

# ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE EN PERÚ: UNA DIMENSIÓN SOCIAL

Marianella Crispin, Erika Felix y Julián Andrés Quintero

## 6.1 RESUMEN

El incremento de la producción y la productividad agrícola son cruciales para mejorar la seguridad alimentaria, la reducción de la pobreza, y el desarrollo rural en Perú. Un argumento básico para el desarrollo de la bioenergía es la capacidad y el potencial que este presenta para el sector agrario y recibir inversiones públicas y privadas necesarias para mejorar la productividad agrícola. Esto puede contribuir positivamente a la seguridad alimentaria y a la reducción de la pobreza. En este sentido, bajo el marco del desarrollo del sector bioenergético una de las vías a considerar es la integración de la pequeña producción campesina como proveedora de materia prima para producir biocombustibles líquidos. La pequeña producción campesina, no obstante, requiere condiciones de rentabilidad social y económica para poder ser sostenible y viable para la economía rural. Requiere apoyo técnico, mano de obra calificada, maquinaria y demás insumos para obtener mayores rendimientos. Existen experiencias en el país sobre producción de materia prima para biocombustibles líquidos y otras que definen un paquete tecnológico que ayudaría a obtener una mayor productividad. Por consiguiente, es importante analizar de que forma este desarrollo bioenergético se puede realizar para que involucre directamente a las poblaciones participantes y pueda ofrecer una opción viable para mejorar sus ingresos y seguridad alimentaria. El presente estudio evalúa la factibilidad económica con una dimensión social ante una realidad de promoción de biocombustibles líquidos en el Perú.

El análisis y evaluación se basan en nueve escenarios en los cuales la variante principal son los rendimientos agrícolas y por ende los costos de producción de materia prima. Estos nueve escenarios describen y evalúan las fuentes de materia prima, su forma de producción y las condiciones para una producción sostenible que involucre a los pequeños productores. En los escenarios 1, 2, 3, 8 y 9 se realiza un análisis considerando el ingreso adicional por la venta de co-productos y su efecto en los costos de producción de etanol y biodiesel. Dichos escenarios son:

- Escenario 1, 2 y 3 (caña de azúcar para etanol en la Costa y la Selva)
- Escenario 4 y 5 (etanol a partir de melaza)
- Escenario 6 y 7 (biodiesel a partir de palma aceitera)
- Escenarios 8 y 9 (biodiesel a partir de *Jatropha*).

Los costos de producción de etanol a partir de caña de azúcar se ubican en un rango de 0,27 a 0,51 USD/l. La diferencia en el costo de producción de combustibles depende

de dos factores importantes; uno es la procedencia de la materia prima y otro la escala de producción. Los costos de producción en relación a la procedencia de materia prima se examinan en los escenarios 1 y 2. Bajo el Escenario 1, el cual es un escenario mixto<sup>24</sup> el costo de producción se estima en 0,34 USD/l comparado con 0,25 USD/l que considera la producción de materia prima sólo a nivel comercial. El Escenario 3 refleja una capacidad de operación menor, 13 millones de litros de etanol hidratado por año comparado con una producción de 105 millones de litros de etanol por año para los Escenarios 1 y 2, lo cual resulta en un incremento en el costo de producción a 0,51 USD/l.

Los costos de producción de etanol a partir de melaza se encuentran en un rango de 0,43 a 0,64 USD/l. La diferencia en el costo de producción de combustibles depende del valor de la melaza; este representa el costo de oportunidad de un ingenio azucarero en la utilización de la melaza para producir etanol en lugar de vender la melaza a otros mercados como por ejemplo para alimentos balanceados. Cuando el valor de melaza se considera “alto”, (en este caso es de 100USD por tonelada) el costo de producción de un litro de etanol es de 0,64 USD/l. Cuando el valor de melaza se considera “bajo”, (en este caso es de 49 USD por tonelada) el costo de producción de un litro de etanol es de 0,43 USD/l.

Los resultados para los costos de producción de biodiesel a partir de palma aceitera se estiman entre 0,23 y 0,31 USD/l. El factor principal en la variación de costos es la procedencia de la materia prima; en el Escenario mixto se estima un costo de producción de 0,31 USD/l comparado con 0,23 USD/l bajo el Escenario de producción de palma aceitera a nivel comercial. Los costos de producción de biodiesel a partir de *Jatropha* se estimaron entre 0,83 y 0,86 USD/l. Estos costos son relativamente más altos que la producción de biodiesel a base de palma aceitera ya que los aciertos en los rendimientos son menores y los costos de producción son más altos.

En general, los resultados muestran que es posible y factible la producción de biodiesel y etanol con la participación de pequeños productores siempre y cuando esto esté ligado a la producción comercial y en condiciones necesarias para fortalecer a la pequeña producción campesina. Es recomendable promover este tipo de esquemas.

## 6.2 INTRODUCCIÓN

El Perú ha introducido la Ley de Promoción de los Biocombustibles líquidos la cual obliga a una mezcla obligatoria de diesel y gasolinas con biodiesel y etanol respectivamente. Bajo esta ley se promueve una mayor inversión privada y la seguridad energética en respuesta a las constantes fluctuaciones del precio del petróleo; además, contribuye a reducir la excesiva contaminación que hoy agobia las áreas urbanas en el país. Mientras que el enfoque y el espíritu de la norma en el contexto social promueven la búsqueda de nuevas oportunidades

<sup>24</sup> Los escenarios mixtos consideran que 40 por ciento de la materia prima proviene de pequeños productores y el restante 60 por ciento proviene de agricultura comercial.

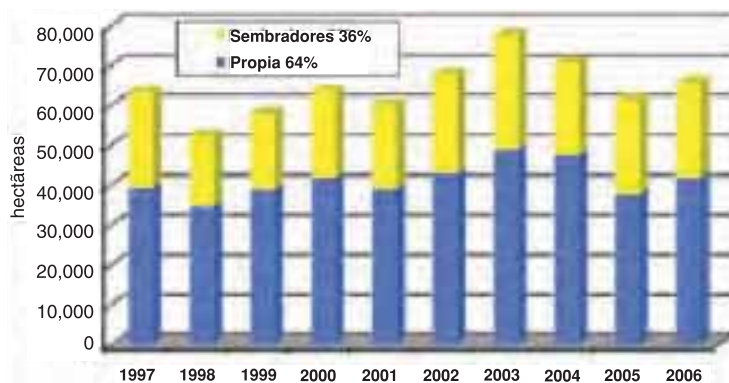
de mercados para pequeños productores que permitan crear nuevos puestos de trabajo y conllevar a un desarrollo económico del área rural. Los cultivos de interés para la producción del biodiesel son la palma aceitera y la *Jatropha* y para el etanol la caña de azúcar.

### 6.2.1 PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA COSTA

En el Perú, durante muchos años se viene manejando la estructura de producción de caña de azúcar de manera participativa, dado que en la Costa peruana tanto los productores como los sembradores de caña participan de los beneficios de la venta del azúcar. La participación en este sector ocurre por medio de la provisión de materia prima, de la cual aproximadamente 40 por ciento proviene de sembradores y el restante 60 por ciento de producción propia o comercial (ingenios) (Figura 6.1). Esta estructura de producción indica que existen convenios o alianzas entre las empresas azucareras y los productores lo cual permite que los niveles de productividad entre ambos tipos de producción sean similares. Esto es debido principalmente a que existe una cooperación entre productores y sembradores de caña para la provisión de semillas, asistencia técnica y financiamiento entre otras cosas. Es una realidad actual que se observa en la producción de caña para azúcar. Por tal motivo, para los escenarios de producción de caña para etanol, en general, se asume la misma estructura de aporte de materia prima como la de un ingenio tradicional, 60 por ciento de producción propia y 40 por ciento de sembradores.

Figura 6.1

#### Área cosechada propia y de sembradores



Fuente: Situación del Sector Azucarero 2006 – 2007 (Octubre 2007)

### 6.2.2 PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA SELVA

La actual producción de caña de azúcar en la Selva es relativamente pequeña comparada con los niveles de producción de la Costa peruana y está principalmente destinada al consumo local de azúcares. Existe un gran interés en la Selva para la promoción de cultivos de caña de azúcar para producción de etanol hidratado para uso combustible principalmente en motocicletas. En respuesta a esto se ha incluido un escenario de producción de etanol hidratado en Selva. Aquí se considera la producción de caña de

azúcar bajo un escenario mixto y en base a información sobre productividad y costos de producción de materia prima proporcionada por el Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo<sup>25</sup>. (SNV, 2007).

### 6.2.3 PRODUCCIÓN DE PALMA ACEITERA

La palma aceitera es el cultivo que en la actualidad tiene más importancia en la producción de oleaginosas en el país. La producción nacional de palma aceitera se estima en 246 419 TM con un área cosechada de aproximadamente 16 000 ha (MINAG, 2008)<sup>26</sup>. Los rendimientos varían entre 5 y 25 TM/ha dependiendo del nivel de producción (FAO). En el mercado interno hay una significativa demanda de aceites, que no es cubierta por la producción nacional. Este déficit se cubre con importación de aceite de soya y girasol. De acuerdo al diagnóstico sobre la palma aceitera realizada por PROINVERSIÓN, se ha detectado un escaso apoyo estatal al sector de oleaginosas.

La palma aceitera se produce principalmente en la zona de la Amazonía de Perú donde existen altos niveles de pobreza. Los gobiernos regionales han puesto bajo consideración el mercado de biocombustibles líquidos como una opción de mercado que ayude a impulsar el sector rural de estas regiones donde ya se practica en gran parte la producción de pequeñas familias campesinas. En este análisis se ha diseñado un escenario de producción que incorpora la pequeña producción campesina como proveedora de materia prima a plantas productoras de biocombustibles líquidos.

Los pequeños productores tienen por lo general un rendimiento inferior debido a las condiciones de las plantaciones, generalmente debido a la falta de capital para la conducción del cultivo. En la actualidad existen algunas iniciativas de integración de pequeños productores de palma aceitera como proveedores de plantas extractoras las cuales se basan en la promoción de la asociatividad como vía para mejorar los rendimientos. El Estado peruano ya ha considerado la necesidad de responder a las necesidades e impulsar mejoras en este cultivo y ha estructurado un plan nacional de promoción de la palma aceitera donde se propone aumentar las áreas de producción, la rehabilitación de áreas abandonadas, el mejoramiento de la capacitación de los productores y fortalecer las capacidades de organización de pequeños palmicultores entre otros.

### 6.2.3 PRODUCCIÓN DE JATROPHA

La promoción de este cultivo pretende incluir a poblaciones marginadas que aun no han tenido oportunidad de mejorar sus condiciones de vida y donde la producción de este cultivo podría ser una alternativa válida. Sin embargo, cabe resaltar que las iniciativas sobre este cultivo se enfocan principalmente en la definición de los parámetros de

<sup>25</sup> Línea Base de biocombustibles líquidos en la Amazonía peruana (SNV)

<sup>26</sup> Promoción del cultivo e industrialización de la palma aceitera en el Perú -Agencia de la Promoción de la Inversión Privada (PROINVERSIÓN).

producción agrícola con la finalidad de obtener un conocimiento apropiado que permita diseñar un paquete tecnológico para obtener rendimientos que satisfagan la demanda de materia prima de la industria. Debido a la incertidumbre existente sobre el conocimiento de este cultivo se han diseñado dos escenarios con el objetivo de evaluar el efecto que la productividad del cultivo pueda tener en los costos de producción de biocombustibles líquidos.

### 6.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

El estudio se enfoca en el análisis de la producción de biodiesel y etanol teniendo en cuenta el origen de la materia prima. Esto está directamente relacionado con la forma de producción y las formas de participación de la mano de obra. Para ello se realizó un análisis de factibilidad económica considerando una dimensión social que ayude a definir la incorporación de pequeños productores en el sector bioenergético, de tal manera que pueda contribuir al desarrollo rural y disminuir la pobreza en el país.

Específicamente, se pretende identificar y evaluar los modelos de inclusión de pequeños productores en el desarrollo del sector bioenergético. En base a esto se definieron los escenarios de producción los cuales requirieron la realización de ensayos de los costos de producción de materia prima en base a su origen; estos fueron utilizados para proyectar los costos de producción de biodiesel y etanol. Asimismo, después de obtener los costos de producción de biocombustibles líquidos en los diferentes escenarios, estos resultados son incorporados en el modelo de análisis de la economía nacional (Capítulo VII) para evaluar el nexo entre el desarrollo bioenergético y su contribución al desarrollo del país.

Las preguntas que este análisis pretende responder son las siguientes:

- ¿Cuáles son las formas de participación existentes de los pequeños productores en la producción de materia prima para los biocombustibles líquidos?
- ¿Cuáles serían las formas posibles de participación de los pequeños productores en el sector bioenergético?
- ¿Cómo se distribuyen los costos de producción de biocombustibles líquidos a partir de palma aceitera, *Jatropha* y caña de azúcar?
- ¿De qué manera se vinculan el desarrollo de la bioenergía y el desarrollo económico y social?

Al analizar la fuente proveniente de la materia prima los resultados obtenidos permiten visualizar la influencia que el origen de materia prima tiene en el precio final del biodiesel o etanol. Este análisis también permite obtener información objetiva para abrir espacios de discusión y apoyar la toma de decisiones sobre los temas sociales en torno al sector bioenergético.

Los cultivos analizados para la producción del biodiesel son la palma aceitera y la *jatropha* y para el etanol la caña de azúcar. Los diferentes escenarios para estos cultivos

se basan en experiencias representativas del país en la Amazonía y la Costa peruana.<sup>27</sup> Los escenarios planteados se diseñaron en base a estructuras de producción agrícola existentes y teniendo en cuenta la procedencia de la materia prima. Esto consiste en una ejecución secuencial de una serie de criterios de evaluación que considera todo el proceso de producción, desde la materia prima hasta la producción del biocombustible. La evaluación incluye el tipo de semilla, el contenido de azúcar en la caña, el contenido de aceite en las semillas, la mano de obra y la maquinaria utilizadas, la existencia o no de asistencia técnica, las tecnologías para el proceso y la disposición final de los subproductos. Todas estas etapas, permiten conocer los costos de producción de la materia prima y el proceso de transformación de esta materia prima en productos energéticos. Los detalles específicos sobre la metodología y aciertos hechos en el análisis se presentan en el Capítulo VI del Compendio técnico volumen II.

La información secundaria se complementa y ajusta con datos recolectados directamente de instituciones con experiencia en la producción de caña de azúcar, palma aceitera y *Jatropha*; este paso es importante ya que permite confrontar la realidad productiva del país con los datos obtenidos en otros reportes y en fuentes bibliográficas. Esta información permite contextualizar y orientar la metodología a las condiciones del Perú.

Para los fines del estudio, los costos de producción de materia prima para cada uno de los cultivos estudiados se aplican diferentes rendimientos y diferentes costos de producción de la materia prima. La producción agrícola considerada en los escenarios es representativa y se debe tomar en cuenta que existen diferencias entre los paquetes tecnológicos que se aplican a largo del país. Este factor podría influenciar los costos de producción de la materia prima y, por consiguiente, diferir de los costos estimados en este estudio. El proceso de transformación de las materias primas en biocombustibles líquidos se definió en base a niveles de las tecnologías existentes o planeadas para ser usadas por la industria y son representativas para el país. Tomando en cuenta los tres cultivos y la transformación de materias primas, los escenarios son los siguientes:

---

<sup>27</sup> Se tomaron en cuenta información y datos proporcionados por SNV A través de sus publicaciones Análisis de ciclo de Vida de la producción de Biocombustibles líquidos en la Amazonía Peruana, Impactos Socioeconómicos de la Producción de Biocombustibles líquidos en la Amazonía Peruana y La Línea Base de Biocombustibles líquidos, consultas directas con APPAB, Mesa Técnica de Concertación de Biocombustibles líquidos de San Martín entre otros. Adicionalmente, se trabajó con información secundaria de costos de producción provenientes del INIA, FREDEPALMA, MAPLE, MINAG, INEI entre otros.

Cuadro 6.1

**Escenarios de Producción de biocombustibles líquidos**

Escenario	Cultivo	Referencia
Escenario 1	Caña de azúcar	Mixto 40 por ciento pequeño agricultor y 60 por ciento comercial. Producción de etanol anhidro considerando que la materia prima proviene de sembradores y producción propia que ingresan al proceso de conversión en la Costa.
Escenario 2		Producción de etanol a nivel comercial. Producción de etanol anhidro donde la materia prima es sólo producción propia.
Escenario 3		Mixtos 40 por ciento pequeños productores y 60 por ciento comercial. Producción de etanol hidratado donde la materia prima proviene de producción propia y sembradores en la Selva.
Escenario 4	Melaza	Materia prima proviene de producción propia y pequeño productor con alto costo de oportunidad de la melaza.
Escenario 5		Materia prima proviene de producción propia y pequeño productor con bajo costo de oportunidad de la melaza.
Escenario 6	Palma aceitera	Mixtos 40 por ciento pequeños productores asociados y 60 por ciento comercial. Referido a la producción de biodiesel donde la materia prima proviene de producción propia y productores asociados.
Escenario 7		Producción de biodiesel a nivel comercial. La materia prima proviene de la gran industria en la Selva.
Escenario 8	<i>Jatropha</i>	Mixtos 40 por ciento pequeños productores asociados con rendimientos bajos y 60 por ciento comercial. Materia prima proviene de la producción a nivel comercial en la Selva y la que proviene de pequeños productores con alta productividad.
Escenario 9		Mixtos 40 por ciento pequeños productores con rendimientos altos y 60 por ciento comercial. Materia prima proveniente de la producción a nivel comercial en la Selva y de pequeños productores con baja productividad.

## 6.4 RESULTADOS

En general los costos de producción de biocombustibles líquidos en el Perú indican que estos son comparables a los costos obtenidos en otros países:

Etanol a partir de uso de caña de azúcar indican un costo de producción en el rango de 0,27 a 0,51 USD/l. Estos costos son comparables a los costos de producción de etanol citados para Brasil y Colombia (menos de 0,30 USD/l, Cardona *et. al*, 2005; LMC, 2006).

Los costos de producción de etanol a partir de melaza indican un costo de producción en el rango de 0,43 a 0,64 USD/l. Estos costos pueden diferir en base a la valorización de la melaza como materia prima, ya que es un factor importante en la decisión por parte de los ingenios azucareros sobre el uso de este subproducto.

Los costos de producción de biodiesel a partir de palma aceitera se estiman entre 0,23 y 0,31 USD/l<sup>28</sup>. Estos costos son comparables con los costos de producción de biodiesel citados para Brasil (0.30 USD/l)<sup>29</sup> y están por debajo de costos estimados para biodiesel a partir de otras materias primas como por ejemplo soya (0.53 USD/l en Estados Unidos de América)<sup>30</sup>.

Los costos de producción de biodiesel a partir de *Jatropha* se estimaron entre 0,83 a 0,86 USD/l. Estos son más bajos que los costos estimados para Zambia (0,95USD/l)<sup>31</sup> y cercanos a los estimados para Mozambique y Tanzania (entre 0,78 y 0,81 USD/l)<sup>32</sup>

Los detalles sobre la obtención de los costos de producción de biocombustibles líquidos se discuten en la siguiente sección. La discusión para cada uno de los cultivos estudiados se enfoca primero en la estimación de costos de producción de la materia prima seguida por la presentación de costos de producción del biocombustible, y una breve discusión sobre la importancia de los coproductos.

#### **6.4.1 PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR**

Los escenarios de producción de caña de azúcar para etanol se basaron en informaciones reales del Perú: son las condiciones existentes en el sector azucarero. La Figura 6.2 muestra los escenarios estudiados; en particular se distingue el origen de la materia prima y las formas de producción de etanol para cada escenario.

28 En este estudio se consideró el precio de la material prima como el costo de producción o el precio de proveedores, pero no el precio global de palma aceitera, esto asumiendo que se realizara la inversión para procesar aceite a biodiesel y tomando en cuenta la situación geográfica del área de producción lo cual crea limitaciones para acceder al mercado global.

29 Elbersen, V. Oil Palm in Brazil A different picture?, Bioenergy

30 Pruzko, R., Alternative Feedstock and Biodiesel Production, Practical Biodiesel Blueprint Conference, Kuala Lumpur Malasia, January 2007.

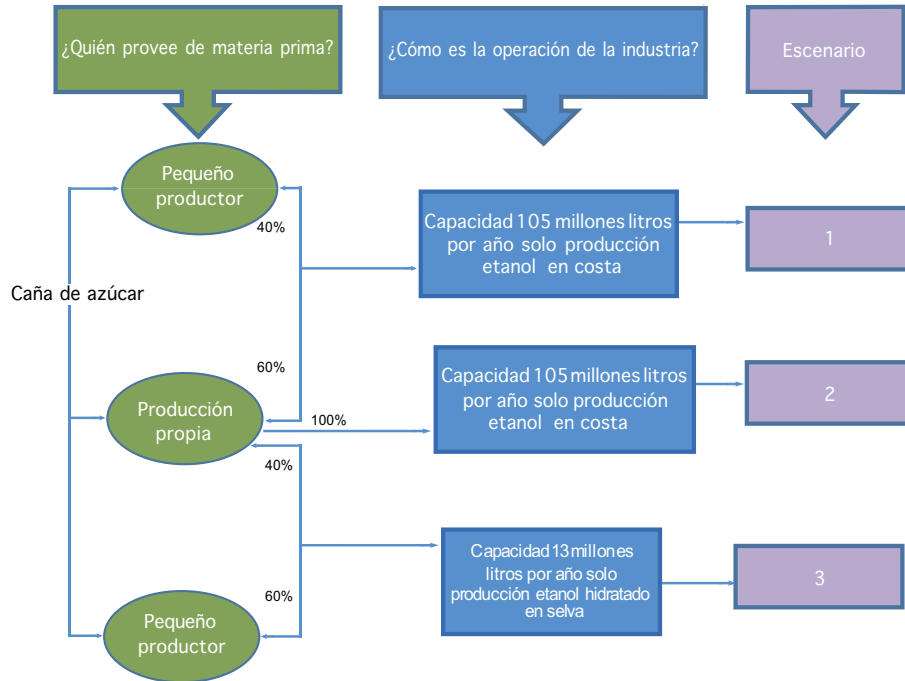
31 Presentación de Septiembre 2009 suministrada al proyecto BEFS por Oval Biofuel Limited.

32 Los costos de producción de biodiesel para Mozambique fueron tomados de estudio sobre biocombustibles líquidos en Mozambique preparado por Ecoenergy Internacional Corporación en Mayo 1, 2008. Los costos de producción de biodiesel para Tanzania fueron tomados de Analysis de BEFS en Tanzania, Roma Italia, 2010.



Figura 6.2

**Producción de caña de azúcar para etanol (por escenarios)**



**6.4.1.1 Costo de producción de materia prima - caña de azúcar**

Los costos estimados para la producción de caña de azúcar, para cada escenario se encuentran en el Cuadro 6.2:

Cuadro 6.2

**Costos de producción materia prima**

Escenario	Materia prima	Costo de producción de materia prima (USD/Ton)	Rendimiento (Ton/ha)
Escenario 1	Caña de azúcar Costa	Sembrador: 12,40 Propio: 12,32	140 comercial, 130 pequeño productor
Escenario 2		Propio: 12,32	140 comercial
Escenario 3	Caña de azúcar Selva	Sembrador: 17,65 Propio: 12,13	185 comercial*, 62 pequeño productor

Sembrador: considerado pequeño productor  
 Propio: considerado producción nivel comercial  
 \* Fuente SNV 2009.

En la actualidad la producción de caña de azúcar es destinada al mercado del azúcar; por este motivo el manejo de los proyectos privados o comerciales de caña de azúcar para la producción de etanol constituye un escenario nuevo en la realidad peruana. En base a este nuevo mercado se han planteado dos tipos de escenarios en base al abastecimiento de caña de azúcar. Estas opciones de abastecimiento son a través de la compra a sembradores

(pequeños productores) existentes o promover el desarrollo de sembradores con similares condiciones de producción de caña de azúcar que existen en el sector azucarero (escenarios 1 y 3); otra opción es en base a una producción netamente comercial sin la participación de pequeños productores Escenario 2).

En la Costa la producción de caña de azúcar a nivel comercial tendría rendimientos ligeramente mayores y costos menores de producción igual a USD 12,32 por tonelada. En la actualidad los rendimientos tienden a variar ligeramente entre la producción comercial y la de pequeños productores (o sembradores como son llamados en la Costa), dependiendo de como se manejen las condiciones de producción; esta a su vez influenciará el costo por tonelada producida. Para los sembradores en la Costa, asumiendo que estos tengan acceso a semillas, asistencia técnica, financiamiento y otros insumos. se estimó un costo de producción de 12,40 USD por tonelada, incluyendo un margen de ganancia al sembrador o pequeño productor.

En la Selva los costos de producción de caña de azúcar a nivel comercial se estiman en USD 12,32 por tonelada; en el caso del pequeño productor se estimó un costo de US 17,65 por tonelada, incluyendo un margen de ganancia del sembrador o pequeño productor. La diferencia en los costos de producción de caña de azúcar en la Selva comparados con la Costa es que no requieren riego y el costo de mano de obra es menor. Otra variación también ocurre con la productividad que puedan alcanzar los pequeños productores en la Selva, que sería potencialmente menor al nivel que los pequeños productores obtienen en la Costa.

#### 6.4.1.2 *Discusión*

- Los costos de operación de la caña de azúcar para la obtención de etanol podrían ser menores que los costos de producción tradicionales para obtener azúcar dado que el costo de fertilización es menor, ya que el objetivo es el contenido de jugo en la caña, sin tomar en cuenta la concentración de sacarosa.
- Para la producción de etanol en la Costa se debe tener en cuenta la ubicación de las tierras ya que en el caso de las tierras eriazas la mayoría tiene textura de suelo arenoso que requiere una técnica de producción diferente a la producción en los campos de caña de azúcar tradicional.
- Todavía no existe la experiencia de una agricultura en áreas de expansión que hayan producido caña de azúcar para etanol bajo las condiciones de suelos arenosos con manejo del cultivo diferentes a la producción tradicional; esto podría afectar los rendimientos del cultivo. En consideración de lo anterior, la maduración de este mercado requiere tiempo y asistencia técnica particular si se desea promover la integración de sembradores o pequeños productores que puedan obtener cultivos rentables.
- Por otro lado, la extensión del cultivo a lugares donde no existe una agricultura extensiva ni presencia de sembradores, y por lo tanto, no existe integración, requerirá un mayor tiempo para la formación de asociaciones de pequeños productores o sembradores.

- El costo de instalación podría ser mayor o menor que los costos de producción tradicional, dependiendo de los siguientes factores:
- **Agua:** en la estructura de costos de producción de etanol, si el agua tiene el mismo costo que la del valle del Chira, habría una reducción sustancial en el horizonte de evaluación respecto al repago del sistema tecnificado menor o igual a 10 años. La disponibilidad de agua en la Costa es otro factor importante a considerar.
- **Fertilización:** el uso de vinazas para suplir necesidades de fertilización sería también un factor económico a considerar.
- **Mano de obra:** la mano de obra involucra costos periódicos como sueldos, seguros, herramientas, etc.<sup>33</sup>.

#### 6.4.1.3 Precio de venta en puerta de fábrica

Es necesario considerar el precio de la materia prima producida puesta en la puerta de la planta de biocombustibles líquidos por parte de proveedores o pequeños agricultores. Por esta razón, los escenarios 1 y 3 incorporan el margen de ganancia del pequeño productor, este porcentaje es un porcentaje equivalente al margen que reciben actualmente los pequeños agricultores en la Costa o en la Selva. Bajo los escenarios mixtos el precio puesto en puerta de la materia prima se calculó en base al porcentaje de contribución por parte de propios y sembradores, 60 y 40 por ciento, respectivamente.

En el Cuadro 6.3 se muestra, el precio de la materia prima para el Escenario 1 para la producción de etanol en la Costa; se estimó en USD 17.79 por tonelada mientras que para el Escenario 3 el cual se base en producción en la Selva y se estimó en USD15.28 por tonelada.

Cuadro 6.3

#### Precio de materia prima puesta en planta

Escenario	Materia prima	Costo de producción de materia prima (USD/Ton)	Rendimiento (Ton/ha)
Escenario 1	Caña de azúcar Costa	17,79	140 comercial, 130 pequeño productor
Escenario 3	Caña de azúcar Selva	15,28	185 comercial*, 62 pequeño producto

\* Fuente SNV.

#### 6.4.1.4 Costos estimados de la producción de etanol

Comparando los Escenarios 1 y 2 se observa que los costos de producción de etanol se encuentran en el rango de los costos estimados para Brasil y Colombia (Cuadro 6.4). En el Escenario 2 (o mixto) se observa un incremento del 26 por ciento en comparación al Escenario donde la materia prima proviene de la producción comercial. En este caso se analizan los beneficios sociales que la integración del pequeño productor tiene para poder explorar potenciales intervenciones que le permitan un desarrollo de este tipo de esquemas

33 Una cuadrilla equivale aproximadamente a 200 personas.

de producción. Al comparar los Escenarios 1 y 2 se observa que ambos Escenarios presenta costos de producción de etanol rentables y competitivos en el mercado global.

Cuadro 6.4

**Costos de producción de etanol a partir de caña de azúcar (por escenario)**

Escenario	Etanol USD/l
Escenario 1 (mixto)	0,3425
Escenario 2	0,2690
Escenario 3 (mixto)	0,5147

En el caso de la Selva, el objetivo de los gobiernos regionales y de muchas instituciones no gubernamentales es el uso de etanol hidratado carburante para uso en sustitución total de gasolinas en motores de ciclo Otto; este tipo de vehículos presenta un consumo significativo en la región. La promoción de este nuevo mercado se viene realizando a través de la creación de micronegocios para el abastecimiento y suplir el mercado interno en zonas pobres<sup>34</sup>. Este Escenario, tendría un costo de producción de 0,5147 USD/l de etanol. Si se considera que la gasolina en esta región se cotiza alrededor de los 0,90 USD/l (10 Nuevos Soles por galón)<sup>35</sup>, esto indicaría que este nuevo mercado sería competitivo. La comercialización de este tipo de biocombustibles líquidos en el mercado nacional requiere de adecuaciones a la Ley y/u otros mecanismos que se deben definir entre el Ministerio de Energía y los Gobiernos Regionales.

**6.4.2 Costos de producción de etanol a partir de melaza**

El objetivo principal de los Escenarios de producción de etanol a partir de melaza, es analizar los efectos de la volatilidad en los precios de esta materia prima y los costos de oportunidad que esto implicaría. Por ejemplo otras industrias como la industria de alimentos balanceados se abastece de melaza para su producción. En el Cuadro 6.5 se muestra la evolución del consumo de melaza por la industria de alimentos balanceados.

Cuadro 6.5

**Consumo de melaza por la industria de alimentos balanceados, por año (t)<sup>36</sup>**

Enero-Diciembre				
2005	2006	2007	2008	2009
10 687	10 072	9 425	11 109	10 947

34 Pueden darse arreglos entre comuneros y mineras donde permanentemente le sirve para abastecerse a la minera y existe una figura de responsabilidad social.

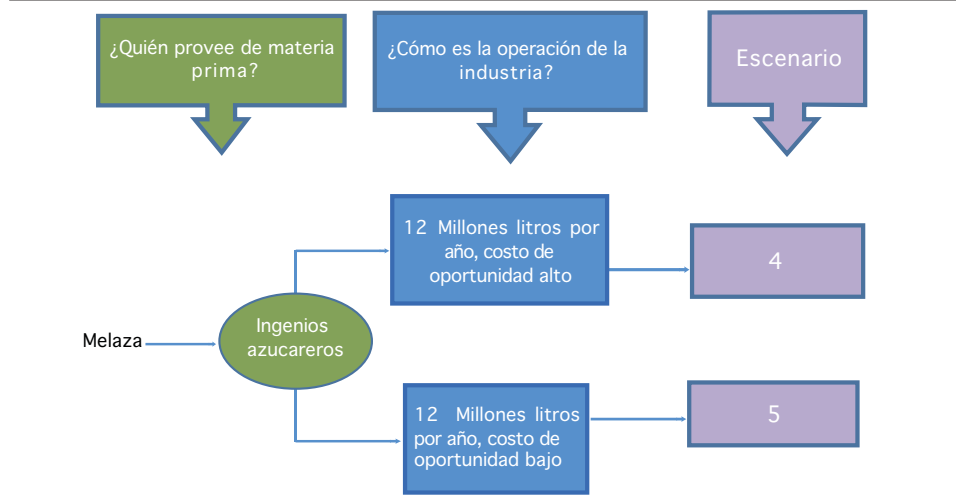
35 En base a estimado de precios de venta de gasolina 84 reportados para Junio 3 2010 en Callao Lima por Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), <http://facilito.osinerg.gob.pe/portal/pages/scop/buscadorEESS.jsp>

36 Direcciones Regionales de Agricultura - MINAG

Esto significa, que el ingenio como proveedor de este producto tendrá que escoger entre dos opciones para generar ingresos: ya sea procesar la melaza para producir etanol o venderlo directamente a la industria de alimentos. Ello dependerá de cuan atractivo sea el precio del etanol en el mercado y el precio de la melaza.

Figura 6.3

**Escenarios de melaza para etanol**



De acuerdo a los resultados mostrados en el Cuadro 6.6, si el precio de la melaza en el mercado se considera alto (alrededor de 100 U.6SD/tonelada) el costo de producir etanol sería de 0,6372 USD/l, En el caso que el precio de melaza sea bajo (alrededor de 49 USD/tonelada) el costo de producción de etanol sería menor, de 0,4316 USD/l. Es probable que si el precio de melazas en el mercado fuera alto el precio de producción de etanol no sería competitivo, por lo tanto, una mejor opción sería vender la melaza a la industria de alimentos. Esto merece una consideración especial fondo y en base a la estructura de precio de venta del etanol que se proponga en el país.

Cuadro 6.6

**Costos de etanol por escenario de melaza**

Escenario	Etanol USD/l
Escenario 4	0,6372
Escenario 5	0,4316

**6.4.3 IMPORTANCIA DE LOS COPRODUCTOS EN LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR**

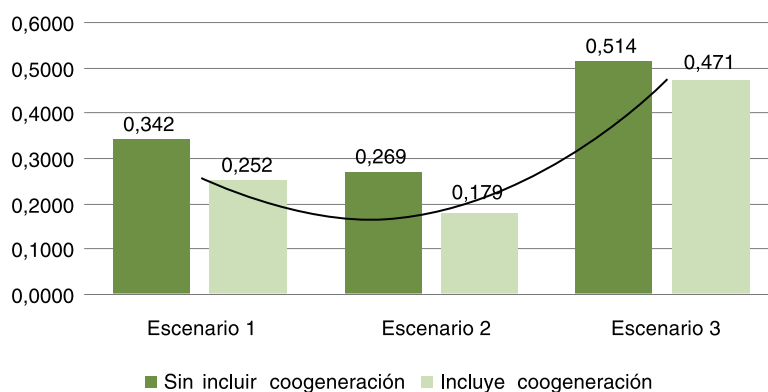
El ingreso adicional por la venta de coproductos es una opción que puede abaratar los costos de procesamiento del etanol. Los coproductos principales generados en la producción de

etanol a partir de cana de azúcar que se consideran para comercializar son la vinaza para usar como fertilizante o el bagazo para cogenerar energía.

- Para la vinaza existe la opción de un círculo eficiente de producción donde al ser un subproducto del proceso puede ser procesado y utilizado como fertilizante para la producción de la misma materia prima o comercializada como fertilizante para otros usos agrícolas. Esto dependerá del precio de venta<sup>37</sup> y la decisión de la empresa; cabe precisar que no existe actualmente un mercado desarrollado para este producto en el país.
- Para el bagazo los resultados de la última subasta realizada con el fin de cubrir el 5 por ciento de la generación de electricidad a partir de energías renovables no convencionales, permitió que dos proyectos de generación de electricidad a partir de biomasa, uno de ellos de la empresa azucarera Paramonga basado en un proceso de 23 Mw de cogeneración utilizando el bagazo, fueran seleccionados al ofertar un precio de generación (USD/Mwh) inferior a la tarifa tope establecida por el Estado. Esta no se dio a conocer hasta cuando se realizó la apertura de sobres conteniendo las propuestas de los postores. La utilización del bagazo en los proceso de cogeneración eléctrica puede generar competencia y también puede ser empleado en la producción de pulpa de papel, un rubro deficitario en el Perú.

Figura 6.4

**Costos de producción de etanol considerando venta de coproductos (USD/l)**



Tal como se muestra en el Figura 6.4, los ingresos adicionales por cogeneración descienden en un 27 por ciento según la línea de tendencia de cada escenario.<sup>38</sup>

37 La vinaza en Colombia, el costo de oportunidad es el ahorrar el costo de fertilización como parte de los costos de producción de materia prima.

38 La vinaza en Colombia, el costo de oportunidad es el ahorrar el costo de fertilización como parte de los costos de producción de materia prima.

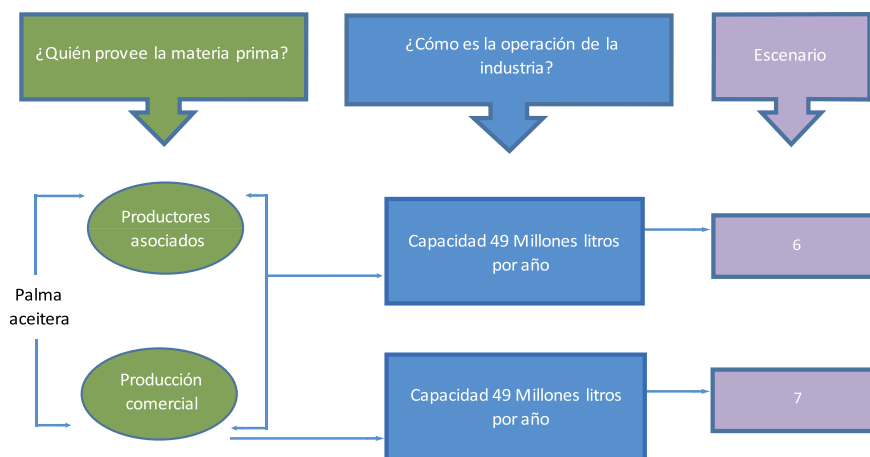
Es importante considerar el Reglamento de la Ley N° 27360 Ley que aprueba las Normas de Promoción del Sector Agrario<sup>39</sup>; dicho Reglamento se refiere a ciertos beneficios tributarios en el sector agrario para que las actividades agroindustriales puedan acogerse a los beneficios tributarios siempre y cuando no excedan el 20 por ciento del total ingresos por ventas provenientes de otras actividades que incluirían los coproductos. En el caso de la caña de azúcar se plantea una situación particular dado que muchos ingenios cogeneran a partir del bagazo. Además si se tiene en cuenta el Decreto Legislativo 1002 que promueve que el cinco por ciento de la generación de energía provenga de Energía Renovable, que no sea hidroeléctrica y, por ende, aquí está considerada la biomasa. Sin embargo, que existe una inconsistencia entre promover el uso de energía renovable por un lado y por el otro un desincentivo en la promoción de de ventas de coproductos.

#### 6.4.4 COSTO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

La producción de biodiesel, Figura 6.5A y 6.5B, presenta los esquemas de producción que se analizaron en base a origen de la materia prima; por ejemplo, materia prima producida por la propia empresa en gran escala y un mixto donde la empresa contribuye con 60 por ciento y el pequeño productor asociado contribuye con 40 por ciento. Dependiendo del escenario, esto tendrá una relación directa con los rendimientos de los cultivos y, en consecuencia, con el costo de la materia de prima y el costo de producción de biodiesel.

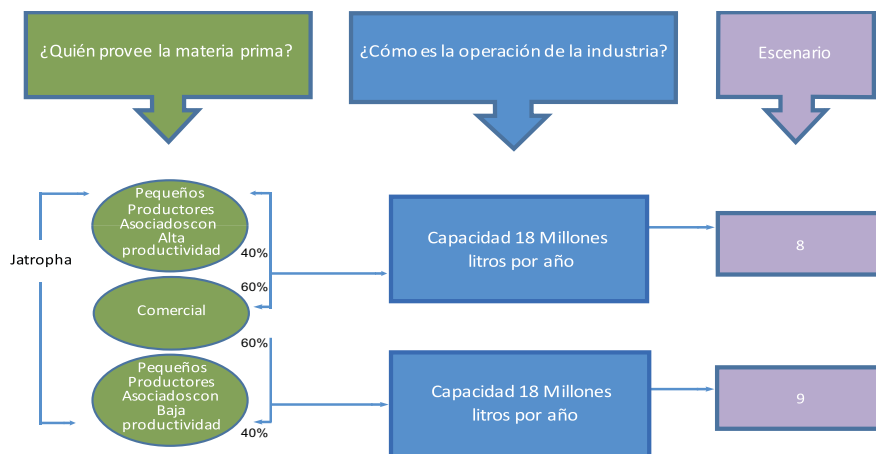
Figura 6.5 A

#### Producción de palma aceitera y *Jatropha* para biodiesel (por Escenarios)



39 Artículo 2 inciso c del Reglamento, la vigencia de la Ley es hasta el 31 de diciembre de 2010 de acuerdo al artículo 3 de la Ley.

Figura 6.5 B

**Continúa: Producción de palma aceitera y *Jatropha* para biodiesel (por Escenarios)****6.4.4.1 Costo de producción de la materia prima**

Por lo general, los rendimientos de la producción de palma aceitera se ven afectados cuando los pequeños productores no se organizan; el acceso al crédito, asistencia técnica, y semillas mejoradas, entre otros insumos, son limitados. La promoción de la asociatividad presenta grandes ventajas ya que esto contribuye a mejorar los rendimientos y posteriormente reduciría los costos de producción de biodiesel. Existen experiencias en el país donde se encuentran los rendimientos próximos entre la producción comercial y la de palmicultores cuando estos últimos están asociados. Asumiendo una productividad cercana entre producción comercial y pequeño productor se obtiene un costo de producción de materia prima de 22,32 y 46,99 USD/tonelada respectivamente (Cuadro 6.7).

Cuadro 6.7:

**Costo de producción de palma aceitera y *Jatropha* (por escenarios)**

Escenario	Materia prima	Costo de producción de materia prima (USD/Ton)	Rendimiento (Ton/ha)
Escenario 6	Palma aceitera	Pequeño productor asociado: 46,99	Pequeño productor asociado: 22
Escenario 7		Comercial: 20,32	Comercial: 25
Escenario 8	<i>Jatropha</i>	Pequeño productor asociado (productividad alta): 179,83	Pequeño productor asociado: 6,5
Escenario 9		Comercial: 167,87	Comercial: 7,6
		Pequeño productor asociado (Productividad baja): 222,00	Pequeño productor asociado: 4
		Comercial: 167,87	Comercial: 7,6



La *Jatropha*, de acuerdo a los estudios realizados por SNV (2005) y Schweizer (2009), puede presentar rendimientos entre 4T/ha y 7,6T/ha. El rendimiento de 7,6t/ha es resultado de un proceso de experimentos y estudios que ha venido realizando el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA); sin embargo, la experiencia de esta producción en gran escala es escasa.

En base a esto se consideraron dos escenarios asumiendo la productividad potencial de pequeños productores, es decir una productividad baja de 4 toneladas por hectárea (Escenario 8) y una productividad alta de 6,5 toneladas por hectárea (Escenario 9). Se supone que la producción de la materia prima proviene de pequeños productores que están asociados, sin embargo, a pesar de ello, estas asociaciones pueden tener bajos rendimientos.

#### 6.4.4.2 Precio de venta en puerta de fábrica

Es necesario considerar el precio de la materia prima puesta puerta de la planta de biocombustibles líquidos por los proveedores o los pequeños agricultores; los Escenarios 7, 8 y 9 incorporan el margen de ganancia del pequeño productor, que equivalente al margen que reciben actualmente los pequeños agricultores en la Selva o el precio que se proyecta pagar por la materia prima (Capítulo VI del Compendio Técnico Volumen II). En los escenarios mixtos el precio puesto en puerta de la materia prima se calculó en base al porcentaje de contribución por parte de productores propios y sembradores, 60 y 40 por ciento respectivamente.

El Cuadro 6.8 muestra el precio de materia prima para el Escenario 6 que refleja producción de biodiesel a partir de palma aceitera que se estimó en USD 92,50. El precio de *Jatropha* como materia prima para biodiesel se consideró, para el Escenario 8 en USD250,00 y para el Escenario 9 en USD 275 por tonelada

Cuadro 6.8

#### Precio de materia prima puesta en planta

Escenario	Materia prima	Precio materia prima (USD/Ton)	Rendimiento (Ton/ha)
Escenario 6	Palma Aceitera	92,50	140 comercial, 130 pequeño productor
Escenario 8	<i>Jatropha</i>	250	185 comercial*, 62 pequeño productor
Escenario 9	<i>Jatropha</i>	275	185 comercial*, 62 pequeño productor

\* Fuente SNV. 2007

#### 6.4.4.3 Costos de producción de biodiesel

De acuerdo al Cuadro 6.9, el costo de producción de biodiesel a partir de palma aceitera se estima en 0,2270 USD/l a 0,3138 USD/l que se encuentran dentro del rango de costos globales (0,30USD/l en Brasil). En el Escenario 6 o mixto se observa un incremento del 38 por ciento en comparación al escenario donde la materia prima proviene de una producción comercial. La consideración a hacer en este caso es analizar los beneficios sociales que la

integración del pequeño productor tiene a fin de poder explorar potenciales intervenciones que permitan un desarrollo de este tipo de esquemas de producción. Al comparar los Escenarios 6 y 7 se observa que ambos Escenarios presentan costos de producción de biodiesel que son competitivos en el mercado global.

Cuadro 6.9

**Costo de biodiesel (por escenarios)**

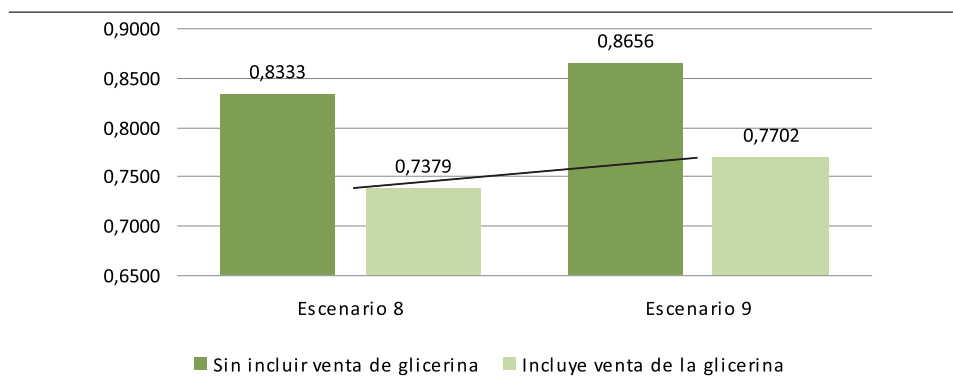
Escenario	Biodiesel USD/l
Escenario 6 (mixto, palma aceitera)	0,3138
Escenario 7 (comercial, palma aceitera)	0,2270
Escenario 8 (mixto, <i>Jatropha</i> , alta productividad)	0,8333
Escenario 9 (mixto, <i>Jatropha</i> , baja productividad)	0,8656

En el caso de la *Jatropha*, en el Cuadro 6.9 se aprecia que el costo de producción de biodiesel a partir se estima en 0,8333 USD/l a 0,8656 USD/l, que se encuentran en el rango de los costos de biodiesel a partir de *Jatropha* estimados para países en África. En el Escenario 9, cuando se considera una baja productividad por parte de pequeños productores, se observa un incremento del 3.8 por ciento en comparación con el Escenario 8. Los costos de producción de biodiesel a partir de *Jatropha* por lo general son más altos que los de otras materias primas, tal vez debido a la poca experiencia que existe con el cultivo. En términos generales, es necesario entender mejor el comportamiento agrícola de este cultivo para su uso comercial.

**6.4.4.4 Importancia de los coproductos de la *Jatropha***

Es posible considerar la comercialización de subproductos como la glicerina que puede utilizarse como materia prima para otros productos en la producción de biodiesel. La venta de este coproducto podría generar ingresos adicionales que permitirían abaratar los costos de producción; sin embargo, se tendría que establecer el mercado para la glicerina en el Perú. Otro subproducto es la torta que se puede utilizar como fertilizante, sin embargo, no existe una experiencia en su utilización o un mercado formalizado que permita registrar los precios de venta.

Figura 6.6

**Costos de producción de biodiesel considerando venta de coproductos**

Como se observa en la Figura 6.6, si se consideran los ingresos adicionales por venta de glicerina, los costos descienden cerca de 11 por ciento, según la línea de tendencia para cada Escenario.

## 6.5 CONCLUSIONES

- Tal como se mostró en los escenarios de biodiesel y etanol es posible incluir a los pequeños productores en la producción de materia prima; sin embargo, es necesario evaluar los factores a considerar para que este esquema se pueda realizar.
- La asociatividad es un factor importante que tiene efectos positivos sobre los rendimientos, sin embargo, es necesario promover estas asociatividades y que estas realmente puedan obtener altos rendimientos.
- Existen formas de incluir a pequeños productores en la producción de biodiesel o etanol; sin embargo, para ello se necesita promover la asociatividad entre productores. Esta responsabilidad podría recaer bajo la responsabilidad del Estado en términos de políticas y presupuesto, mientras que el sector privado podría enfocarlo desde el punto de vista de la responsabilidad social.
- Para llegar a consolidar condiciones donde las asociaciones y la industria lleguen a un nivel de coordinación satisfactorio es necesario considerar que esto involucra tiempo y dinero.
- La integración en asociaciones podría incrementar los requerimientos de servicios de extensión agraria, por ejemplo el INIA; esto ayudaría a mejorar la productividad y los pequeños productores podrían acceder a estos servicios. Es necesario considerar que actualmente existe una mayor demanda sobre la oferta de los servicios de extensión agraria, por lo que esto requerirá una cierta expansión a fin de poder aportar el apoyo necesario.
- El mejoramiento de los servicios de extensión agraria, involucraría crear nuevos puestos técnicos con responsabilidad en cultivos agroenergéticos.
- Bajo el Marco Legal de la Promoción de Energía Renovable, los últimos resultados han provocado una discusión sobre la participación de los ingenios para cogeneración a base del uso del bagazo. El Estado tiene que reconocer que existen diferentes barreras y ajustar parámetros si quiere que las metas propuestas para la contribución de la biomasa en la matriz energética renovable se cumpla.