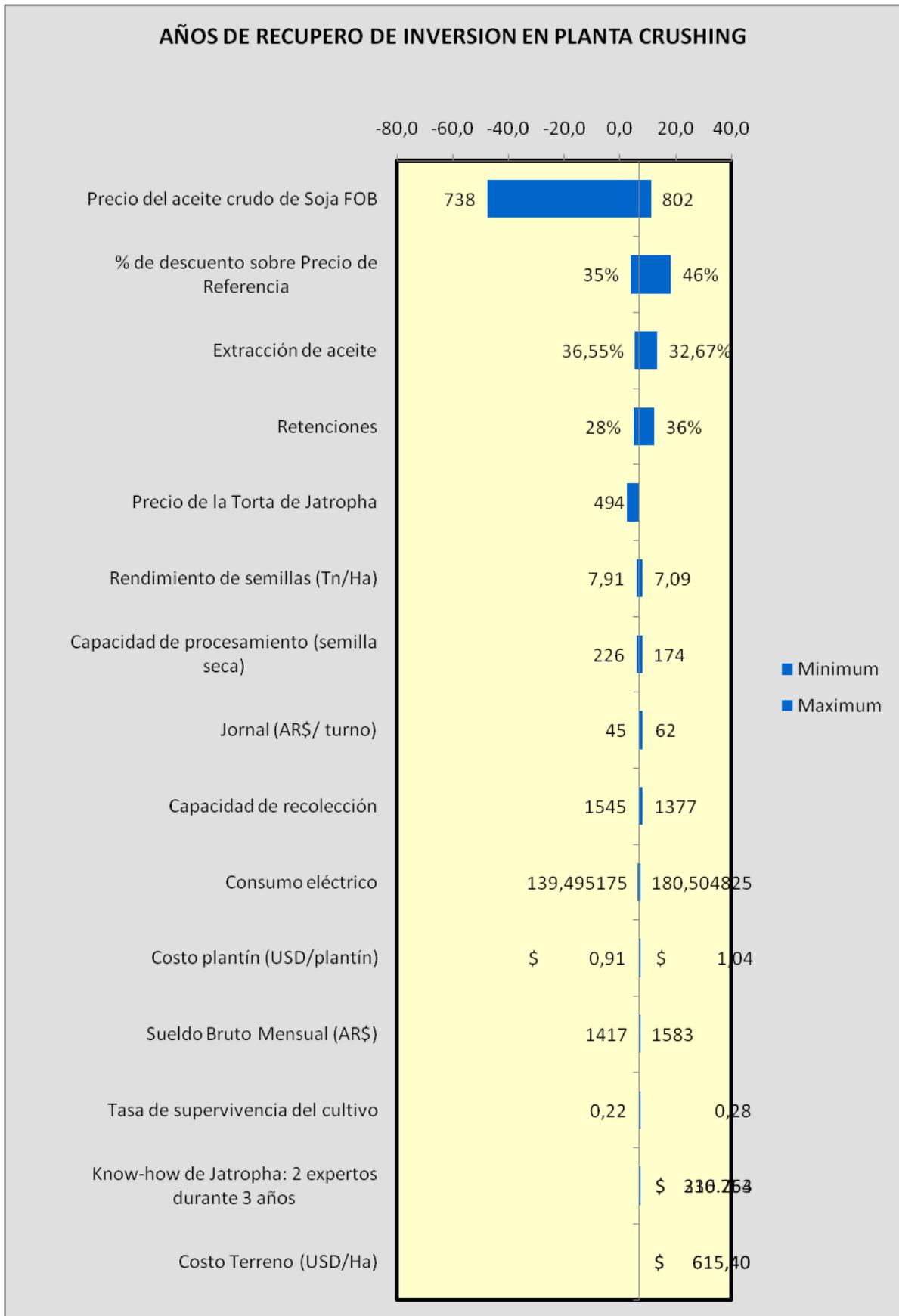


Figura 4.10 Tornado Chart – Años de recupero de la Inversión (Escenario 1)

Como se puede ver en el Spider Chart, el precio del aceite crudo de soja FOB es la variable que más influye en la variabilidad de los años en que vaya a recuperarse la inversión del proyecto, con relación directa hasta un punto, y luego con relación inversa. En el gráfico del Tornado puede verse que todas las barras de las variables son del mismo color; esto ocurre porque al menos una de ellas tiene una relación no-monótona con la salida. Que una variable tenga relación no-monótona con la salida quiere decir que los máximos o mínimos valores de la salida no ocurren en los extremos del rango de evaluación de la variable:

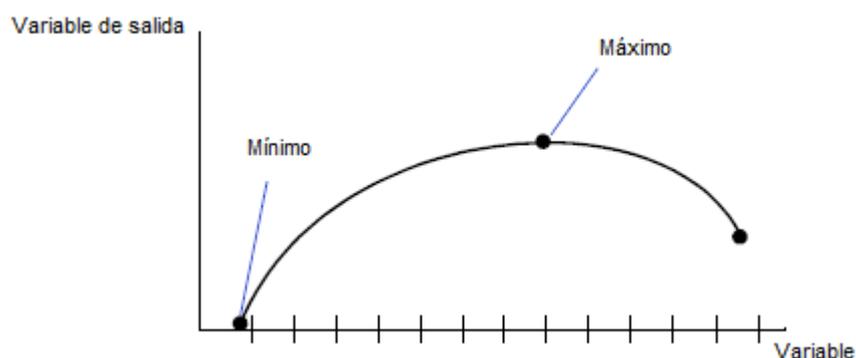


Figura 4.11

A primera vista, la relación del precio del aceite de Soja FOB con la salida debería ser inversa a la salida (período de recupero de la inversión), pues la facturación del proyecto será proporcional a este valor: cuanto mayor sea el precio del Aceite de Soja FOB, mayor será el precio de venta del Aceite de Jatropha, y mayor será la facturación del proyecto, disminuyendo el período de recupero. Sin embargo, puede darse una combinación tal (entre todas las que evalúa el Crystal Ball en una corrida) en la que la variable Precio del Aceite de Soja FOB baje lo suficiente como para que ocasione que la utilidad neta del proyecto se convierta en negativa, y así el período de recupero de la inversión se dispare.

Esta situación no es lógica, y se está dando porque existe correlación entre algunas variables y el modelo no lo está reflejando. El Crystal Ball evalúa cada variable de forma independiente, es decir que mientras hace variar una variable para evaluar su impacto sobre la salida, mantiene al resto con el valor de su celda. Esto quiere decir que, mientras analice la variable Precio del Aceite Soja FOB, los costos de producir el aceite de Jatropha se mantendrán.

Si bien se trata de especies y productos diferentes (semilla de jatropha y aceite de soja), el precio del aceite de soja está correlacionado con el precio del aceite de

jatropha por ser productos sustitutos, y el precio del aceite de jatropha con el precio de la semilla de Jatropha por ser esta su materia prima. Por ende, si una de estas variables disminuyera (por ejemplo el Precio del Aceite de Soja FOB), deberían disminuir todas (algo que esta herramienta no puede representar); y si una aumentara, deberían aumentar todas. Este razonamiento no es tenido en cuenta por el Crystal Ball, y es por eso que conduce a un escenario absurdo. Por esta razón es que el análisis de los años de recupero de la inversión para el Escenario 2 será desestimado y no se tendrá en cuenta para la priorización de problemas.

4. Años de recuperación de la inversión del Escenario 2

Variabilidad de los años de recupero de la inversión

Como se puede ver en el Spider Chart a continuación, al igual que en los mostrados para la Utilidad Neta, el precio del aceite crudo de soja FOB es la variable que más influye en los años en que vaya a recuperarse la inversión de la fase agrícola y de la planta de crushing, con relación inversa.

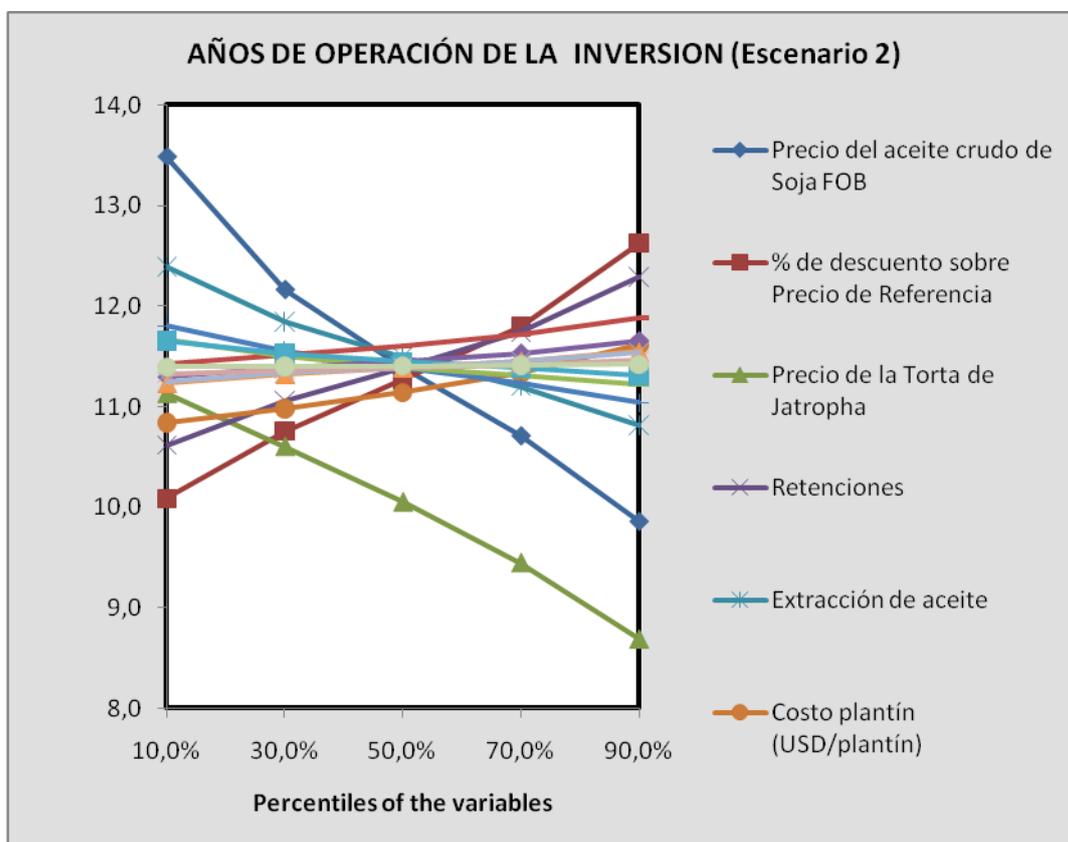


Figura 4.11 Spider Chart – Años de recupero de la Inversión (Escenario 2)

En el Tornado que se muestra a continuación, puede verse que las 5 primeras variables coinciden con las del Tornado para la Utilidad Neta del proyecto, a excepción de las variables Precio de la Torta de Jatropha y % de descuento sobre el precio de referencia que están intercambiadas de orden. Como era de esperarse, las relaciones directas/ inversas son opuestas a las de los análisis de Utilidad Neta.

- Precio del aceite crudo de soja FOB
- % de descuento sobre el precio de referencia
- Precio de la Torta de Jatropha
- % Retenciones a la exportación de Aceite de Soja
- % Extracción de aceite de Jatropha
- Costo del plantín de Jatropha
- Rendimiento de semillas (Tn/Ha)

Cabe destacar que la sexta variable en este análisis difiere a la sexta variable de los análisis que tenían como variable de salida a la Utilidad Neta del proyecto: en este caso, la sexta variable más influyente en la variabilidad de los años de recupero de la inversión es el costo de los plantines. Como se comentó en la descripción de las variables, el costo de los plantines representa más de un 62% de la inversión de la fase agrícola, y casi un 56% de la inversión total del proyecto (en activo fijo y capital de trabajo). Si bien este costo no afecta tanto la Utilidad Neta del proyecto del Escenario 2 (pues afecta los costos como un cargo diferido), sí afectará significativamente el cash-flow del proyecto (se suman las amortizaciones, ya que esa plata no sale efectivamente), y con esto el período de recupero de la inversión. La relación de esta variable con los años de recupero es directa: a mayor costo de los plantines, más años para recuperar la inversión.

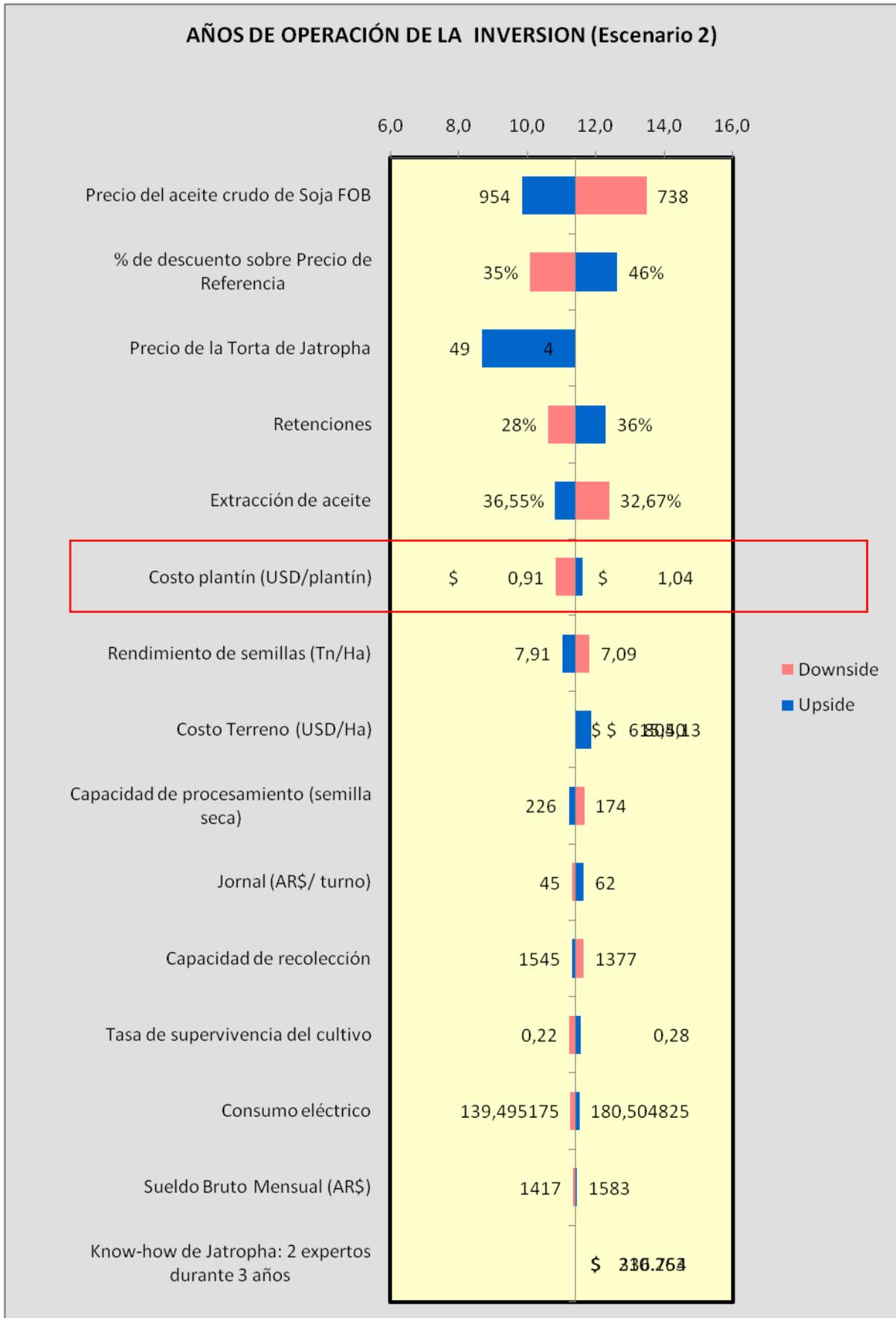


Figura 4.12 Tornado Chart – Años de recupero de la Inversión (Escenario 2)

Resultados de la Priorización de Problemas

Dado que el objetivo es atraer inversiones hacia esta industria y proponer soluciones que faciliten la inversión en el cultivo para que la Jatropha pueda ser desarrollada a nivel industrial en nuestro país, se priorizarán los problemas según lo analizado en ambos escenarios, para ambas variables: Utilidad Neta y Período de recupero de la inversión. Si bien el período de recupero resulta de importancia para los inversores, el costo del plantín no se analizara como un problema a mejorar en el capítulo V, ya que este es un input al modelo que fue previsto por una empresa que los comercializa actualmente en la Argentina, y es difícil poder mejorarlo.

Se agregarán también como problemas prioritarios al tiempo que demoran los arbustos de Jatropha en alcanzar su nivel de producción de régimen, y a la capacidad de recolección de frutos. La primera variable mencionada no fue modelada para el análisis con el Tornado, ya que se consideró directamente un año productivo estable. Sin embargo, este tiempo es muy importante porque durante esos años casi no se obtienen ganancias pero sí se realizan todas las inversiones de la fase agrícola. Es necesario conocer el tiempo que tardan los arbustos en estabilizar su producción, para así poder calcular un período de recupero del proyecto total (escenario 2) más certero. Este problema también está asociado a la falta de know-how (falta de información empírica para afirmarlo) y a la falta de domesticación del cultivo. La segunda variable sí fue tenida en cuenta en el modelo, pero como se describió en el análisis de la variabilidad de la Utilidad Neta para el Escenario 1, no se ve reflejada la incidencia que tendrá sobre la utilidad del proyecto porque la distribución de probabilidad que se le asignó fue para una recolección semimecanizada.

Por lo tanto, los problemas a tratar en Capítulo V son:

- Precio del aceite crudo de soja FOB
- % de descuento sobre el precio de referencia
- % Retenciones a la exportación de Aceite de Soja
- % Extracción de aceite de Jatropha
- Capacidad de procesamiento de semillas por día de la planta de crushing
- Rendimiento de semillas (Tn/Ha)
- Capacidad de recolección (Kg semillas/día)
- Desintoxicación de la torta
- Precio de la Torta de Jatropha
- Tiempo que demoran los arbustos de Jatropha en estabilizar su producción

CAPÍTULO V: TRATAMIENTO DE PROBLEMAS

A continuación se comentarán los problemas priorizados en el Capítulo IV, y se propondrán mejoras para desarrollar la Jatropha como cultivo industrial en la Argentina.

El precio del aceite crudo de soja FOB

El precio del aceite crudo de Soja FOB condiciona el precio interno del Aceite de Soja, que es el precio de referencia considerado en el Capítulo IV para el Aceite de Jatropha. Como fue explicado anteriormente, es válido hacer esta consideración por ser el Aceite de Soja un producto sustituto del Aceite de Jatropha. El principal problema que conlleva es la dependencia del mercado del aceite de soja, que además hace que los productores de Aceite de Jatropha tengan poco poder de negociación frente a los productores de biodiesel. La razón fundamental que da origen a este problema es que el principal producto del proyecto tiene como **único** cliente a los productores de biodiesel, es decir, que el aceite de jatropha tiene como único mercado de destino la industria del biodiesel. Sin embargo, como se describió en el Capítulo II, el Aceite de Jatropha tiene otras aplicaciones industriales posibles.

Una solución a este problema podría ser la *diversificación hacia otros mercados* para desarrollar otras aplicaciones industriales del Aceite de Jatropha. A continuación se citan algunos posibles usos del aceite de Jatropha a nivel industrial:

- Combustible de caldera (heating oil) y generación eléctrica.
- Bioplásticos.
- Generación de electricidad en ámbitos rurales, utilizándolo como combustible de generadores duales junto con biogás (el biogás puede ser fabricado a partir de la torta de Jatropha sin desactivar).
- Combustible para alumbrar y cocinar en zonas rurales.
- Fungicidas.
- Fabricación de jabón (por su alto índice de saponificación) y productos cosméticos (actualmente se fabrica en pequeñas industrias en algunos países).
- Fabricación de lubricantes biodegradables (actualmente ya se hace con el biodiesel, por ejemplo).

Es necesario evaluar la viabilidad de estas aplicaciones a nivel industrial, para así reducir el riesgo que implica la dependencia de un único mercado como cliente: los productores de biodiesel.

El porcentaje de descuento sobre el precio de referencia

Al igual que en el punto anterior, una de las razones fundamentales por las cuales el porcentaje sobre el precio de referencia implica un problema es la dependencia del mercado de biodiesel. Si el uso del aceite de jatropha se diversificara hacia otros mercados, la capacidad de negociación sobre este porcentaje de descuento aumentaría, logrando un efecto positivo sobre el resultado del proyecto.

Otro problema implícito en esta variable es que el productor del Aceite de Jatropha depende de cuánto está dispuesto o puede pagar el productor de biodiesel para garantizar su demanda. Una herramienta con la que cuenta el productor del aceite de Jatropha son los contratos de compra, es decir garantizar su demanda futura a un precio fijo. De este modo, se reduciría el riesgo de mercado de no tener a quién vender la producción de aceite; se reduciría también la exposición a los cambios del precio del aceite crudo de soja y las negociaciones de los descuentos sobre el precio de referencia, que involucran un riesgo por el bajo poder de negociación de los productores. La contracara de establecer contratos de compra con los futuros clientes es que si el cultivo se desarrolla, y aumenta su precio en el mercado, no se podrá percibir en el proyecto como un aumento en la facturación. Sin embargo, considero que es una buena herramienta para reducir el riesgo del proyecto, y así atraer inversiones.

Otro recurso con el que cuenta el productor de Aceite de Jatropha es el de destacar el Valor Agregado de su producto frente al aceite obtenido de otras oleaginosas en lo que refiere a la sustentabilidad del cultivo y cómo satisface las normas de calidad internacionales. Como se describió en el Capítulo III, el biodiesel obtenido a partir del aceite de Jatropha cumple ampliamente con los requerimientos de sustentabilidad en mayor medida que otros obtenidos a partir de otros cultivos. Este hecho le da un aspecto positivo al Aceite de Jatropha, el cual aumenta su valor frente a los productores de biodiesel por ser una materia prima que permite fabricar biodiesel exportable a Europa, por ejemplo.

Así, mediante contratos de compra con los productores de biodiesel para asegurar su demanda y precio de venta, y destacando las ventajas del aceite de jatropha frente al aceite obtenido de otros cultivos, puede aumentarse el poder de negociación, y así mantener o inclusive disminuir el descuento ofrecido sobre el

precio de referencia. Esto tendría un primer impacto en la reducción del riesgo del proyecto, lo que ayudaría a conseguir financiación, y un segundo impacto posible en el aumento de la utilidad del proyecto (si se lograra negociar un menor porcentaje de descuento sobre el precio de referencia).

Las retenciones a la exportación de Aceite de Soja

Las retenciones a la exportación del Aceite de Soja condicionan el precio interno del Aceite de Soja, que es el precio de referencia considerado en el Capítulo IV para el Aceite de Jatropha. Al igual que en el análisis de la variable “Precio del Aceite crudo de Soja FOB”, el problema radica en la dependencia del mercado del aceite de soja por tener como único mercado de destino a la industria del biodiesel.

Una solución a este problema, al igual que en los 2 problemas descriptos anteriormente, sería la diversificación hacia otros mercados para desarrollar otras aplicaciones industriales del Aceite de Jatropha.

Si bien las retenciones a la exportación y el marco legal no pueden ser modificados por quienes evalúen o realicen el proyecto, la modificación de la legislación actual según lo expuesto en el Capítulo III, podría contribuir en mejorar los resultados obtenidos en la industria de los biocombustibles, en particular del biodiesel de Jatropha: ampliación de los beneficios promocionales a industrias exportadoras o que estén fuera del control de productores agropecuarios o del estado; acceso a los mismos a través de criterios claros y con un presupuesto basado en los requerimientos de la industria; menor intervención estatal en el control de precios y cuotas de mercado; incorporar subsidios e incentivos a la producción de cultivos energéticos de segunda generación y a la exportación de tecnología y know-how de Jatropha. Es fundamental que el marco legal incluya una visión a largo plazo, y evitar el solapamiento de la legislación provincial y nacional.

El mundo está apuntando al desarrollo de los cultivos energéticos, fundamentalmente a los de segunda generación. Para que un país en desarrollo como es la Argentina pueda ser competitivo, es necesario que las políticas legislativas acompañen.

La desintoxicación de la torta

Sin dudas, el problema tecnológico de la desactivación de la torta es uno de los de mayor importancia en lo que refiere al desarrollo del cultivo a nivel industrial. Como

se mencionó anteriormente, hoy en día se están llevando a cabo numerosos estudios sobre cómo desactivarla, y varios métodos han sido desarrollados. El problema principal que surge de los métodos desarrollados es el costo.

Como se describió en el Capítulo III, el método que mejores resultados arrojó en lo que refiere a desactivación de los agentes tóxicos (lectin y ésteres forbólicos) fue el tratamiento térmico en 121 °C, durante 30 minutos y con una humedad del 66 %, seguido de 4 veces de lavado con el metanol del 92 %. Los ésteres forbólicos fueron reducidos a un nivel tolerable de 0.09 mg/g; mientras que la torta resultante tiene un contenido de proteína del 68 %, que es mucho más alto que el contenido de proteína ordinario de la mayor parte de las tortas de otras oleaginosas.

Este método es prometedor, sin embargo en términos económicos resulta caro todavía. Una de las alternativas a explorar es la recuperación del metanol resultante del proceso, para ser utilizado como materia prima del proceso de producción del biodiesel de Jatropha. El objetivo es reducir el costo de la desactivación de la tora de Jatropha, para así convertirlo en un proceso industrial viable y sostenible.

El proceso de fabricación del biodiesel podría representarse como en la Figura 5.1

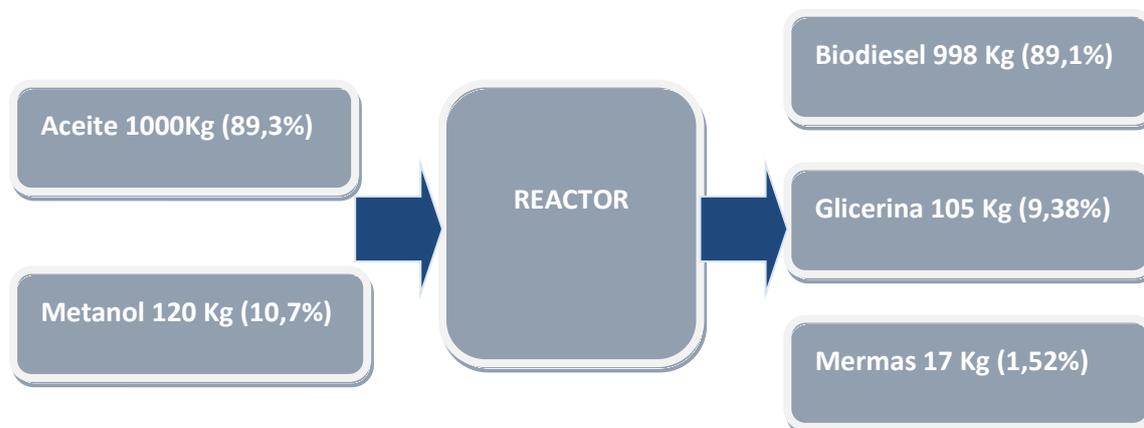


Figura 5.1

El metanol utilizado como insumo del proceso de fabricación de biodiesel debe ser de, como mínimo, un 99,5% de pureza. Dado que el metanol utilizado en el proceso descrito de la desactivación de la torta de Jatropha no cumple con este requerimiento, se plantean las siguientes alternativas para poder venderse a los productores de biodiesel como insumo y así mejorar los costos del proceso:

- Utilizar filtros para mejorar la pureza del metanol resultante del proceso de desactivación de la torta, y alcanzar el requerimiento del insumo del proceso de biodiesel.
- Vender el metanol resultante del proceso de desactivación de la torta a los productores de biodiesel a un precio inferior al precio de mercado del metanol (333 USD/Tn)⁹.
- Explorar la posibilidad (tecnológica) de que los procesos de producción de biodiesel puedan utilizar metanol con menos de 99,5% de pureza, en particular con las impurezas resultantes del proceso de desactivación de la torta, para que el metanol pueda ser reutilizado y comercializado directamente como insumo para la fabricación del biodiesel al precio de mercado del metanol.

Como conclusión, se propone investigar sobre estas alternativas, ya que sería una propuesta como solución tecnológica al problema de la desactivación de la torta, para integrar procesos y reducir los costos.

El precio de la Torta de Jatropha

Como se mencionó anteriormente, no existe un precio de mercado para la torta de Jatropha. Esto hace que sea difícil evaluar la comercialización de este subproducto del proceso de extracción de aceite en un análisis de inversión. Se realizarán dos análisis para el problema de mercado de la torta, diferenciando dos subproductos posibles:

1. Torta de Jatropha sin desactivar
2. Torta de Jatropha desactivada

Torta de Jatropha sin desactivar

Si bien el análisis económico de cómo impactaría la comercialización de la torta de Jatropha sin desactivar resulta complicado por la inexistencia de un precio de mercado para este producto, puede tomarse como precio de referencia el actual precio de la torta de otros cultivos oleaginosos, como por ejemplo del Ricino. Se buscará analizar cómo impacta económicamente la comercialización de la Torta de

⁹ <http://www.methanex.com/products/methanolprice.html> Noviembre 2009

Jatropha *sin desactivar* (en vez de utilizarla como fertilizante orgánico en la plantación propia) en el Escenario 2 del proyecto analizado en capítulo IV.

Para este análisis, se considerará la comercialización de la torta de Jatropha sin desactivar, puesto que no se tienen los costos de la desactivación de la misma, y estos son muy variables según el método utilizado. El mercado fundamental de este subproducto es el de los fertilizantes orgánicos. El precio de venta de la torta de Ricino sin desactivar (producto comparable) es de 78 USD/Tn.

A continuación se muestra cómo mejoraría la Utilidad Neta del proyecto si se invirtiera en fertilizantes para sustituir el uso de la torta como fertilizante orgánico en la plantación propia (50 USD/Ha), y se comercializara la Torta de Jatropha, asumiendo como precio de venta el precio de mercado de la torta de Ricino sin desactivar: 78 USD/Tn.

Considerando el aumento de costo por fertilizantes, se tendría un costo de obtención de las semillas de Jatropha de:

Costo unitario	78,26	USD / Tn
-----------------------	--------------	-----------------

Dado que la Torta de Jatropha representa el 62% en peso de las Semillas de Jatropha que ingresan al proceso (62% Tn torta/Tn semillas), y teniendo en cuenta los precios de comercialización tanto del Aceite de Jatropha como de la Torta, la producción de ambos subproductos y las ventas por año serían las que se muestran a continuación:

PRODUCCION	Por año
Torta de Jatropha (Tn)	43.400
ACEITE CRUDO DE JATROPHA (TN)	24.500

VENTAS	USD/año
Torta de Jatropha (Tn)	3.124.800

La Jatropha como cultivo industrial en la Argentina

ACEITE CRUDO DE JATROPHA	8.315.672
VENTAS TOTALES	11.440.472

UTILIDAD	
Utilidad Bruta	4.008.777
Impuesto a las Ganancias	1.403.072
Utilidad Neta	2.605.705

CASH FLOW	
Utilidad Bruta	4.008.777
Amortización	3.577.516
Impuesto a las Ganancias	1.403.072
Cash Flow Anual	6.183.221

AÑOS DE RECUPERO DE INVERSION TOTAL	8,2
--	------------

Como se puede observar, si existiera la demanda de este subproducto (sin desactivar), el proyecto resultaría 2,9 veces más rentable, y se recuperaría en un tiempo de 13,2 años (8,2 años+ 5 años hasta que el arbusto entre en régimen), en vez de en 16,4 años (11,4 años+ 5 años hasta que el arbusto entre en régimen). Considero que es válido este análisis, pues hoy en día existen antecedentes con otros cultivos (como el Ricino).

Torta de Jatropha desactivada

En el caso de la Torta de Jatropha desactivada, se está en presencia de dos problemas: por un lado, la inexistencia de un precio de mercado (sin duda superior al considerado en el punto anterior), y por el otro la incertidumbre sobre la existencia de demanda.

La inexistencia de un precio de mercado se debe a que aún no está definido el método de desactivación de la torta, y mucho menos aún probado y optimizado a escala industrial, con lo que resulta inútil intentar analizar la viabilidad económica de la comercialización de la torta de Jatropha desactivada. Sin embargo, sí podrían pensarse alternativas ante la inexistencia de demanda, que permitan aprovechar el subproducto.

Una alternativa, ya utilizada para otros cultivos como el maíz o la soja, podría ser la integración vertical, incorporando un emprendimiento ganadero. El emprendimiento ganadero consistiría en convertir la proteína vegetal de la Torta de Jatropha en proteína animal para consumo humano. Algunos ejemplos de emprendimientos ganaderos que permitirían obtener productos para consumo humano pueden ser:

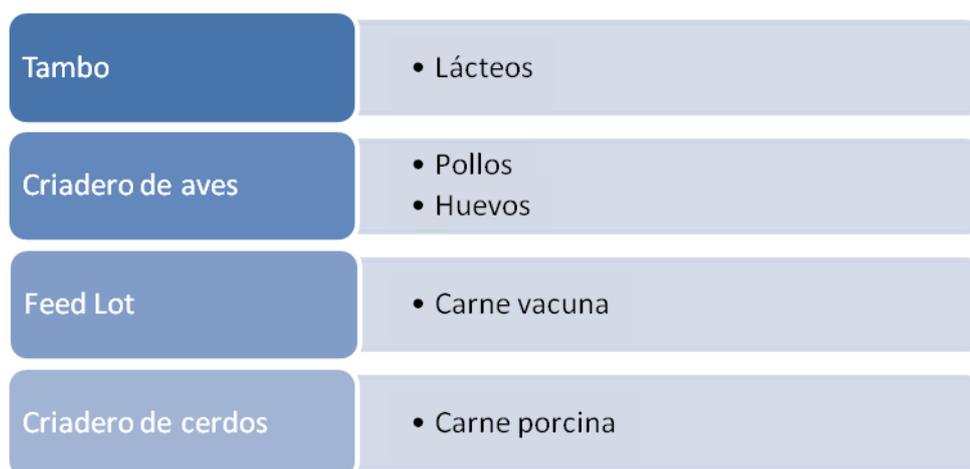


Figura 5.2

De este modo, conociendo el método de desactivación de la torta e implementándolo en un proyecto propio, no sería necesario depender de la existencia de una demanda ni de un precio de mercado. Se estaría aprovechando el subproducto del proceso de la extracción de aceite, agregándole valor y comercializándolo posteriormente como un producto para consumo humano. Sin dudas, es una buena alternativa para el problema de mercado descrito de la Torta de Jatropha.

El rendimiento de semillas (Tn/Ha)

El principal problema asociado a la variabilidad del rendimiento de semillas de *Jatropha* es la falta de domesticación de la planta, que trae aparejados muchos otros problemas como pueden ser la falta de simultaneidad en la maduración de los frutos, el tiempo que tarda el arbusto en estabilizar su producción, o los requerimientos para maximizar el rendimiento de la planta. El riesgo que implica la falta de domesticación de la planta es que menos se puede mitigar, puesto que para eso se necesita tiempo de experiencia del cultivo. Algunas alternativas para disminuir el impacto de la falta de domesticación de la planta sobre el rendimiento de semillas de *Jatropha*, podrían ser:

- La contratación de un grupo de expertos con experiencia en *Jatropha*. Dado que son pocas las personas que se dedican a este cultivo, y que la experiencia de ellos es corta, por la corta historia del cultivo a gran escala, podría considerarse como una alternativa viable el contratar expertos con experiencia en distintos cultivos oleaginosos. Por ejemplo, en Brasil existen actualmente grandes plantaciones de Ricino, un cultivo que es de la familia de *Jatropha*. Los expertos podrían ayudar a optimizar los rendimientos de la plantación, mediante la sugerencia de prácticas y técnicas de cultivo.
- A la hora de evaluar el proyecto, es necesario contemplar un riesgo de mermas de plantines y/o de una disminución en el rendimiento de la plantación. Así, se evitará tener grandes diferencias entre los resultados obtenidos y los esperados. Por ejemplo, en el modelo analizado en el Capítulo IV, se consideró una merma del 25% de los plantines. Si bien incrementará la inversión inicial, se estarán contemplando posibles sequías, plantines que no prendan (siempre existe una tasa de falla asociada), plagas, etc que ayudarán a analizar un escenario más realista.
- Diversificación del riesgo climático: Los factores climáticos, como las condiciones ambientales, temperaturas promedio y extremas, régimen de lluvias, calidad de suelos, tendrán una fuerte incidencia sobre los rendimientos de semillas por hectárea alcanzados. Se sabe que la *Jatropha* es un arbusto resistente a la sequía y a las bajas temperaturas promedio (el arbusto no resiste heladas, es decir temperaturas bajas extremas y sostenidas). Sin embargo, también se sabe que bajo estas condiciones su rendimiento disminuye y que la tasa de falla de arbustos aumenta. Lo que se desconoce es en qué medida. Por lo tanto, para disminuir el riesgo que amenaza al rendimiento de la plantación, además de contemplar una tasa de falla para analizar el proyecto como se mencionó en el punto anterior, podría diversificarse el riesgo climático mediante la localización de las plantaciones

en distintas regiones del país (siempre dentro del área de la Figura 2.7), reduciendo el impacto si las condiciones hídricas o térmicas no son las esperadas.

- Riego artificial: Para no depender de las precipitaciones de la zona, podría invertirse en riego artificial para la plantación de Jatropha. Además, se ha verificado en plantaciones experimentales en nuestro país (La Rioja) que las plantas regadas artificialmente tienen mayor crecimiento y rendimiento que las mantenidas a secano. Sin embargo, las trabajadas a secano no mueren por falta de agua. Habría que analizar para cada proyecto, en función de las condiciones hídricas del lugar y de la inversión requerida, cómo impactaría en el rendimiento de la plantación, para así justificar la inversión.
- Fertilizantes, Herbicidas, Insecticidas, Fungicidas, y Labores Culturales. Si bien se sabe que la planta resiste bien los intentos de ser depredada por animales e insectos, no lo hace en forma absoluta. También se ha detectado que puede ser atacada por parásitos. Todas estas amenazas, que afectan el estado de la planta y disminuyen su rendimiento, deberían ser tenidas en cuenta y estudiadas para la Jatropha en particular. El uso de fertilizantes, herbicidas, insecticidas, fungicidas, y las labores culturales como la poda, son herramientas que podrían utilizarse para domesticar la planta y definitivamente aumentar el rendimiento de semillas por hectárea. Sin embargo, es necesario analizar las demás implicancias:
 - El uso de agroquímicos y las labores culturales impactará en los costos de la fase agrícola.
 - El uso de agroquímicos tendrá un impacto sobre el medioambiente. Además de reducir el potencial de reducción de GHG del biodiesel de Jatropha, también modificará el equilibrio del ecosistema, afectando las aguas y los suelos. Los fertilizantes contienen compuestos nitrogenados que son arrastrados por las precipitaciones, los vientos y otros factores meteorológicos hacia las aguas cercas, ya sean subterráneas o superficiales. Por un lado, esto afecta la potabilidad de las aguas y producen el fenómeno de eutrofización (exceso de materia orgánica que genera desequilibrio en las poblaciones vegetales y animales); por el otro, producen un aumento de la acidez de las aguas y los suelos que genera un desbalance en las poblaciones animales (por ejemplo: en la reproducción de peces).
 - Las labores culturales, como la poda, tienen un impacto social, ya que emplean mano de obra rural para llevarla a cabo.

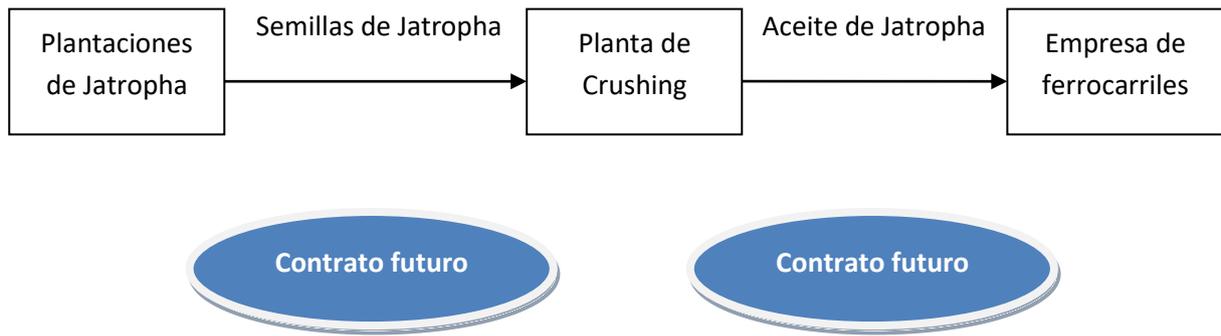
El tiempo que demoran los arbustos de Jatropha en estabilizar su producción

Esta variable tiene una fuerte influencia sobre el aspecto financiero de los proyectos de Jatropha, fundamentalmente si incluyen la fase agrícola. La razón radica en que recién se comienza a recuperar la inversión significativamente a partir de cuando los arbustos comienzan a producir en régimen y llegan al nivel de producción de la planta en su vida adulta, es decir a partir del año 5 aproximadamente.

En el modelo analizado en el Capítulo IV no se tuvo en cuenta cómo se iba a financiar el proyecto, ni el costo de esta financiación. Evidentemente, una inversión de semejante envergadura, difícilmente sea únicamente aportes de capital, por lo que se debería recurrir a un préstamo (habría que analizar también la estructura de financiación conveniente) involucrando un costo de financiación.

El tema de la financiación de proyectos de energía no es tan sencillo. Los organismos de financiación privada muchas veces son reticentes a invertir en este tipo de proyectos por el monto de la inversión, por la poca familiaridad con el rubro y los riesgos que conlleva. Los gobiernos muchas veces apoyan al sector, pero la dificultad radica en encontrar modelos de financiación sostenibles. Las estructuras de financiamiento convencionales, que muchas veces son usadas por las entidades de financiación para commodities para mitigar riesgos, pueden ayudar a reducir la brecha de financiación para proyectos de energía renovable entre lo que el banco está dispuesto a prestar y lo que el inversor puede aportar. Esta brecha puede ser reducida mediante el apoyo del gobierno o mediante la disminución del riesgo percibido.

Una alternativa viable que podría estimular la producción de biodiesel es la financiación a base de deudores (Receivable-based financing). Este modelo consiste básicamente en conseguir la financiación necesaria mediante la disminución de los riesgos asociados. En India, una empresa llamada Southern Online Technologies, en el estado de Andra Pradesh, llevó adelante un proyecto de una planta de crushing de Jatropha y el financiamiento para los minifundistas que llevaban a cabo la fase agrícola. El modelo que utilizó se basó en la firma de contratos forwards con los dueños de las plantaciones y con las empresas de ferrocarriles (quienes se hacían cargo de la etapa de producción del biodiesel), mediante los cuales acordaban para una fecha futura la compra de las semillas de Jatropha y la venta del aceite de Jatropha resultante a un precio determinado. De este modo, la empresa logró minimizar los riesgos de abastecimiento de materia prima y demanda de su producto, que podrían haber hecho que los resultados obtenidos no fueron los proyectados, y así no pudiera cumplir con sus obligaciones financieras. Así, la empresa logró financiar una planta de crushing de U\$S 4 millones.



Si bien este no es el único método viable para conseguir financiación para este tipo de proyectos, es una buena alternativa para mitigar algunos problemas que conlleva la Jatropha para ser desarrollada como cultivo industrial en nuestro país:

- Obtener financiación para un proyecto de gran escala de energía renovable.
- Garantizar el abastecimiento de materia prima.
- Garantizar la demanda del producto final: el aceite de Jatropha.
- Disminuir la dependencia del precio del aceite de Jatropha con el precio del aceite de soja.

La capacidad de recolección (Kg semillas/día)

Como se mostró en el Capítulo IV, la utilidad de un proyecto de Jatropha es muy sensible a la capacidad de recolección de semillas diaria, y esta a su vez varía de forma significativa según el método de recolección y la tecnología que se utilice. Los métodos de recolección hasta ahora probados y su estado en avance de experimentación son los siguientes:

- **Recolección manual:** Este tipo de recolección se realiza en todo el mundo, fundamentalmente en aquellos países donde la mano de obra es más barata (como son India, China, algunos países de África). La capacidad de recolección promedio es de 20 Kg de semillas por día, lo que se traduce en 375 turnos de mano de obra al año por hectárea. Es necesario tener en cuenta la disponibilidad de mano de obra, lo que podría ser un problema en muchas partes del mundo.
- **Recolección semimecanizada:** La tecnología para este método está desarrollada y probada. Sin embargo, aún no está difundida en todo el mundo (en Argentina sí se utiliza). La capacidad de recolección es de 1500 Kg de

semillas por día, lo que se traduce en 10 turnos de mano de obra por hectárea por año (5 turnos para uso de la maquinaria y 5 para la recolección propiamente dicha). Si bien en este escenario la disponibilidad de mano de obra no sería un problema, es necesario tener en cuenta la inversión en la maquinaria.

- **Recolección mecanizada:** Actualmente existen prototipos de la maquinaria, inclusive algunos en Argentina. Sin embargo, esta maquinaria aún no ha sido lo suficientemente probada como para tener la confiabilidad para un proyecto a escala industrial. De todos modos, están orientados en esa dirección. La recolección mecanizada sería la solución definitiva en algunos aspectos, pero también tendría su cara negativa:

Aspectos positivos

- Aumento del rendimiento y disminución de los costos.
- Mayor estabilidad.
- Menor dependencia de la mano de obra (huelgas, paros, etc).
- Genera empleo para el desarrollo de la maquinaria (nacional).

Aspectos negativos

- Menor impacto social del cultivo en empleo rural.
- Tiempo de desarrollo de la tecnología.

La capacidad de procesamiento de semillas por día de la planta de crushing

Esta variable es de fuerte impacto en la utilidad del proyecto, ya que los rendimientos de las plantas industriales de crushing son muy sensibles a la escala. Es por esto que resulta de suma importancia el dimensionar correctamente en función de, no sólo el volumen de aceite de Jatropha que se pueda comercializar (es decir, para el que haya mercado consumidor), sino también en función de la capacidad de procesamiento de semillas que vaya a poder ser abastecida. A la hora de dimensionar la planta de crushing, es necesario asegurar toda la cadena de suministros para así lograr un bajo nivel de capacidad ociosa y la inversión adecuada, en la tecnología adecuada. Como se explicó en el capítulo III, la tecnología a seleccionar para la extracción de aceite, dependerá fundamentalmente de la capacidad de procesamiento de semillas diaria.

Para el análisis realizado en el capítulo IV, se consideró una planta con una capacidad de procesamiento de 200 Tn de semillas de Jatropha por día, y un

proceso de extracción de aceite mecánico. Se tomó como referencia a las plantas de extracción de aceite de semillas de Ricino, las cuales suelen utilizar una extracción mecánica si su capacidad es menor o igual a 200 Tn/día, o una extracción por solventes si su capacidad es mayor a 200 Tn/día.

¿Cuáles son los aspectos claves para minimizar la capacidad ociosa de la planta?

1. La materia prima: las semillas de Jatropha
2. Los insumos: energía eléctrica
3. Los insumos: combustible para la caldera
4. Evitar fallas de la planta

¿Qué medidas puedo tomar para asegurar los puntos anteriores?

1. La materia prima: las semillas de Jatropha

Para asegurar el abastecimiento de semillas a la planta de crushing, pueden tomarse distintas precauciones, que disminuirán el riesgo de que la línea de producción quede desabastecida:

- Integración vertical del proceso: Esta alternativa fue la evaluada en el Capítulo IV (Escenario 2), y resulta de utilidad cuando los proveedores de la materia prima no pueden garantizar el volumen necesario para satisfacer la totalidad demandada por la planta.
- Diversificación del riesgo climático: Si se integrara el proceso verticalmente, aún existirían riesgos de no poder suministrar una cantidad suficiente de semillas de Jatropha a la planta de crushing, y que así existiera capacidad ociosa en la planta, y parte del mercado de aceite de Jatropha desabastecido. Esto podría deberse a distintos motivos, siendo uno de ellos el factor climático. No se tiene la certeza de cómo serán las precipitaciones en una determinada área, lo que introduce variabilidad en el rendimiento de semillas por hectárea (analizado anteriormente). Para diversificar el riesgo climático, podrían cultivarse los arbustos en distintas regiones dentro del país (dentro del área de la Figura 2.7), reduciendo el impacto si las condiciones hídricas o térmicas no son las esperadas.
- Riego artificial: Si se integrara el proceso verticalmente, y se buscara reducir el riesgo asociado a la plantación para asegurar el abastecimiento de semillas a la planta de crushing, se podría invertir en instalar riego artificial en la plantación para no depender de las precipitaciones de la zona. Habría que analizar para cada proyecto, en función de las condiciones hídricas del lugar y

de la inversión requerida, cómo impactaría en el rendimiento de la plantación y de la planta de crushing, para así justificar la inversión.

- Evaluar la importación: Otra alternativa a la integración vertical, es analizar la posibilidad de importar la materia prima. Lógicamente, esta alternativa será viable dependiendo de otros factores, como son el costo de la materia prima en el exterior, el tipo de cambio, el tiempo de importación, la variedad de semillas, entre otras.

2. Los insumos: energía eléctrica

Para garantizar el suministro de energía eléctrica, podría invertirse en un grupo electrógeno. Para una planta de 200 Tn de semillas por día, se podría contar con grupos electrógenos con una potencia instalada total de unos 1200 KWatts.

3. Los insumos: combustible para la caldera

Previo a la extracción del aceite propiamente dicho, las semillas pasarán por un cocinador de vapor, lo que permitirá aumentar la eficiencia de la extracción por prensado mecánico. El vapor utilizado en el cocinador proviene de una caldera alimentada, generalmente, con gas natural.

El combustible de la caldera, no necesariamente debe ser gas natural. Algunas alternativas para mejorar los costos y/o reducir la dependencia de este combustible, evitando posibles paradas de funcionamiento o bajas de rendimiento, podrían ser:

- Utilizar una caldera flexible que pueda quemar distintos combustibles, como pueden ser fuel oil, gas, diesel, entre otros. La primer ventaja es la de tener la posibilidad de elegir otras alternativas según la disponibilidad del combustible, y así garantizar el funcionamiento de la caldera en la planta. En segundo lugar, una caldera poli-combustible nos daría la opción de mejorar los costos cada año y optar por el que mejor se adapte a nuestra zona geográfica o centro de distribución.
- Utilizar una caldera de biomasa poli-combustible. Además de las ventajas descritas anteriormente, se podrían utilizar las cáscaras de los frutos como biomasa, y tener un doble impacto: reducción de costos y ahorro energético. En lo que refiere a rendimientos, se obtienen 12,5 Tn de frutos/Ha (en una plantación de 2500 plantas /Ha), de los cuáles 7,5 Tn son semillas de

Jatropha. Así, se contarán con 5 Tn de cáscara aproximadamente. La cáscara tiene un valor calórico de aproximadamente 2651 kcal/kg (15% de humedad), por lo que puede ser empleada como combustible, inclusive para el mismo proceso.

Existe un antecedente de este último punto: la empresa argentina Aceitera General Deheza aplicó a Kyoto para obtener bonos de carbono a través del MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio). La empresa invertirá U\$S 25,5 millones para poner en marcha una planta de biomasa para generar energía eléctrica. Así, evitará la emisión de 31 mil toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera por año, y podrá certificar “bonos verdes”. Esto, sin duda, le implicará una inversión a la empresa, que traerá beneficios tanto económicos como ambientales.

4. Evitar fallas de la planta

Dado que la planta solo para 15 días al año (en el modelo del capítulo IV) para realizar un mantenimiento total, es importante llevar a cabo mantenimiento preventivo periódicamente. Otra manera de evitar fallas de la planta de crushing, o más bien evitar el impacto de una parada, sería tener líneas paralelas. Así, si se rompiera un aprensor, por ejemplo, habría otra que la reemplace y se evitaría la parada de planta. Podrían disponerse:

- 2 líneas de 100 Tn/día cada una
- 4 líneas de 50 Tn/día cada una

Habría que analizar para cada caso si se justifica la inversión en líneas paralelas (que obviamente a igual capacidad tienen un costo mayor), en relación a la pérdida (desde el punto de vista económico y desde el punto de vista de los clientes) que ocasiona una parada de la planta de crushing.

La variable “Capacidad de procesamiento de semillas por día de la planta de crushing” es una variable de importancia, y es necesario analizar todas las alternativas para poder mitigar los riesgos de que varíe e impacte sobre la utilidad, es decir, para la capacidad efectiva sea lo más cercana a la esperada.

La extracción de aceite de Jatropha (%)

La extracción del aceite es la variable tecnológica que mayor impacto económico tiene. Es por esto que necesario reducir los riesgos asociados al rendimiento en la

mayor medida posible; algunos aspectos a tener en cuenta a la hora de decir desarrollar el cultivo a nivel industrial serían:

- Identificar una variedad de semilla *estudiada* con alto contenido de aceite en semilla, y que además pueda desarrollarse en nuestro país.
- Utilizar una tecnología de extracción probada. Una de las alternativas es instalar un proyecto de llave en mano, con garantía de funcionamiento. Es decir, que por ejemplo, parte del pago de las máquinas se haga contra los rendimientos y objetivos alcanzados.
- Realizar un buen pre-tratamiento de la semilla: secado, zarandeado, etc. Para así aumentar el rendimiento del proceso posterior.

CONCLUSIONES

Durante este breve capítulo se intentará dar un cierre al trabajo realizado, en el que se buscó puntualizar los principales aspectos a tener en cuenta para desarrollar la Jatropha a nivel industrial en la Argentina. Se encontraron numerosos problemas sobre los cuales será necesario trabajar, tanto desde el Estado como desde el lugar que ocupen los actores privados en la futura industria de aceite y biodiesel de Jatropha Argentino. El objetivo de este trabajo no es establecer verdades o soluciones determinantes para los problemas identificados, sino arrojar luz sobre ellos, y que dicha información sirva como punto de partida para efectuar un análisis más profundo sobre los mismos. El objetivo de lograr una industria competitiva y sustentable, que sea eficiente tanto bajo criterios técnicos y económicos como así también a la hora de cumplir con los objetivos relacionados con el bien común, como pueden ser el impacto ambiental y social, no es sencillo; dependerá fundamentalmente del conocimiento, la experiencia y el capital.

A continuación se sintetizan los puntos más relevantes respecto al potencial del cultivo, y luego se enumeran sus principales problemas junto con sus soluciones, algunas de ellas viables, y otras sobre las que aún falta mayor investigación y desarrollo para poder construir una industria que sea exitosa tanto desde el punto de vista de su rentabilidad como tecnológico:

Potencial del cultivo

La planta

- Es un cultivo de segunda generación: por su toxicidad no compite con los alimentos.
- Es una planta que puede crecer y sobrevivir con muy pocos cuidados en terrenos áridos o semiáridos (tierras marginales de escasos nutrientes). Permite incorporar áreas no productivas hasta el momento, y revalorizar la tierra. Sin embargo, los rendimientos obtenidos son mejores en tierras fértiles.
- Soporta periodos de sequía (con escasas lluvias), pudiéndose localizar en isohietas desde 200 mm/año. No soporta heladas.
- Es una planta de larga vida (entre 40 y 50 años).
- El cultivo controla la erosión de los suelos.

El aceite de Jatropha

- De la semilla, luego de descascarada, se obtiene una almendra rica en aceite. El rendimiento por tonelada de semilla procesada es superior al de muchos de los cultivos tradicionales, como la soja. En promedio, el rendimiento es del 35-40% de aceite por tonelada de semilla procesada.

El biodiesel de Jatropha

- Puede obtenerse biodiesel a partir de dicho aceite, mediante el proceso de transesterificación.
- La calidad del biodiesel producido a partir del aceite de Jatropha cumple con estándares internacionales de calidad, y con los criterios de sustentabilidad, siempre y cuando el aceite sea debidamente purificado y refinado y la semilla se cultive siguiendo los criterios de sustentabilidad recomendados internacionalmente.

La Torta de Jatropha

- La torta es rica en proteínas.
- Si se desactivara la torta, podría ser utilizada como alimento para ganado (por su alto valor proteico), o bien aprovechada para transformar las proteínas vegetales que contiene, en proteínas animales para consumo humano.
- La torta obtenida de la prensa de las semillas es muy rica en fósforo, potasio y nitrógeno, y por lo tanto puede ser utilizada como abono orgánico para la misma plantación de Jatropha, o bien comercializada como tal.

Impacto social

- Al crecer en zonas donde no crece prácticamente ningún otro cultivo, genera una nueva renta para productores rurales en aquellos terrenos donde hoy no se cultiva. Es una actividad de alto impacto social.
- Permite el desarrollo económico-social de regiones con PBI per cápita inferior al promedio nacional.
- Es una fuente generadora de energía para las áreas rurales (ya sea con el aceite y/o con el biodiesel obtenido). Permite generar empleo y podría ser una fuente de auto-abastecimiento de energía en zonas rurales.
- La biomasa que se obtiene del descascarado de la semilla y de la cápsula del fruto se puede utilizar para generar biogás.
- Permitiría el desarrollo de tecnología nacional, ya que actualmente existen proyectos piloto argentinos de tecnología especialmente diseñada para la recolección de los frutos de Jatropha.

Impacto ambiental

- Aporta oxígeno y retiene dióxido de carbono. Secuestra hasta 6-8 kg de carbono por planta/año, disminuyendo la emisión de gases contaminantes.
- Podrían obtenerse bonos de carbono.
- Reduce las emisiones de GHG, contribuyendo a mitigar el efecto invernadero.

Problemas y soluciones

Si bien al parecer la Jatropha resulta un cultivo con alto potencial para el desarrollo de una industria limpia, sustentable, rentable y que beneficie a la comunidad, aún existen muchos interrogantes o problemas asociados fundamentalmente a la falta de experiencia. A continuación se presentan los más importantes:

1. Falta de domesticación de la planta. Este problema está estrechamente relacionado con el rendimiento de la planta, es decir con las toneladas de semillas por hectárea que pueden obtenerse; con el tiempo de maduración de los frutos, que no maduran todos simultáneamente dificultando la etapa de recolección; con la selección de fertilizantes, fungicidas, herbicidas, insecticidas para proteger la planta; con el mejoramiento de semillas, entre otros. Para este problema es difícil dar una solución, ya que lo que falta es experiencia y tiempo, para que las plantaciones recientes alcancen su edad productiva y así completar el desarrollo de variedades de semilla diseñadas específicamente para biodiesel. Sin embargo, algunas recomendaciones son buscar el asesoramiento de expertos, observar otros países donde se esté desarrollando la Jatropha al día de hoy, y considerar otros cultivos energéticos como referencia.
2. Tecnología. Las principales etapas del proceso que requieren de un desarrollo de maquinaria especialmente diseñada para este cultivo son la recolección de los frutos y la extracción del aceite. Al día de hoy, la recolección de frutos puede ser manual o semi-mecanizada; en la primera opción se incurren en altísimos costos de mano de obra que dificultan la rentabilidad de la fase agrícola, consecuencia del valor del jornal rural en nuestro país y de la capacidad de recolección; y la segunda opción es viable tanto desde el punto de vista económico como tecnológico, pero podría ser mejorada si se desarrollara una maquinaria que aumentara la capacidad de recolección de frutos por día. Si bien existen pruebas piloto en nuestro país, la maquinaria no sólo debe ser desarrollada, sino también probada para que resulte confiable a escala industrial. En lo que refiere a la etapa de la extracción de aceite, el rendimiento podría ser mejorado mediante el pre-tratamiento de la semilla, y

la variedad elegida. Por otro lado, es necesario analizar la alternativa de construir una planta de crushing exclusiva para este cultivo, ya que la industria aceitera nacional es reticente a compartir el procesamiento de este cultivo con otros alimenticios, por su toxicidad.

3. Desactivación de la Torta de Jatropha. La comercialización de la torta es muy importante para la rentabilidad de un proyecto de Jatropha, ya que permite utilizar un subproducto que de otro modo se desaprovecharía. Se han desarrollado distintos métodos, pero ninguno de ellos es viable a nivel industrial por los altos costos que involucran. Una alternativa viable y a explorar en mayor profundidad es el tratamiento de la torta con metanol, y su posterior recuperación para ser utilizado como insumo en el proceso de producción del biodiesel. De este modo, se estarían reduciendo los costos del proceso. También debería alentarse a la investigación de nuevos métodos más económicos.
4. Precio de la Torta de Jatropha. No existe un precio de mercado para este subproducto, lo que dificulta el análisis de un proyecto de inversión que incluya su comercialización. Este problema se divide a su vez en dos:
 - El precio de la torta sin desactivar: Una alternativa viable es la de comercializarla como fertilizante orgánico, tomando como referencia el precio de otra torta también tóxica, como puede ser la del Ricino (para esta si existe un precio de mercado).
 - El precio de la torta desactivada: Si se lograra desactivar la torta de Jatropha, desde el punto de vista tecnológico, y no hubiera un precio o una demanda establecida se podría analizar la opción de integrarse verticalmente, incorporando la etapa de convertir la proteína vegetal en proteína animal para consumo humano, como puede ser un tambo o un criadero de pollos.
5. Abastecimiento de semillas. El problema asociado al abastecimiento de semillas radica en la incertidumbre sobre la producción, y su importancia en el costo de oportunidad asociado a la utilización de la planta de crushing. Algunas de las alternativas podrían ser, por ejemplo, realizar contratos de compra con proveedores locales, evaluar la posibilidad de importarlas, o integrar el proceso hacia atrás, siendo las semillas un output de mi propio proyecto. En este último caso, podría diversificarse el riesgo climático del proyecto (por ejemplo la posibilidad de sequía), instalando las plantaciones en distintas regiones del país.
6. Dependencia del mercado de biodiesel. Al ser el mercado de biodiesel el único destino desarrollado a nivel industrial para el aceite de Jatropha, los productores de biodiesel tienen un alto poder de negociación, y dependiendo de cuánto están dispuestos a pagar para garantizar la demanda. Es necesario diversificar la producción hacia otros mercados, desarrollando otras posibles aplicaciones del aceite de Jatropha, como pueden ser los bioplásticos o la

generación eléctrica. Otra herramienta de negociación con los productores de biodiesel es destacar la calidad del biodiesel que se obtiene a partir del aceite de Jatropha, y su cumplimiento de los criterios de sustentabilidad, que les permite que su producto sea exportable hacia otros mercados. Por último, el precio y la demanda podrían asegurarse mediante contratos de venta, sin embargo, con esta única medida, se seguiría dependiendo de la industria del biodiesel, pero con menos riesgo.

Como todo proyecto nuevo y que implique desarrollo, tendrá riesgos asociados, que impactarán en el financiamiento de nuevos proyectos. Los proyectos de Jatropha presentan la ventaja de que pueden ser tratados con opciones reales, ya que presentan distintas etapas y puntos de decisión que permitirán evaluar los resultados alcanzados hasta el momento y el nivel de incertidumbre en cada momento de decisión. Así, inversiones futuras pueden o no realizarse (por ejemplo la decisión de instalar la planta de crushing o de integrarse hacia atrás incorporando la fase agrícola al proyecto), y la incertidumbre y riesgos del proyecto pueden reducirse con el paso del tiempo si se invierte dinero, por ejemplo, en desarrollo de tecnología.

Por último, cabe destacar la importancia del apoyo del Estado mediante políticas claras y contundentes que fomenten las inversiones en cultivos de segunda generación, que impliquen un mayor control ambiental, y que alienten la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías en nuestro país.

Como se puede apreciar, hay mucho por aprender en lo que refiere a este joven cultivo a nivel industrial. Por un lado, es fundamental la consideración de las soluciones propuestas a la hora de comenzar a desarrollar la Jatropha con una perspectiva industrial; y por otro, no debería dejar de invertirse en investigación, para así poder dar respuesta a los puntos mencionados. El contexto mundial apunta a desarrollar energías sustentables, basadas en cultivos de segunda generación que no compitan con los alimentos, apunta también a la integración de la cadena productiva, a la minimización del impacto ambiental, y a la optimización productiva. La oportunidad de que la Jatropha forme parte de este escenario existe, y depende de nosotros aprovecharla hacia el bien de la sociedad, en forma rentable y sostenible.

The way ahead



If it's not 'green', forget it!

Anexo I: Marco legal biocombustibles.

LEY 26.093: REGIMEN DE REGULACION Y PROMOCION PARA LA PRODUCCION Y USO SUSTENTABLES DE BIOCOMBUSTIBLES

CAPITULO I

ARTICULO 1. — Dispónese el siguiente Régimen de Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles en el territorio de la Nación Argentina, actividades que se regirán por la presente ley.

El régimen mencionado en el párrafo precedente tendrá una vigencia de quince (15) años a partir de su aprobación.

El Poder Ejecutivo nacional podrá extender el plazo precedente computando los quince (15) años de vigencia a partir de los términos establecidos en los artículos 7º y 8º de la presente ley.

Autoridad de Aplicación

ARTICULO 2. — La autoridad de aplicación de la presente ley será determinada por el Poder Ejecutivo nacional, conforme a las respectivas competencias dispuestas por la Ley Nº 22.520 de Ministerios y sus normas reglamentarias y complementarias.

Comisión Nacional Asesora

ARTICULO 3. — Créase la Comisión Nacional Asesora para la Promoción de la Producción y Uso Sustentables de los Biocombustibles, cuya función será la de asistir y asesorar a la autoridad de aplicación. Dicha Comisión estará integrada por un representante de cada uno de los siguientes organismos nacionales: Secretaría de Energía, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Secretaría de Hacienda, Secretaría de Política Económica, Secretaría de Comercio, Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, y Administración Federal de Ingresos Públicos y todo otro organismo o instituciones públicas o privadas — incluidos los Consejos Federales con competencia en las áreas señaladas— que pueda asegurar el mejor cumplimiento de las funciones asignadas a la autoridad de aplicación y que se determine en la reglamentación de la presente ley.

Funciones de la Autoridad de Aplicación

ARTICULO 4. — Serán funciones de la autoridad de aplicación:

- a) Promover y controlar la producción y uso sustentables de biocombustibles.
- b) Establecer las normas de calidad a las que deben ajustarse los biocombustibles.
- c) Establecer los requisitos y condiciones necesarios para la habilitación de las plantas de producción y mezcla de biocombustibles, resolver sobre su calificación y aprobación, y certificar la fecha de su puesta en marcha.
- d) Establecer los requisitos y criterios de selección para la presentación de los proyectos que tengan por objeto acogerse a los beneficios establecidos por la presente ley, resolver sobre su aprobación y fijar su duración.
- e) Realizar auditorías e inspecciones a las plantas habilitadas para la producción de biocombustibles a fin de controlar su correcto funcionamiento y su ajuste a la normativa vigente.
- f) Realizar auditorías e inspecciones a los beneficiarios del régimen de promoción establecido en esta ley, a fin de controlar su correcto funcionamiento, su ajuste a la normativa vigente y la permanencia de las condiciones establecidas para mantener los beneficios que se les haya otorgado.
- g) También ejercerá las atribuciones que la Ley Nº 17.319 especifica en su Título V, artículos 76 al 78.
- h) Aplicar las sanciones que correspondan de acuerdo a la gravedad de las acciones penadas.
- i) Solicitar con carácter de declaración jurada, las estimaciones de demanda de biocombustible previstas por las compañías que posean destilerías o refinerías de petróleo, fraccionadores y distribuidores mayoristas o minoristas de combustibles, obligados a utilizar los mismos, según lo previsto en los artículos 7º y 8º.
- j) Administrar los subsidios que eventualmente otorgue el Honorable Congreso de la Nación.
- k) Determinar y modificar los porcentajes de participación de los biocombustibles en cortes con gasoil o nafta, en los términos de los artículos 7º y 8º.
- l) En su caso, determinar las cuotas de distribución de la oferta de biocombustibles, según lo previsto en el último párrafo del artículo 14 de la presente ley.
- m) Asumir las funciones de fiscalización que le corresponden en cumplimiento de la presente ley.

- n) Determinar la tasa de fiscalización y control que anualmente pagarán los agentes alcanzados por esta ley, así como su metodología de pago y recaudación.
- o) Crear y llevar actualizado un registro público de las plantas habilitadas para la producción y mezcla de biocombustibles, así como un detalle de aquellas a las cuales se les otorguen los beneficios promocionales establecidos en el presente régimen.
- p) Firmar convenios de cooperación con distintos organismos públicos, privados, mixtos y organizaciones no gubernamentales.
- q) Comunicar en tiempo y forma a la Administración Federal de Ingresos Públicos y a otros organismos del Poder Ejecutivo nacional que tengan competencia, las altas y bajas del registro al que se refiere el inciso o) del presente artículo, así como todo otro hecho o acontecimiento que revista la categoría de relevantes para el cumplimiento de las previsiones de esta ley.
- r) Publicar periódicamente precios de referencia de los biocombustibles.
- s) Ejercer toda otra atribución que surja de la reglamentación de la presente ley a los efectos de su mejor cumplimiento.
- t) Publicar en la página de Internet el Registro de las Empresas beneficiarias del presente régimen, así como los montos de beneficio fiscal otorgados a cada empresa.

Definición de Biocombustibles

ARTICULO 5. — A los fines de la presente ley, se entiende por biocombustibles al bioetanol, biodiesel y biogás, que se produzcan a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos, que cumplan los requisitos de calidad que establezca la autoridad de aplicación.

Habilitación de Plantas Productoras

ARTICULO 6. — Sólo podrán producir biocombustibles las plantas habilitadas a dichos efectos por la autoridad de aplicación.

La habilitación correspondiente se otorgará, únicamente, a las plantas que cumplan con los requerimientos que establezca la autoridad de aplicación en cuanto a la calidad de biocombustibles y su producción sustentable, para lo cual deberá someter los diferentes proyectos presentados a un procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que incluya el tratamiento de efluentes y la gestión de residuos.

Mezclado de Biocombustibles con Combustibles Fósiles

ARTICULO 7. — Establécese que todo combustible líquido caracterizado como gasoil o diesel oil —en los términos del artículo 4º de la Ley Nº 23.966, Título III, de Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas Natural, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones, o en el que pueda prever la legislación nacional que en el futuro lo reemplace— que se comercialice dentro del territorio nacional, deberá ser mezclado por aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas por la autoridad de aplicación para el fin específico de realizar esta mezcla con la especie de biocombustible denominada "biodiesel", en un porcentaje del CINCO POR CIENTO (5%) como mínimo de este último, medido sobre la cantidad total del producto final. Esta obligación tendrá vigencia a partir del primer día del cuarto año calendario siguiente al de promulgación de la presente ley.

La Autoridad de Aplicación tendrá la atribución de aumentar el citado porcentaje, cuando lo considere conveniente en función de la evolución de las variables de mercado interno, o bien disminuir el mismo ante situaciones de escasez fehacientemente comprobadas.

ARTICULO 8. — Establécese que todo combustible líquido caracterizado como nafta —en los términos del artículo 4º de la Ley Nº 23.966, Titulo III, de Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas Natural, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones, o en el que prevea la legislación nacional que en el futuro lo reemplace— que se comercialice dentro del territorio nacional, deberá ser mezclado por aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas por la autoridad de aplicación para el fin específico de realizar esta mezcla, con la especie de biocombustible denominada "bioetanol", en un porcentaje del CINCO POR CIENTO (5%) como mínimo de este último, medido sobre la cantidad total del producto final. Esta obligación tendrá vigencia a partir del primer día del cuarto año calendario siguiente al de promulgación de la presente ley.

La autoridad de aplicación tendrá la atribución de aumentar el citado porcentaje, cuando lo considere conveniente en función de la evolución de las variables de mercado interno, o bien disminuir el mismo ante situaciones de escasez fehacientemente comprobadas.

ARTICULO 9. — Aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas por la autoridad de aplicación para el fin específico de realizar las mezclas, deberán adquirir los productos definidos en el artículo 5º, exclusivamente a las plantas habilitadas a ese efecto por la autoridad de aplicación. Asimismo deberán cumplir con lo establecido en el artículo 15, inciso 4.

La violación de estas obligaciones dará lugar a las sanciones que establezca la referida autoridad de aplicación.

ARTICULO 10. — La autoridad de aplicación establecerá los requisitos y condiciones para el autoconsumo, distribución y comercialización de biodiesel y bioetanol en estado puro (B100 y E100), así como de sus diferentes mezclas.

ARTICULO 11. — El biocombustible gaseoso denominado biogás se utilizará en sistemas, líneas de transporte y distribución de acuerdo a lo que establezca la autoridad de aplicación.

Consumo de Biocombustibles por el Estado nacional

ARTICULO 12. — El Estado nacional, ya se trate de la administración central o de organismos descentralizados o autárquicos, así como también aquellos emprendimientos privados que se encuentren ubicados sobre las vías fluviales, lagos, lagunas, y en especial dentro de las jurisdicciones de Parques Nacionales o Reservas Ecológicas, deberán utilizar biodiesel o bioetanol, en los porcentajes que determine la autoridad de aplicación, y biogás sin corte o mezcla. Esta obligación tendrá vigencia a partir del primer día del cuarto año calendario siguiente al de promulgación de la presente ley, y su no cumplimiento por parte de los directores o responsables del área respectiva, dará lugar a las penalidades que establezca el Poder Ejecutivo nacional.

La autoridad de aplicación deberá tomar los recaudos necesarios para garantizar la provisión de dichos combustibles en cantidades suficientes y con flujo permanente.

CAPITULO II

Régimen Promocional

Sujetos Beneficiarios de la Promoción

ARTICULO 13. — Todos los proyectos de radicación de industrias de biocombustibles, gozarán de los beneficios que se prevén en la presente ley, en tanto y en cuanto:

- a) Se instalen en el territorio de la Nación Argentina.
- b) Sean propiedad de sociedades comerciales, privadas, públicas o mixtas, o cooperativas, constituidas en la Argentina y habilitadas con exclusividad para el desarrollo de la actividad promocionada por esta ley, pudiendo integrar todas o algunas de las etapas industriales necesarias para la obtención de las materias primas renovables correspondientes. La autoridad de aplicación establecerá los

requisitos para que las mismas se encuadren en las previsiones del presente artículo.

c) Su capital social mayoritario sea aportado por el Estado nacional, por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, los Estados Provinciales, los Municipios o las personas físicas o jurídicas, dedicadas mayoritariamente a la producción agropecuaria, de acuerdo a los criterios que establezca el decreto reglamentario de la presente ley.

d) Estén en condiciones de producir biocombustibles cumpliendo las definiciones y normas de calidad establecidas y con todos los demás requisitos fijados por la autoridad de aplicación, previos a la aprobación del proyecto por parte de ésta y durante la vigencia del beneficio.

e) Hayan accedido al cupo fiscal establecido en el artículo 14 de la presente ley y en las condiciones que disponga la reglamentación.

ARTICULO 14. — El cupo fiscal total de los beneficios promocionales se fijará anualmente en la respectiva ley de Presupuesto para la Administración Nacional y será distribuido por el Poder Ejecutivo nacional, priorizando los proyectos en función de los siguientes criterios:

- Promoción de las pequeñas y medianas empresas.
- Promoción de productores agropecuarios.
- Promoción de las economías regionales.

Déjase establecido que a partir del segundo año de vigencia del presente régimen, se deberá incluir también en el cupo total, los que fueran otorgados en el año inmediato anterior y que resulten necesarios para la continuidad o finalización de los proyectos respectivos.

A los efectos de favorecer el desarrollo de las economías regionales, la autoridad de aplicación podrá establecer cuotas de distribución entre los distintos proyectos presentados por pequeñas y medianas empresas, aprobados según lo previsto en los artículos 6º y 13, con una concurrencia no inferior al veinte por ciento (20%) de la demanda total de biocombustibles generada por las destilerías, refinerías de petróleo o aquellas instalaciones que hayan sido debidamente aprobadas por la Autoridad de Aplicación para el fin específico de realizar la mezcla con derivados de petróleo previstas para un año.

Beneficios Promocionales

ARTICULO 15. — Los sujetos mencionados en el artículo 13, que cumplan las condiciones establecidas en el artículo 14, gozarán durante la vigencia establecida en el artículo 1º de la presente ley de los siguientes beneficios promocionales:

1.- En lo referente al Impuesto al Valor Agregado y al Impuesto a las Ganancias, será de aplicación el tratamiento dispensado por la Ley N° 25.924 y sus normas reglamentarias, a la adquisición de bienes de capital o la realización de obras de infraestructura correspondientes al proyecto respectivo, por el tiempo de vigencia del presente régimen.

2.- Los bienes afectados a los proyectos aprobados por la autoridad de aplicación, no integrarán la base de imposición del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta establecido por la Ley N° 25.063, o el que en el futuro lo complemente, modifique o sustituya, a partir de la fecha de aprobación del proyecto respectivo y hasta el tercer ejercicio cerrado, inclusive, con posterioridad a la fecha de puesta en marcha.

3.- El biodiesel y el bioetanol producidos por los sujetos titulares de los proyectos aprobados por la autoridad de aplicación, para satisfacer las cantidades previstas en los artículos 7º, 8º y 12 de la presente ley, no estarán alcanzados por la tasa de Infraestructura Hídrica establecida por el Decreto N° 1381/01, por el Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas Natural establecido en el Capítulo I, Título III de la Ley N° 23.966, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones, por el impuesto denominado "Sobre la transferencia a título oneroso o gratuito, o sobre la importación de gasoil", establecido en la Ley N° 26.028, así como tampoco por los tributos que en el futuro puedan sustituir o complementar a los mismos.

4.- La autoridad de aplicación garantizará que aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas para el fin específico de realizar las mezclas, deberán adquirir los productos definidos en el artículo 5º a los sujetos promovidos en esta ley hasta agotar su producción disponible a los precios que establezca la mencionada autoridad.

5.- La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, promoverá aquellos cultivos destinados a la producción de biocombustibles que favorezcan la diversificación productiva del sector agropecuario. A tal fin, dicha Secretaría podrá elaborar programas específicos y prever los recursos presupuestarios correspondientes.

6.- La Subsecretaría de Pequeña y Mediana Empresa promoverá la adquisición de bienes de capital por parte de las pequeñas y medianas empresas destinados a la producción de biocombustibles. A tal fin elaborará programas específicos que contemplen el equilibrio regional y preverá los recursos presupuestarios correspondientes.

7.- La Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva promoverá la investigación, cooperación y transferencia de tecnología, entre las pequeñas y medianas empresas y las instituciones pertinentes del Sistema Público Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. A tal fin elaborará programas específicos y preverá los recursos presupuestarios correspondientes.

Infracciones y Sanciones

ARTICULO 16. — El incumplimiento de las normas de la presente ley y de las disposiciones y resoluciones de la autoridad de aplicación, dará lugar a la aplicación por parte de ésta de algunas o todas las sanciones que se detallan a continuación:

1.- Para las plantas habilitadas:

- a) Inhabilitación para desarrollar dicha actividad;
- b) Las multas que pudieran corresponder;
- c) Inhabilitación para inscribirse nuevamente en el registro de productores.

2.- Para los sujetos beneficiarios de los cupos otorgados conforme el artículo 15:

- a) Revocación de la inscripción en el registro de beneficiarios;
- b) Revocación de los beneficios otorgados;
- c) Pago de los tributos no ingresados, con más los intereses, multas y/o recargos que establezca la Administración Federal de Ingresos Públicos;
- d) Inhabilitación para inscribirse nuevamente en el registro de beneficiarios.

3.- Para las instalaciones de mezcla a las que se refiere el artículo 9º:

- a) Las multas que disponga la autoridad de aplicación;
- b) Inhabilitación para desarrollar dicha actividad.

4.- Para los sujetos mencionados en el artículo 13:

- a) Las multas que disponga la Autoridad de Aplicación.

ARTICULO 17. — Todos los proyectos calificados y aprobados por la Autoridad de Aplicación serán alcanzados por los beneficios que prevén los mecanismos —sean Derechos de Reducción de Emisiones; Créditos de Carbono y cualquier otro título de

similares características— del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de 1997, ratificado por Argentina mediante Ley N° 25.438 y los efectos que de la futura ley reglamentaria de los mecanismos de desarrollo limpio dimanen.

ARTICULO 18. — Establécese que las penalidades con que pueden ser sancionadas las plantas habilitadas y las instalaciones de mezcla serán:

a) Las faltas muy graves, sancionables por la autoridad de aplicación con multas equivalentes al precio de venta al público de hasta CIEN MIL (100.000) litros de nafta súper.

b) Las faltas graves, sancionables por la autoridad de aplicación con multas equivalentes al precio de venta al público de hasta CINCUENTA MIL (50.000) litros de nafta súper.

c) Las faltas leves, sancionables por la autoridad de aplicación con multas equivalentes al precio de venta al público de hasta DIEZ MIL (10.000) litros de nafta súper.

d) La reincidencia en infracciones por parte de un mismo operador, dará lugar a la aplicación de sanciones sucesivas de mayor gravedad hasta su duplicación respecto de la anterior.

e) En el caso de reincidencia:

1. En una falta leve, se podrán aplicar las sanciones previstas para faltas graves.

2. En una falta grave, se podrán aplicar las sanciones previstas para faltas muy graves.

3. En una falta muy grave, sin perjuicio de las sanciones establecidas en el punto a) del presente artículo, la autoridad de aplicación podrá disponer la suspensión del infractor de los respectivos registros con inhabilitación para inscribirse nuevamente en el registro de productores.

ARTICULO 19. — A los efectos de la actuación administrativa de la autoridad de aplicación, será de aplicación la Ley Nacional de Procedimientos Administrativos y sus normas reglamentarias.

Agotada la vía administrativa procederá el recurso en sede judicial directamente ante la Cámara Federal de Apelaciones con competencia en materia contenciosoadministrativa con jurisdicción en el lugar del hecho. Los recursos que se

interpongan contra la aplicación de las sanciones previstas en la presente ley tendrán efecto devolutivo.

ARTICULO 20. — Invítase a las Legislaturas provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a que adhieran al presente régimen sancionando leyes dentro de su jurisdicción que tengan un objeto principal similar al de la presente ley.

ARTICULO 21. — Comuníquese al Poder Ejecutivo.

DECRETO 109/2007: ACTIVIDADES ALCANZADAS POR LOS TÉRMINOS DE LA LEY 26.093. AUTORIDAD DE APLICACIÓN. FUNCIONES. COMISIÓN NACIONAL ASESORA. HABILITACIÓN DE PLANTAS PRODUCTORAS. RÉGIMEN PROMOCIONAL.

Artículo 1º — Determinase que las actividades alcanzadas por los términos de la Ley N° 26.093 son la producción, mezcla, comercialización, distribución, consumo y uso sustentables de Biocombustibles.

A tales efectos se entenderá que las actividades citadas en el párrafo anterior serán reguladas de conformidad a lo previsto en los Artículos 2º, 3º y 6º de la Ley N° 17.319, con excepción de lo previsto en la Ley N° 26.093, el presente decreto reglamentario y las normas complementarias que se dicten al respecto.

Art. 2º — Determinase como Autoridad de Aplicación de la Ley N° 26.093 al MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS, a través de la SECRETARIA DE ENERGIA, dependiente de dicha cartera de Estado; excepto en las cuestiones de índole tributario o fiscal para las cuales cumplirá el rol de Autoridad de Aplicación el MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION.

Art. 3º — La Autoridad de Aplicación tendrá las siguientes funciones:

a) Realizará tareas de difusión y de promoción nacional relativas al uso de los Biocombustibles. Suscribirá acuerdos con provincias y municipios a fin de que tales autoridades promuevan o dispongan la utilización de Biocombustibles por parte de aquellas empresas permisionarias, concesionarias o contratistas que operen en cada jurisdicción.

b) Controlará las actividades y calidad del producto en las etapas de producción, mezcla y comercialización de Biocombustibles.

c) Determinará las especificaciones de los Biocombustibles, definiendo la calidad necesaria, los parámetros mínimos, sus valores y tolerancias.

d) Dictará la normativa técnica, definirá las condiciones mínimas de seguridad y los requerimientos de tratamiento de efluentes de las plantas de producción, mezcla, distribución y despacho de Biocombustibles.

e) Controlará el cumplimiento de los requisitos y la documentación necesaria, y establecerá los formatos de presentación que deberán cumplir tanto las

instalaciones que produzcan Biocombustibles como el resto de las operaciones involucradas en la cadena comercial.

f) Calculará anualmente las cantidades de Biocombustibles necesarias para el periodo siguiente, requeridas para proceder a la mezcla, de acuerdo con los porcentajes establecidos en los Artículos 7º y 8º de la Ley N° 26.093.

g) En el supuesto que inicialmente se presenten una cantidad significativa de proyectos que tengan por objeto acogerse a los beneficios establecidos por la Ley N° 26.093, de modo tal que sumados todos los aspirantes se supere el volumen total que resulte de uso obligatorio en el Mercado Nacional de Combustibles, deberá arbitrar un procedimiento para la selección de los proyectos que tenga en cuenta las prioridades previstas en el Artículo 14 de la ley antes citada, así como fijará los términos y condiciones específicas para otorgar su aprobación, hasta la concurrencia del volumen requerido por el mercado. Los proyectos que no hayan calificado para el cupo fiscal podrán comercializar libremente el producto en el mercado interno o externo, pero no gozarán de los beneficios fiscales establecidos. De acuerdo a la información suministrada por las empresas que comercializan combustibles, se calcularán anualmente las necesidades de Biocombustibles del mercado para el período siguiente, requeridas para proceder a la mezcla de acuerdo al porcentaje establecido por la Autoridad de Aplicación. En base a ello se aprobarán los proyectos adicionales que se requieran para contar con la oferta necesaria, teniendo en cuenta para ello las prioridades definidas en el texto legal.

h) Realizará inspecciones y auditorias, sin previo aviso, a las instalaciones inscriptas y podrá inspeccionar aquellos establecimientos que se presuma estén produciendo Biocombustibles y no se hallen inscriptos en el registro, debiendo reglamentar el

Régimen Sancionatorio aplicable.

i) Dictará la normativa complementaria que resulte necesaria para controlar el cumplimiento de los requisitos previstos en el Artículo 13 de la Ley N° 26.093, y aquellos otros que establezca en ejercicio de las facultades emergentes de la presente reglamentación.

j) Dictará, en el ámbito de su competencia, las normas complementarias que resulten necesarias para interpretar y aclarar el régimen establecido en la Ley N° 26.093 y en el presente decreto.

k) En caso de incumplimiento, aplicará las sanciones establecidas en la Ley N° 26.093.

En el caso que el infractor quede incurso en la sanción de revocación de los beneficios, lo intimará para que dentro del plazo que se determine, adopte las medidas del caso a fin de evitar la declaración de revocación.

l) Dictará un reglamento de infracciones a fin de garantizar la gradualidad y razonabilidad de la aplicación del Régimen de Penalidades establecido en la Ley N° 26.093.

m) Creará un registro de todas las personas físicas o jurídicas que se dediquen a la producción, mezcla, almacenaje y comercialización de Biocombustibles, en el que se llevará un legajo actualizado de cada uno de los sujetos que intervienen en la cadena de producción y comercialización.

n) Suscribirá acuerdos de cooperación con organismos públicos, privados, mixtos, y organizaciones no gubernamentales con el objeto de promover el desarrollo de tecnología de producción, el consumo de Biocombustibles, a los fines de ejercer de manera eficiente sus potestades de fiscalización.

o) Deberá mantener adecuadamente informada, a través de la SUBSECRETARIA DE COMBUSTIBLES dependiente de la SECRETARIA DE ENERGIA del MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS, a la Comisión Nacional Asesora para la Promoción de la Producción y Uso Sustentables de los Biocombustibles, permitiendo que ésta desempeñe correctamente las funciones previstas en la Ley N° 26.093. En especial, deberá informarle todo dato o incumplimiento del Régimen que resulte relevante.

p) Publicará periódicamente los precios de referencia para cada uno de los Biocombustibles contemplados en la Ley N° 26.093 y su reglamentación, que resulten de uso obligatorio en el mercado conforme a los Artículos 7° y 8° de la referida ley.

q) Realizará periódicamente un relevamiento de los precios del mercado de Biocombustibles, y los publicará en su página de Internet.

r) Determinará, sujeto al cupo fiscal informado por el MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION, la aprobación de proyectos promocionados y el orden de prioridades de los mismos, a los efectos de su asignación.

Art. 4° — El MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION tendrá las siguientes funciones:

a) Dictará las reglamentaciones y realizará las interpretaciones y aclaraciones de orden fiscal y/o tributario.

b) Determinará el monto máximo previsto en el Presupuesto Nacional disponible para otorgar beneficios promocionales.

c) Dictará las reglamentaciones, programas y políticas específicas que los incisos 5 y 6 del Artículo 15 de la Ley N° 26.093 delegan a las Dependencias Nacionales allí consideradas dependientes de ese Ministerio.

d) Aplicará sanciones específicas referidas a incumplimientos de índole tributario o fiscal por parte de los sujetos beneficiados por este régimen.

e) En función del listado remitido por la Autoridad de Aplicación de acuerdo a lo normado en el inciso r) del artículo anterior, efectuará la asignación de los cupos fiscales correspondientes a cada proyecto.

Art. 5° — La Autoridad de Aplicación será asistida y asesorada en forma colegiada por la Comisión Nacional Asesora para la Promoción de la Producción y Uso Sustentables de los Biocombustibles, e individualmente, por cada una de las Secretarías y organismos que integran la referida Comisión, a los fines de cumplir los objetivos de la presente reglamentación.

Art. 6° — La Comisión Nacional Asesora para la Promoción de la Producción y Uso Sustentables de los Biocombustibles, funcionará en el ámbito de la SECRETARIA DE ENERGIA del MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS, y estará conformada por un Grupo de Miembros Permanentes, donde estarán representados cada uno de los organismos oficiales previstos en el Artículo 3° de la Ley N° 26.093.

La Comisión funcionará de la siguiente manera:

a) El Grupo Permanente estará compuesto por miembros titulares y miembros suplentes, a los fines de garantizar el adecuado funcionamiento de la Comisión.

b) La Comisión estará presidida por el representante que designe la SECRETARIA DE ENERGIA.

c) Los integrantes del Grupo Permanente de la Comisión no percibirán retribución alguna por integrar la misma, correspondiendo a cada dependencia que la integra hacerse cargo de los gastos o viáticos que genere el integrante de la Comisión.

La función de la Comisión será de carácter consultivo e informativo, y será convocada cada vez que sea necesario, a los fines de considerar aquellas medidas de carácter general o acciones de coordinación administrativa, técnica o legal que

resulten necesarias realizar para facilitar el desarrollo de la industria de los Biocombustibles.

Art. 7º — La Autoridad de Aplicación publicará un listado de definiciones técnicas y requisitos de calidad de los Biocombustibles previstos en la Ley Nº 26.093.

Art. 8º — La producción, mezcla y comercialización de Biocombustibles estará sujeta a autorización previa de la Autoridad de Aplicación, con independencia del tipo de producto objeto de consideración. Se considerará clandestina y contraria a la Ley Nº 26.093 toda planta de producción, mezcla y almacenaje de Biocombustibles que no se encuentre autorizada por la Autoridad de Aplicación.

A los efectos de obtener la habilitación:

a) Todos los sujetos interesados en realizar actividades de producción, mezcla y comercialización de Biocombustibles, promocionados o no, bajo los términos de la Ley Nº 26.093, deberán registrarse ante la Autoridad de Aplicación, cumpliendo con todos los requisitos que establezca dicha Autoridad.

b) La Autoridad de Aplicación establecerá la normativa técnica que deberán cumplir las plantas de producción, mezcla y almacenaje de Biocombustibles, relativa a la seguridad y medio ambiente, y aquella relativa a la aptitud del proceso para obtener productos para ser comercializados en el mercado interno.

c) La habilitación de las plantas de producción o mezcla de Biocombustibles no será otorgada hasta tanto se encuentre garantizado adecuadamente el proceso de producción de los combustibles, se verifique que las instalaciones finales corresponden a las presentadas y hasta tanto se certifique que el producto obtenido cumple con las normas de calidad establecidas por la Autoridad de Aplicación.

d) Las plantas que se encuentren en funcionamiento o en proceso de prueba a la fecha de aprobación de la presente reglamentación, deberán cumplimentar lo establecido en la Ley Nº 26.093, la presente reglamentación, y toda la normativa que dicte la Autoridad de Aplicación, en un período que no podrá superar los NOVENTA (90) días hábiles contados desde la publicación del presente decreto. Las plantas que no se inscriban en el plazo establecido serán consideradas clandestinas y se les aplicará el régimen sancionatorio.

e) La Autoridad de Aplicación establecerá un procedimiento a los efectos de aprobar la exportación de productos definidos como Biocombustibles únicamente a empresas que se encuentren debidamente registradas.

Art. 9º — Las empresas que se dediquen a la actividad de producción, mezcla y/o comercialización de Biocombustibles, inscriptas en los registros a su cargo, abonarán la Tasa de Fiscalización definida en el Artículo 74, inciso b) de la Ley Nº 25.565, actual Artículo 83, inciso b) de la Ley Nº 11.672, Complementaria Permanente de Presupuesto (t.o. 2005), para cada litro de Biocombustible comercializado en el mercado interno o externo.

Art. 10. — Las mezclas de Biocombustibles con combustibles fósiles deberán ser aprobadas por la Autoridad de Aplicación, quien definirá las condiciones que deberán cumplimentar a tal fin.

Se encontrarán excluidas de lo previsto por el Artículo 8º de la Ley Nº 26.093 las gasolinas naturales y las naftas de uso petroquímico.

Se encuentra prohibida la mezcla de Biocombustibles con combustibles fósiles en instalaciones que no se encuentren previamente habilitadas por la Autoridad de Aplicación.

La Autoridad de Aplicación estará facultada para anticipar el uso obligatorio de Biocombustibles para su mezcla con gasoil, diesel oil o nafta, por debajo del límite porcentual establecido en los Artículos 7º y 8º de la Ley Nº 26.093, si considera que se verifican condiciones de oferta y abastecimiento interno que lo hagan técnicamente aconsejable, y siempre que tal decisión resulte satisfactoria para promover el desarrollo sustentable de los Biocombustibles.

La Autoridad de Aplicación, teniendo en cuenta la evolución del mercado o situaciones de escasez, se encontrará habilitada para incrementar o disminuir los porcentajes de mezclas de los Biocombustibles con combustibles fósiles, en forma independiente para cada uno de ellos. En caso de que se incrementen los porcentajes, para posibilitar la concurrencia de proyectos que soliciten la calificación correspondiente que los habilite para incorporarse al cupo fiscal, se informará esta modificación con un mínimo de VEINTICUATRO (24) meses antes de su puesta en vigencia.

Art. 11. — Establécese que aquellas instalaciones que hayan sido habilitadas para realizar las mezclas previstas en la presente reglamentación estarán obligadas a informar, con la periodicidad que indique la Autoridad de Aplicación las cantidades de combustibles fósiles y Biocombustibles que adquieren, detallando el origen y volúmenes de ventas de las mezclas realizadas.

Las instalaciones de mezclas sólo podrán adquirir combustibles fósiles de las empresas habilitadas a tal fin, de acuerdo a las Leyes Nros. 17.319 y 13.660, y

Biocombustibles, en primer término y hasta agotar su producción disponible, a las plantas propiedad de sujetos promovidos, de acuerdo al Artículo 15, inciso 4) de la Ley N° 26.093.

Art. 12. — Las adquisiciones de Biocombustibles a las empresas promocionadas, a los efectos del cumplimiento del Artículo 9° de la Ley N° 26.093 se realizarán a los valores que determine la Autoridad de Aplicación.

Dichos valores serán calculados propendiendo a que los productores, que operen en forma económica y prudente, tengan la oportunidad de obtener ingresos suficientes para satisfacer todos los costos operativos razonables aplicables a la producción, impuestos, amortizaciones y una rentabilidad razonable, de tal modo que la misma:

- a) Sea similar al de otras actividades de riesgo equiparable o comparable; y
- b) guarde relación con el grado de eficiencia y prestación satisfactoria de la actividad.

Art. 13. — Los productos obtenidos de las mezclas de Biocombustibles y combustibles fósiles, habilitados para su comercialización y consumo por el mercado interno se identificarán como B5, compuesto por NOVENTA Y CINCO POR CIENTO (95%) de gasoil y CINCO POR CIENTO (5%) de biodiesel; B100, compuesto por CIEN POR CIENTO (100%) de biodiesel; E5 compuesto por NOVENTA Y CINCO POR CIENTO (95%) de naftas y CINCO POR CIENTO (5%) de etanol y E100, compuesto por CIEN POR CIENTO (100%) de etanol. La Autoridad de Aplicación podrá aprobar mezclas con productos sustitutos de combustibles fósiles, adoptando las medidas de identificación y resguardo que correspondan, o bien de las que surjan por lo establecido en los Artículos 7° y 8° de la Ley N° 26.093.

La Autoridad de Aplicación definirá la posibilidad de incorporar el alcohol directamente o por intermediarios, siempre que se mantenga el equivalente de alcohol definido para la mezcla final.

Art. 14. — La Autoridad de Aplicación definirá las condiciones bajo las cuales podrá utilizarse el Biogás puro y, cuando así lo considere oportuno, las condiciones en las cuales podrá integrarse a una red de gas natural.

Asimismo determinará las condiciones de operación con el objetivo de garantizar la seguridad de la operación y el medio ambiente.

Art. 15. — La Autoridad de Aplicación establecerá y coordinará con los organismos, Secretarías y miembros de la Comisión Nacional Asesora para la Promoción de la Producción y Uso Sustentables de los Biocombustibles los porcentajes y la fecha de

utilización obligatoria de Biocombustibles en sus condiciones comerciales B5, B100, E5 y E100, así como la habilitación para la comercialización de nuevas mezclas acorde con la evolución del mercado.

La Autoridad de Aplicación estará facultada para anticipar gradualmente el uso obligatorio de Biocombustibles en el caso de los contratistas de obras y servicios públicos, concesionarios, permisionarios de hidrocarburos, obra pública, transporte fluvial o terrestre, minería, prestadores de servicios públicos y sus contratistas, habilitados por el ESTADO NACIONAL.

La Autoridad de Aplicación se encontrará habilitada para determinar compuestos comerciales diferentes a los compuestos B5, B100, E5 y E100, o para habilitar algún consumo especial que se verifique a tal efecto. En tal supuesto deberán adoptarse los recaudos pertinentes para evitar que el nuevo combustible sea desviado del consumo particular para el que fue aprobado.

La Autoridad de Aplicación definirá los términos, condiciones técnicas y comerciales para permitir que las empresas que realizan mezclas estén adecuadamente abastecidas de los Biocombustibles promocionados por la Ley N° 26.093, y de los combustibles necesarios para formular el producto final, en un todo de acuerdo con el Artículo 11 del presente decreto.

Art. 16. — Se define como autoconsumo, a los efectos de la Ley N° 26.093, el caso en que una persona física o jurídica produzca Biocombustibles para su consumo propio, con materia prima producida por dicha persona.

Quedan comprendidas en las disposiciones del presente artículo las personas físicas o jurídicas, constituidas de conformidad con el inciso b) del Artículo 13 de la Ley N° 26.093, cuyas instalaciones reciban los beneficios del presente régimen y que produzcan Biocombustibles para consumo de sus accionistas, socios, asociados o integrantes, siempre que reúnan las condiciones establecidas por este artículo, y que sus socios se dediquen mayoritariamente a la producción de las materias primas agropecuarias.

Los productores de Biocombustibles destinados a autoconsumo, gozarán de los beneficios previstos en el Artículo 15, inciso 3 de la Ley N° 26.093, pero estarán alcanzados por lo previsto en el Artículo 9° del presente reglamento.

La Autoridad de Aplicación autorizará los volúmenes de producción y definirá los términos y condiciones bajo las cuales deberán operar.

Las instalaciones de producción de Biocombustibles diseñadas para el autoconsumo deberán inscribirse en el registro habilitado por la Autoridad de Aplicación. Las

instalaciones para autoconsumo que violen lo dispuesto en el Artículo 9º de la Ley Nº 26.093 y su reglamentación, serán sancionadas y serán responsablemente solidarias con los compradores de los impuestos no ingresados como consecuencia de la comercialización.

Aquellos proyectos que hayan obtenido los beneficios promocionales y deban abastecer el Biocombustible requerido por las empresas mezcladoras, podrán solicitar anualmente a la Autoridad de Aplicación autorización previa para destinar un volumen determinado del Biocombustible producido, a las labores de aquellos socios que se dediquen a la actividad agropecuaria.

Art. 17. — El MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION será el encargado de prever el cupo anual de beneficios promocionales previstos por la Ley Nº 26.093 y gestionará su inclusión en la ley de presupuesto del año fiscal siguiente.

Art. 18. — El MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS como Autoridad de Aplicación de la presente deberá seleccionar aquellos proyectos que resulten elegibles de acuerdo a los criterios establecidos en el Artículo 14 de la Ley Nº 26.093, y los demás términos y condiciones que la misma determine.

A los efectos de la priorización de los proyectos presentados para acceder al cupo fiscal a que alude el Artículo 14 de la Ley Nº 26.093, la Autoridad de Aplicación procederá a evaluar las solicitudes presentadas en el marco del régimen de promoción establecido en el Artículo 1º de la Ley Nº 26.093.

Los criterios a los que alude el Artículo 14 de la Ley Nº 26.093 serán aplicables siguiendo los siguientes parámetros:

a) Promoción de las Pequeñas y Medianas Empresas, según lo define la Disposición Nº 147 de fecha 25 de octubre de 2006 de la SUBSECRETARIA DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA Y DESARROLLO REGIONAL de la SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA, dependiente del MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION aplicable a los propietarios, socios y/o accionistas del solicitante de los beneficios, en proporción a la participación de cada uno.

b) Promoción de Productores Agropecuarios: porcentaje del promedio ponderado de los ingresos de origen agropecuario, calculado con la metodología utilizada para la aplicación del inciso c) del Artículo 13 de la Ley Nº 26.093, sobre el total de la producción de cada uno los propietarios, socios y/o accionistas del solicitante de los beneficios.

En caso de que una cooperativa forme parte de un proyecto, se requerirá que sus socios se dediquen mayoritariamente a la producción de las materias primas agropecuarias. No se requerirá que la cooperativa se dedique de forma mayoritaria a la producción agropecuaria.

c) Promoción de las Economías Regionales: Ubicación de la planta. Cuando la planta abarque más de una región, se ponderará el volumen de facturación de cada una de las regiones incluidas.

Aquellos proyectos aprobados que no cumplan razonablemente los plazos de construcción o el resto de los compromisos técnicos, productivos y comerciales aceptados por la Autoridad de Aplicación perderán el cupo asignado. Los sujetos que, cumpliendo los términos y condiciones previstos en la Ley N° 26.093 y su reglamentación, accedan a los beneficios promocionales, gozarán de los mismos durante todo el período de vigencia del Régimen, salvo que incurran en incumplimientos graves, en cuyo caso se revocarán los beneficios de conformidad a lo previsto en el Artículo 16 de la Ley N° 26.093 y se aplicarán las sanciones y penalidades previstas en los Artículos 16 y 18 de la citada ley.

Art. 19. — Para gozar de los beneficios previstos en el Artículo 15 de la Ley N° 26.093, los proyectos de radicación de plantas de producción de Biocombustibles deberán cumplir los requisitos y condiciones fijados en el presente artículo, y en la normativa complementaria que apruebe la Autoridad de Aplicación.

Los sujetos beneficiarios, mencionados en el Artículo 13, inciso b) de la Ley N° 26.093 que se instalen a partir de la vigencia del presente decreto, constituidos en la REPUBLICA ARGENTINA para conformar proyectos promocionados bajo la Ley N° 26.093, deberán cumplir los siguientes requisitos:

a) El capital accionario social mayoritario será aportado por cualquiera de los siguientes sujetos:

I. El ESTADO NACIONAL, la CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES, los estados provinciales, los municipios o las personas físicas, sociedades del estado, entes de fomento y promoción de inversiones, sociedades anónimas donde el capital mayoritario pertenezca a algunas de las jurisdicciones estatales consideradas en el Artículo 13 de la Ley N° 26.093.

II. Personas físicas o jurídicas domiciliadas, radicadas y/o constituidas regularmente en la REPUBLICA ARGENTINA, cuyo objeto social y actividad principal en el país sea la producción agropecuaria, y que dispongan de inmuebles en el país aptos para cultivo, estando como mínimo el CINCUENTA POR CIENTO (50 %) de sus activos y

de sus ingresos relacionados a la actividad agropecuaria en la REPUBLICA ARGENTINA. A estos fines se tomarán en cuenta tanto las personas jurídicas tenedoras de las acciones como las sociedades controlantes o controladas por las mismas.

b) Las sociedades que se constituyan para acceder a los beneficios de la Ley N° 26.093 deberán estar inscriptas en un capítulo particular del Registro de Empresas Petroleras, que establecerá la Autoridad de Aplicación.

c) Para inscribirse en el Registro mencionado en el inciso anterior los sujetos interesados deberán contar con la capacidad técnica y económico-financiera que determine la Autoridad de Aplicación.

d) En caso en que una cooperativa forme parte de un proyecto, se requerirá que sus socios se dediquen mayoritariamente a la producción de las materias primas agropecuarias.

e) No podrán acogerse al presente Régimen:

I. Las sociedades cuyos directores, administradores, síndicos, mandatarios o gestores se encuentren condenados por evasión impositiva.

II. Las personas físicas o jurídicas que al tiempo de la inscripción tuviesen deudas impagas de carácter impositivo, previsional o aduanero, o cuando se encuentre firme una decisión judicial o administrativa, declarando tal incumplimiento en materia aduanera, impositiva o previsional, hasta que no se dé cumplimiento a lo resuelto en ella.

III. Las personas físicas o jurídicas sometidas a proceso de concurso preventivo o quiebra.

f) La aptitud de los procesos de producción será evaluada y auditada por la Autoridad de Aplicación quien ejercerá controles directos y auditorias técnicas para verificar la continuidad y calidad de los procesos.

g) No se admitirá que algún accionista minoritario de la empresa promocionada tenga directa o indirectamente el control operativo o comercial del proyecto y/o de la sociedad utilizada como vehículo del proyecto, cualquiera sea la forma jurídica de instrumentación. La violación de esta disposición constituirá causal de revocación de los beneficios.

h) Los sujetos que hayan accedido a los beneficios promocionales estarán obligados a comercializar el total de su producción para la mezcla con combustibles fósiles en

el mercado local, a partir del momento en que resulte obligatoria la mezcla con Biocombustibles prevista en la Ley N° 26.093.

Si por razones de demanda del mercado resultaren excedentes, la Autoridad de Aplicación podrá autorizar volúmenes específicos para otros destinos. Estos volúmenes no gozarán de los beneficios establecidos en la Ley N° 26.093.

Art. 20. — A los fines del Artículo 15 de la Ley N° 26.093, se establecen las siguientes disposiciones:

a) De conformidad a lo establecido en el Artículo 15, inciso 1 de la citada ley, los sujetos titulares de proyectos aprobados en el marco de las disposiciones de esta podrán obtener la devolución anticipada del Impuesto al Valor Agregado (IVA) correspondiente a los bienes nuevos amortizables -excepto automóviles-, u obras de infraestructura -excepto obras civiles- incluidos en el proyecto o, alternatively, practicar en el impuesto a las ganancias la amortización acelerada de los mismos, no pudiendo acceder a los DOS (2) tratamientos por un mismo proyecto.

I. Devolución anticipada del Impuesto al Valor Agregado (IVA): El Impuesto al Valor Agregado (IVA) que por la compra, fabricación, elaboración o importación definitiva de bienes de capital o la realización de obras de infraestructura les hubiera sido facturado a los responsables del gravamen, luego de transcurridos como mínimo TRES (3) períodos fiscales contados a partir de aquél en el que se hayan realizado las respectivas inversiones, les será acreditado contra otros impuestos a cargo de la ADMINISTRACION FEDERAL DE INGRESOS PUBLICOS, entidad autárquica en el ámbito del MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION o, en su defecto, les será devuelto, en ambos casos en el plazo estipulado en el acto de aprobación del proyecto y en las condiciones, con las garantías que al respecto establezca la ADMINISTRACION FEDERAL DE INGRESOS PUBLICOS. Dicha acreditación o devolución procederá en la medida en que el importe de las mismas no haya debido ser absorbido por los respectivos débitos fiscales originados por el desarrollo del proyecto.

1. A tales fines se considerarán inversiones realizadas a aquéllas que correspondan a erogaciones de fondos efectuadas a partir de la fecha de aprobación del proyecto, de conformidad a los plazos establecidos en el mismo.

2. Cuando los bienes a los que se refiere el presente punto se adquieran en los términos y condiciones establecidos por la Ley N° 25.248, los créditos fiscales correspondientes a los cánones y a la opción de compra sólo podrán computarse a los efectos de este Régimen luego de transcurridos como mínimo TRES (3) períodos fiscales contados a partir de aquél en que se haya ejercido la citada opción.

3. No podrá realizarse la acreditación prevista en este Régimen contra obligaciones derivadas de la responsabilidad sustitutiva o solidaria de los contribuyentes por deudas de terceros, o de su actuación como agentes de retención o de percepción. Tampoco será aplicable la referida acreditación contra gravámenes con destino exclusivo al financiamiento de fondos con afectación específica.

4. El Impuesto al Valor Agregado (IVA) correspondiente a las inversiones a que hace referencia el punto 1 se imputará contra los débitos fiscales una vez computados los restantes créditos fiscales relacionados con la actividad gravada.

5. No procederá la acreditación o devolución a que se refiere el presente apartado, según corresponda, cuando al momento de su solicitud los respectivos bienes de capital no integren el patrimonio de los titulares del proyecto.

II. Amortización acelerada en el Impuesto a las Ganancias: Los sujetos titulares de proyectos promovidos en el marco de la Ley N° 26.093 por las inversiones correspondientes a dichos proyectos efectuadas con posterioridad a su aprobación y de conformidad a los plazos previstos en el mismo, podrán optar por practicar las respectivas amortizaciones a partir del período fiscal de habilitación del bien, de acuerdo con las normas previstas en el Artículo 84 de la Ley de Impuesto a las Ganancias T.O. 1997 y sus modificaciones, o conforme al Régimen que se establece a continuación:

1. Para inversiones realizadas durante los primeros DOCE (12) meses inmediatos posteriores a la fecha de aprobación del proyecto:

1.1. En bienes muebles amortizables adquiridos, elaborados, fabricados o importados en dicho período: como mínimo en TRES (3) cuotas anuales, iguales y consecutivas.

1.2. En obras de infraestructura iniciadas en dicho período: como mínimo en la cantidad de cuotas anuales, iguales y consecutivas que surja de considerar su vida útil reducida al CINCUENTA POR CIENTO (50%) de la estimada.

2. Para inversiones realizadas durante los segundos DOCE (12) meses inmediatos posteriores a la fecha indicada en el punto 1:

2.1. En bienes muebles amortizables adquiridos, elaborados, fabricados o importados en dicho período: como mínimo en CUATRO (4) cuotas anuales, iguales y consecutivas.

2.2. En obras de infraestructura iniciadas en dicho período: como mínimo en la cantidad de cuotas anuales, iguales y consecutivas que surja de considerar su vida útil reducida al SESENTA POR CIENTO (60%) de la estimada.

3. Para inversiones realizadas durante los terceros DOCE (12) meses inmediatos posteriores a la fecha indicada en el punto 2:

3.1. En bienes muebles amortizables adquiridos, elaborados, fabricados o importados en dicho período: como mínimo en CINCO (5) cuotas anuales, iguales y consecutivas.

3.2. En obras de infraestructura iniciadas en dicho período: como mínimo en la cantidad de cuotas anuales, iguales y consecutivas que surja de considerar su vida útil reducida al SETENTA POR CIENTO (70%) de la estimada.

Cuando se trate de operaciones que den derecho a la opción prevista en el Artículo 67 de la Ley de Impuesto a las Ganancias T.O. 1997 y sus modificaciones, la amortización especial establecida en el presente apartado deberá practicarse sobre el costo determinado de acuerdo con lo dispuesto en la referida norma legal. Si la adquisición y la venta se realizaran en ejercicios fiscales diferentes, la amortización eventualmente computada en exceso deberá reintegrarse en el balance impositivo correspondiente a dicha enajenación.

El tratamiento especial previsto en el presente apartado queda sujeto a la condición de que los bienes adquiridos permanezcan en el patrimonio del titular del proyecto de que se trate durante TRES (3) años contados a partir de la fecha de habilitación del bien.

De no cumplirse esta condición, corresponderá rectificar las declaraciones juradas presentadas e ingresar las diferencias de impuesto resultantes con más sus intereses, salvo en el supuesto previsto en el párrafo siguiente.

No se producirá la caducidad del tratamiento señalada precedentemente en el caso de reemplazo de bienes que hayan gozado de la franquicia, en tanto el monto invertido en la reposición sea igual o mayor al obtenido por su venta. Cuando el importe de la nueva adquisición fuera menor al obtenido en la venta, la proporción de las amortizaciones computadas que en virtud del importe reinvertido no se encuentre alcanzada por el Régimen tendrá el tratamiento indicado en el párrafo anterior.

b) A los fines de lo dispuesto en el Artículo 15, inciso 2 de la Ley Nº 26.093, los bienes que no integrarán la base de imposición del Impuesto a la Ganancia Mínima

Presunta son los afectados al proyecto promovido e ingresados al patrimonio de la empresa titular del mismo con posterioridad a la fecha de su aprobación.

c) Las disposiciones del Artículo 15, inciso 3 de la Ley N° 26.093, serán de aplicación al biodiesel y al bioetanol producidos por los sujetos titulares de los proyectos aprobados por el MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION para ser mezclados con los combustibles de origen fósil de acuerdo a lo previsto en los Artículos 7º, 8º y 12 de la ley antes citada. En la comercialización de combustibles fósiles mezclados con Biocombustibles, los tributos que gravan a los primeros serán satisfechos aplicando las alícuotas respectivas sobre la proporción de combustible de origen fósil que contenga la mezcla.

d) En los casos que, de conformidad con las disposiciones del Artículo 16 de la Ley N° 26.093, procediera el pago de los tributos no ingresados, con más los intereses, multas y/o recargos que pudieran corresponder, no será de aplicación el trámite establecido por los Artículos 16 y siguientes de la Ley N° 11.683, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones, sino que la determinación de la deuda quedará ejecutoriada con la simple intimación de pago del impuesto y sus accesorios por parte de la ADMINISTRACION FEDERAL DE INGRESOS PUBLICOS, sin necesidad de otra sustanciación.

El término de la prescripción para exigir la restitución de los créditos fiscales acreditados o devueltos o, en su caso, del Impuesto a las Ganancias y a la Ganancia Mínima Presunta ingresados en defecto, con más los accesorios que pudieran corresponder, será de CINCO (5) años contados a partir del 1 de enero del año siguiente a aquél en que haya finalizado el plazo fijado para el cumplimiento de las previsiones del proyecto.

Facúltase a la ADMINISTRACION FEDERAL DE INGRESOS PUBLICOS, a dictar la normativa que resulte necesaria a los efectos de la aplicación de lo dispuesto precedentemente.

Art. 21. — La SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE dependiente de la JEFATURA DE GABINETE DE MINISTROS deberá adoptar las decisiones que resulten necesarias para asegurar el cumplimiento de lo establecido en el Artículo 17 de la Ley N° 26.093.

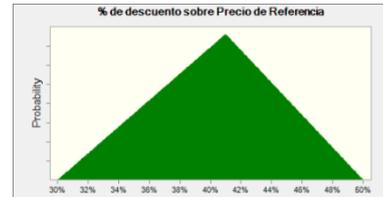
A tales efectos asesorará a la Autoridad de Aplicación y a los sujetos calificados para gozar de los beneficios previstos en la Ley N° 26.093, sobre las condiciones, programas y beneficios contemplados en el Artículo 17 de la Ley N° 26.093, a los fines de que los mismos puedan ser capitalizados por los sujetos beneficiarios.

Anexo II: Distribución de Probabilidad de las Variables del Modelo

Assumption: % de descuento sobre Precio de Referencia

Triangular distribution with parameters:

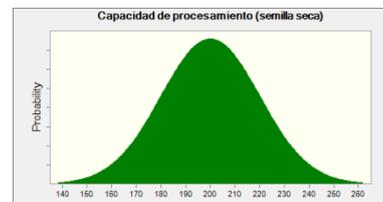
Minimum	30%
Likeliest	41%
Maximum	50%



Assumption: Capacidad de procesamiento (semilla seca)

Normal distribution with parameters:

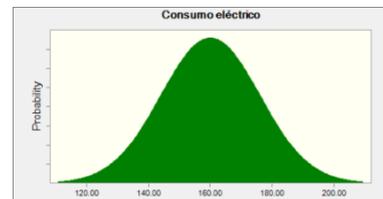
Mean	200
Std. Dev.	20



Assumption: Consumo eléctrico

Normal distribution with parameters:

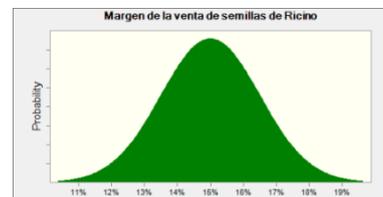
Mean	160,00
Std. Dev.	16,00



Assumption: Margen de la venta de semillas de Ricino

Normal distribution with parameters:

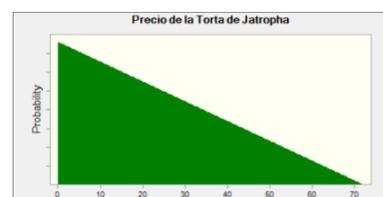
Mean	15%
Std. Dev.	2%



Assumption: Precio de la Torta de Jatropha

Triangular distribution with parameters:

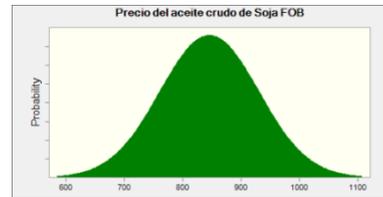
Minimum	0
Likeliest	0
Maximum	72



Assumption: Precio del aceite crudo de Soja FOB

Normal distribution with parameters:

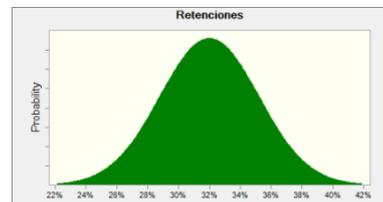
Mean 846
Std. Dev. 85



Assumption: Retenciones

Normal distribution with parameters:

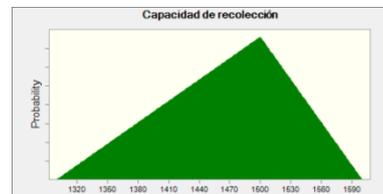
Mean 32%
Std. Dev. 3%



Assumption: Capacidad de recolección

Triangular distribution with parameters:

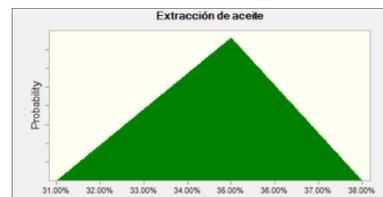
Minimum 1300
Likeliest 1500
Maximum 1600



Assumption: Extracción de aceite

Triangular distribution with parameters:

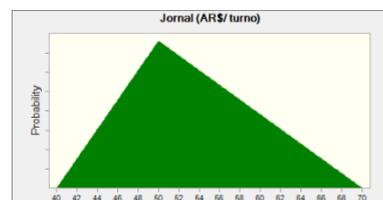
Minimum 31,00%
Likeliest 35,00%
Maximum 38,00%



Assumption: Jornal (AR\$/ turno)

Triangular distribution with parameters:

Minimum 40
Likeliest 50
Maximum 70



Assumption: Rendimiento de semillas (Tn/Ha)

Triangular distribution with parameters:

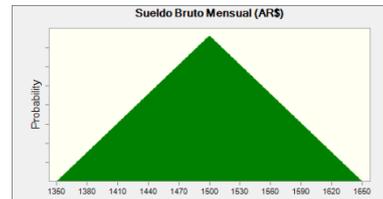
Minimum	6,75
Likeliest	7,50
Maximum	8,25



Assumption: Sueldo Bruto Mensual (AR\$)

Triangular distribution with parameters:

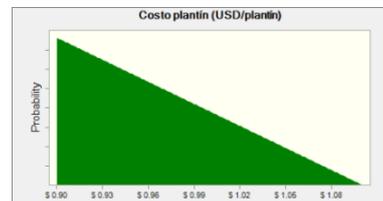
Minimum	1350
Likeliest	1500
Maximum	1650



Assumption: Costo plantín (USD/plantín)

Triangular distribution with parameters:

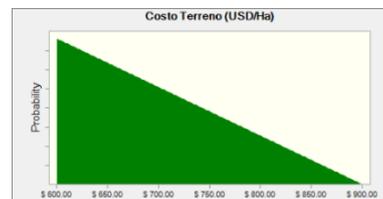
Minimum	\$ 0,90
Likeliest	\$ 0,90
Maximum	\$ 1,10



Assumption: Costo Terreno (USD/Ha)

Triangular distribution with parameters:

Minimum	\$ 600,00
Likeliest	\$ 600,00
Maximum	\$ 900,00



Assumption: Know-how de Jatropha: 2 expertos durante 3 años

Triangular distribution with parameters:

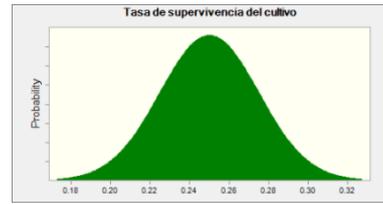
Minimum	\$ 200.000
Likeliest	\$ 200.000
Maximum	\$ 400.000



Assumption: Tasa de supervivencia del cultivo

Normal distribution with parameters:

Mean 0,25
Std. Dev. 0,03



BIBLIOGRAFÍA

- Lamou Rutten & Nayana Mahajan, 2005. Potential Uses of Structured Finance Techniques for Renewable Energy Projects in Developing Countries. United Nations Conference of Trade and Development.
- Reinhard K. Henning, 2009. The Jatropha Book.
- Global Market Study on Jatropha, 2008. GEXSI. World Wide Fund for Nature (WWF)
- Thijs Adriaans M.Sc., 2006. Suitability of Solvent Extraction for Jatropha Curcas Ingenia Consultants & Engineers, for FACT Foundation.
- Calidad del FAME - Su influencia en la performance, 2006. YPF.
- Silvia Falasca & Ana Ulberich, 2008. Las especies del género Jatropha para producir biodiesel en Argentina. Revista Virtual de REDESMA.
- Duke, J.A. 1983. Handbook of Energy Crops. (unpublished).
- Fabián Font, 2003. Las Especies del Género Jatropha L. (Euphorbiaceae, Crotonoideae) en Argentina. Revista del Círculo de Coleccionistas de Cactus y Crasas de la República Argentina, Vol.2, Nº 1, Enero-Febrero-Marzo 2003
- Werner J. Casotti, 2006. Obtención de biodiesel (metil/etil esteres) por medio del uso de aceites de las Euforbiáceas Jatropha macrocarpa y Jatropha hieronymi. Informe.
- KnowGenix, 2007. A Sustainable Biodiesel Feedstock: Jatropha. A Position Paper by KnowGenix in line with JatrophaWorld 2008.