

Cultivos para la producción
sostenible de biocombustibles
Una alternativa para la generación
de empleos e ingresos

Módulo III:
Jícaro



SNV

Servicio Holandés

de Cooperación

al Desarrollo

© Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo SNV
Col. Matamoros, Avenida La Paz, Casa 2716
Tegucigalpa, Honduras, Centroamérica
Apartado Postal No. 15025, Col. Kennedy
Tel. (504) 236-9233 / 7915 / 8725 / 5597
Fax (504) 236-5713 / 9669
E-mail: honduras@snvworld.org
www.snvworld.org / www.snv-la.org

Autor:
Miguel Ángel Ramírez, Consultor Internacional

Coordinadores:
Willem Bron, Asesor Líder en Biocombustibles
Evelyn Hernández, Asesora en Marcos Regulatorios y Políticas
Damien vander Heyden, Gerente en Desarrollo Económico

Primera edición: Julio de 2008

Edición y diseño: Comunica

Impreso en: impresiones industriales

Tiraje: 500 ejemplares

Derechos Reservados del Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo SNV.
Prohibida su reproducción total o parcial con fines de lucro, sin autorización de SNV.

Impreso y hecho en Honduras

Contenido

Introducción / 2

Júcaro / 5

- Características generales / 5
- Experiencias previas de cultivo / 6
- Producción agrícola y rendimiento de biocombustibles / 7
- Producción de aceite para biodiésel / 7
- Producción de etanol / 8
- Uso de subproductos / 8
- Acceso a energía / 9
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero / 10
- Requerimientos de mano de obra / 10
- Ingresos para el agricultor / 11
- Costos de biodiésel y aceite vegetal (PPO) / 11
- La pulpa como subproducto / 12

Abreviaturas / 13

Bibliografía / 14

Anexos / 15

Introducción

Las constantes alzas al precio del petróleo y la dependencia de los países latinoamericanos de los combustibles fósiles ha propiciado la búsqueda de fuentes alternativas de energía para cubrir sus necesidades. El uso de la bioenergía se plantea como una opción con muchas posibilidades de desarrollo para la región. El Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo SNV ha decidido apoyar estos esfuerzos como una forma de promover los negocios inclusivos y la producción de bionergía que complemente las necesidades energéticas de la región.

Con el objetivo de sistematizar la información y difundir conocimientos sobre el tema, particularmente referentes a materias primas para la producción de biocombustible, se ha elaborado un conjunto de módulos descriptivos donde se presentan las características de algunos cultivos que se pueden utilizar en la producción de aceite, biodiésel y etanol¹.

Los cultivos que se han seleccionado para estos módulos son: piñón o tempate (*Jatropha curcas L.*), higuero (*Recinus communis L.*), jícaro (*Crescentia alata*), palma africana (*Elaeis guineensis*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Para cada uno de ellos se presenta la siguiente información:

Características generales. Se describen las particularidades del cultivo. Los tipos de suelo adecuados para su siembra, condiciones de clima, arquitectura del cultivo y cosecha.

Experiencias previas. Se describe de manera breve la experiencia adquirida en el cultivo como materia prima para la fabricación de biocombustibles.

Producción agrícola y rendimiento del biocombustible. Se presentan datos de producción del cultivo con los que se estima el rendimiento de biocombustible por hectárea cultivada. Se especifican dos tipos de rendimiento: uno regular o promedio y otro bueno o potencial, los cuales dependen de la información que se obtuvo, presentando un rango de valores de referencia. La selección de éstos ha sido subjetiva, basada en las observaciones y en fuentes consultadas. La finalidad es proporcionar una referencia base de los posibles rendimientos, así como valorar otros atributos del cultivo. No se pretende una categorización de los mismos. Un análisis objetivo de los rendimientos para algunos de estos cultivos demanda una evaluación más profunda, lo que está fuera del alcance de este estudio.

El rendimiento del aceite depende del equipo y del método de extracción empleados, ya sea mecánico o por solventes. Con la extracción mecánica se puede obtener un 75% de rendimiento y usando sistemas de prensado comercial, se puede llegar hasta un 90%. La extracción por solventes es más eficiente y puede alcanzar valores cercanos al 100% (Sha, *et ál.*, 2004 y 2005). Con propósitos de evaluación se toman valores de 90% para la extracción mecánica

1 Para los fines de este estudio sólo se evaluarán esos 3 tipos de biocombustibles.

y 100% para extracción por solventes. Lo anterior se hace para simplificar los cálculos, el valor real puede ser ligeramente inferior.

Uso de subproductos. Se consideran subproductos aquellos resultantes de convertir la materia prima en biocombustibles, es decir, son las partes del cultivo que no se utilizan directamente para producir biodiésel. No se pretende agotar todos los posibles usos de los subproductos, sino presentar aquellos que tengan mayores posibilidades de comercializarse. Cuando es posible, se estima su valor de mercado.

Posibilidades de acceso a energía. Se presenta el valor calorífico del biocombustible y sus subproductos. Se estima la energía potencial que se puede generar por cada hectárea sembrada.

Reducción de emisiones de efecto invernadero. La producción de biocombustibles tiene el potencial de disminuir emisiones de gases de efecto invernadero, las que se pueden vender en el mercado internacional por medio del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), especificado en el Protocolo de Kyoto.

La reducción de emisiones se genera al sustituir combustible fósil por biocombustibles, aunque se produce cierto volumen de emisiones debido a las actividades de toda la cadena de producción de un proyecto de biocombustibles. El uso de fertilizantes, que generan N_2O , el contenido de carbono de metanol y otros, generan emisiones considerables de CO_2 , por lo que debe estimarse si al sumar todos los factores realmente hay una reducción neta de emisiones².

Para calcular la reducción de emisiones del biodiésel se utilizó parcialmente la metodología aprobada AM0047 de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC). Se estimó, además, un valor de reducción neto de 2.45 t CO_2 por tonelada de biodiésel³. En el anexo 1 se encuentra la explicación de este cálculo.

En el caso del etanol, el cálculo de emisiones se describe en el módulo correspondiente a la caña de azúcar.

Una forma adicional de reducir las emisiones se produce por la capacidad de absorción de carbono que poseen las plantas, ya que la plantación representará buena extensión que aprovechará el carbono en la fotosíntesis; ello representaría un factor importante en la reducción, siempre y cuando no se haya deforestado

2 Casos en los que se destruye un bosque para plantar cultivos energéticos, como la palma africana, producen más emisiones de CO_2 , ya que liberan las toneladas que estaban secuestradas en los árboles. Por lo que, al evaluar las reducciones en emisiones, no se debe considerar sólo el biocombustible en sí, sino también el origen de las materias primas.

3 El valor 2.45 t CO_2 se estimó independientemente del tipo de materia prima con la que se fabricó y sólo incluye las reducciones por la sustitución del diésel fósil y el aumento en emisiones por el uso de metanol en el proceso. Sin embargo, no se incluyó el aumento por uso de fertilizantes (N_2O), el cual depende de cada cultivo. También se asume que los cultivos se han realizado en áreas donde antes no existían bosques o sumideros de carbono.

para plantar. En los casos en que esa información está disponible, se presenta separadamente de las emisiones reducidas por biocombustibles.

Requerimientos de mano de obra. Se estima la mano de obra a utilizar por hectárea para las labores de plantación, mantenimiento y cosecha.

Ingresos para el agricultor. Se presentan las ganancias que puede obtener un agricultor por hectárea cultivada. A su vez, se incluye el costo de inversión por hectárea, la cual es definida como la inversión que se debe realizar en el primer año para el establecimiento de la plantación.

Costos de etanol/biodiésel y aceite vegetal. Se hace una valoración de posibles costos de los biocombustibles. En algunos casos, se presentan los costos arrojados por otros estudios o fuentes. En los casos en que sólo se obtuvo información parcial, el resto de la información se conforma con base en supuestos.

Para calcular los costos para biodiésel y aceite vegetal se toman en cuenta los siguientes componentes: costo de la materia prima, costo de extracción y costo de transesterificación. En el costo de la materia prima no se toman en cuenta las ganancias del proceso de extracción.

Todos los valores de precios y costos están dados en dólares americanos. Los valores en otras monedas extranjeras aparecen identificados y se presenta la equivalencia al tipo de cambio promedio del año en que se emitió la información.

Jícaro

Características generales

Nombre científico:

Crescentia alata

Nombres comunes: Jícaro, morro, morrito, mirián, cuautecomate (español); calabash Tree, morro tree (inglés).



El jícaro o morro es un árbol pequeño que puede alcanzar una altura entre los 6 y 13 metros. Abunda en planicies y laderas esencialmente secas. Produce frutos globosos que nacen directamente del tronco y de las ramas, los cuales tienen una corteza dura y en su interior contienen una pulpa de olor característico y sabor dulce, en medio de la cual se encuentran las semillas. De la pulpa se puede extraer etanol debido a los azúcares que contiene. Las semillas tienen un contenido de aceite de 33% aproximadamente. Tanto la pulpa como las semillas son comestibles.

Tipos de suelo: El árbol se adapta a todo tipo de suelo, pero normalmente se encuentra en suelos arcillosos y pesados (vertisoles y grumosoles), los cuales son semi-pantanosos en la época lluviosa y extremadamente duros en la época seca. Por esa razón, no son aptos para la agricultura u otro tipo de vegetación. Sólo el jícaro y algunas especies propias de la zona se adaptan a estas condiciones⁴, por lo que es un árbol con mucho potencial para sembrar en tierras áridas ya que, a su vez, crece en tierras marginales, rocosas e inclinadas⁵.

Requerimientos de agua: En condiciones naturales, el jícaro habita en lugares con precipitaciones entre los 400–1800 mm⁶. Es un árbol muy resistente a las sequías. Sin embargo, después de la germinación, durante el primer año, existen riesgos de pérdida del cultivo por sequías o inundaciones. Una deficiencia de humedad en la etapa de germinación también provocará la falla de la siembra⁷.

4 Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (1983). Posibilidades del incremento de la producción e industrialización del morro en El Salvador. p. 7.

5 Karsten Jochims. Investigador alemán residente en Nicaragua, especializado en el cultivo del jícaro. Información proporcionada por escrito.

6 CATIE. *Árboles de Centroamérica*. p. 501. (<http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/>).

7 Karsten Jochims. *Op. cit.*

Clima: Prospera en áreas abiertas tipo sabana, es propio de tierras planas bajas, cañadas, en selvas bajas subcaducifolias, que bordean los lechos secos de arroyos y selvas bajas caducifolias que cubren las serranías.

En América ecuatorial el rango de adaptación de altura oscila entre el nivel del mar y los 1400 msnm.

Arquitectura de cultivo: Se propaga por semilla o por estaca, pero se recomienda la primera porque crece con una raíz principal profunda que le permite obtener agua y nutrientes en las profundidades del suelo.

Existe poca experiencia del jícara como cultivo, en el estudio "Posibilidades del incremento de la producción y comercialización del morro", se recomienda plantar entre 215 y 286 árboles por hectárea mientras que Karsten Jochims sugiere 560 árboles. La empresa Reichel S.A, la cual tiene plantaciones de jícara, cuenta con un promedio de 325 árboles por hectárea, según información obtenida en Internet.

Cuadro 1. Distanciamiento y densidad

Jícara				
Distanciamiento (m)	6.5 x 7	6 x 6	n.a	6 x 3
Densidad plantas/ha	215	286	325	560

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Cosecha: El árbol comienza a producir entre los 4 y 6 años y llega a su madurez de producción a los 7 años. Se producen frutos durante todo el año, pero sobre todo entre marzo y mayo. La recolección se realiza directamente del árbol o cuando los frutos caen, transportándolos en sacos o carretillas. Los frutos deben presentar un color amarillo o amarillento.

Experiencias previas de cultivo

En 1983, el investigador alemán Jochims instaló una planta procesadora de jícara para obtener etanol y otros productos. Sin embargo, no se obtuvieron los resultados esperados⁸.

En 1988, la Universidad Nacional de Ingeniería en Nicaragua, desarrolló un proyecto de biodiésel a partir de la semilla de jícara que contemplaba la conversión de la corteza del fruto a carbón y el uso de la pulpa y la torta de semilla para alimento de ganado vacuno. Este proyecto enfrentó dificultades en sus plantaciones las



8 Raquel Fernández (1994). "El jícara: árbol sagrado y respuesta económica". Revista *Envío*, número 147. UCA, Managua.

cuales fueron vulnerables a las sequías e incendios. Además, tuvo problemas con el polinizador (murciélagos)⁹.

Actualmente, la empresa Reichel S.A produce comercialmente el jícara, con una producción de 420 toneladas de jícara al año. La pulpa es fermentada y se vende como licor *gourmet*. La empresa tiene una plantación de 370 hectáreas mezclada con tierras de pastoreo y 120,000 árboles de jícara¹⁰.

Producción agrícola y rendimiento de biocombustibles

El jícara es un árbol silvestre que sólo se ha utilizado para actividades silvopastoriles por lo que no hay información sobre rendimientos por hectárea. Para hacer una estimación, se ha calculado una cantidad promedio de frutos por árbol y asumiendo densidades de 325 árboles (promedio de árboles por hectárea que posee la empresa Reichel S.A.) y de 500 árboles (una de las mayores densidades que se ha visto en Nicaragua en estado silvestre¹¹).

Se estimaron 2 valores de la producción de fruto por árbol, uno promedio de 18 kg/árbol y uno potencial de 30 kg/árbol. Tomando en cuenta las densidades, se tendrían los siguientes rangos de rendimiento:

Cuadro 2. Rendimientos de fruto de jícara, en ton/ha

Casos	Promedio (18 kg/árbol)	Potencial (30 kg/árbol)
Densidad de 325 árboles	5.9	9
Densidad de 500 árboles	9.8	15

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Producción de aceite para biodiésel

Se estima que por cada fruto el 9.5% corresponde a semilla¹², la que contiene un promedio de 33% de aceite¹³. Los rendimientos de semilla de jícara y de aceite se presentan en los siguientes cuadros:

9 Luis Molina Barahona (2007). Experiencias con biodiésel en Nicaragua. Presentación en el Taller Regional del Aceite Vegetal/Biodiésel como fuente de energía en América Latina y el Caribe.

10 (http://www.importers.com/Exporter/ID.229594/Industrias_Reichel_S_A_.html).

11 CATIE. *Árboles de Centroamérica*. Op. cit. p. 501.

12 Se desconoce si este valor pertenece a semilla seca o húmeda, si es húmeda el porcentaje sería menor.

13 Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (1983). Op. cit. p. 8.

Cuadro 3. Rendimientos de semilla de jícara, en ton/ha

Rendimientos de semillas en ton/ha	
Densidad de 325 árboles	0.56 - 0.86
Densidad de 500 árboles	0.93 - 1.43

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Cuadro 4. Rendimientos de aceite por tipo de extracción, en ton/ha

Casos	Mecánica	Solventes
Densidad de 325 árboles	0.17 - 0.25	0.18 - 0.28
Densidad de 500 árboles	0.28 - 0.42	0.31 - 0.47

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Producción de etanol

Las propiedades de la pulpa del jícara permiten su uso para etanol, pero hay poca investigación del tema. En el artículo de la revista *Envío* de la Universidad Centroamericana (UCA)¹⁴, se menciona que se pueden producir 35 g de alcohol por kg de pulpa de jícara, pero no se indica la fuente de esta información.

Uso de subproductos

Los subproductos del jícara tienen muchos usos, aquí se describen sólo aquellos que tienen mayor potencial de comercialización. Dado que se podría producir etanol y biodiésel, se presentan como subproductos los usos alternativos tanto de las semillas como de la pulpa.

Las semillas de jícara tienen una alta demanda del mercado autóctono de bebidas. En El Salvador los precios actuales son de alrededor de 2.4 US\$/kg, mientras que en Nicaragua se reportan precios de 1 US\$/kg¹⁵. Las semillas también se pueden convertir en aceite comestible. Si éste se valora a un precio similar al de otros aceites, se le puede asignar un precio similar al del aceite de soya. El promedio para el 2006/07 en Estados Unidos fue de 684 US\$/ton¹⁶.

La torta de semilla de jícara es comestible, contiene entre 40.7% y 42.7% de proteína¹⁷. El investigador Karsten Jochims considera que por sus características se puede comparar con la harina de soya por lo que su valor comercial podría estimarse a partir de esta última. Si el precio de harina de soya es de 16 US\$/qq y se toma como supuesto que la torta de jícara se coloca al 70% de ese precio, el valor sería de 11.2 US\$/qq equivalente a 246.4 US\$/ton de torta.

14 Raquel Fernández, "El jícara: árbol sagrado y respuesta económica". *Op. cit.*

15 CATIE. *Op. cit.* p. 499.

16 El precio es un promedio correspondiente al periodo oct 2006 - abr 2007, según el USDA.

17 Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (1983). *Op. cit.*

Tradicionalmente la pulpa se ha utilizado como alimento para el ganado en la época seca. Así, es posible valorarla como un concentrado secundario para el ganado. Asumiendo un precio de mercado de 7 US\$/qq, se le asignaría a la pulpa un valor de 154 US\$/ton. Sin embargo, se debe considerar cuánto tiempo se puede mantener la pulpa en buenas condiciones (para efectos de almacenaje y transporte).

La pulpa también se puede utilizar para la fabricación de biogás o etanol. Adicionalmente, los residuos sólidos resultantes de la producción mantienen sus nutrientes por lo que podrían ser utilizados como alimento animal.

La corteza del fruto se ha usado comúnmente para fabricar utensilios de cocina y productos artesanales como maracas. Por ser un mercado reducido, se asume que el principal uso de la corteza es para combustión. Karsten Jochims también ha experimentado con la producción de briquetas de carbón con la corteza del fruto.

Cuadro 5. Producción de subproductos, en ton/ha

Subproducto	Mín	Máx	Valor comercial US\$/ton
Semillas (para bebidas)	0.56	1.43	1,000
Aceite comestible	0.17	0.42	684
Torta	0.37	0.95	246
Pulpa para alimento animal	2.9	7.5	154
Corteza de fruto	1.2	3.0	n.a
Briquetas de carbón	0.8	2.0	n.a

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Acceso a energía

Los principales productos del cultivo y su valor energético son los siguientes:

Cuadro 6. Poder calorífico productos de jícara

Jícara (para combustión)	
Aceite	40.4 MJ/kg
Torta	12.5 MJ/kg
Corteza fruto	17.8 MJ/kg
Briquetas de carbón (uso alternativo corteza)	26.6 MJ/kg

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Cuadro 7. Potencial de energía por hectárea, en MJ/ha

Producto	Mín	Máx
Aceite	6,668	17,098
Torta	4,654	11,934
Corteza fruto	20,826	53,400
Briquetas carbón (uso alternativo corteza)	20,229	51,870

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

El cultivo de jícara podría generar reducciones de emisiones de CO₂ produciendo ya sea biodiésel o etanol, sustituyendo con ellos los respectivos combustibles fósiles.

Para el caso del biodiésel, utilizando el valor predeterminado de 2.45 tCO₂ evitadas por tonelada de biodiésel, la reducción de emisiones sería:

Generación de biodiésel por hectárea: 0.17 a 0.42 toneladas biodiésel/año (por extracción mecánica).

Reducciones de CO₂ por hectárea: 0.42 a 1.03 tCO₂/año. Por falta de información confiable, no se estiman las reducciones para el caso del etanol.

Reducciones de CO₂ por biomasa: El jícara también reduce emisiones al secuestrar carbón por la plantación. No se encontró información sobre el carbón secuestrado por el jícara, pero dado que es un árbol perenne, podría considerarse una aproximación de 8 tCO₂/ha que es lo que se estima para una plantación de piñón¹⁸.

Requerimientos de mano de obra

Debido a la falta de información mencionada anteriormente, no hay datos sobre las necesidades de mano de obra para el cultivo del jícara. Sin embargo, se presentan los requerimientos de mano de obra que se estimaron en un estudio del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de El Salvador, para la producción de morro realizado en 1983, con base en las observaciones y conversaciones de personas que recolectan los frutos para comercializar las semillas.

18 Klaus Becker (2007). Monographic Conference on Jatropha Curcas. España.

Los supuestos fueron para una manzana de 150 árboles y 600-800 frutos por árbol¹⁹, los cuales se modificaron para representar valores por hectárea.

Cuadro 8. Requerimiento de mano de obra, en días-hombre por hectárea

Actividad	Plantación Año 1	Mantenimiento Año 2-4	Año productivo 5-6	Año productivo 7-8
Siembra	9			
Mantenimiento	34	34	34	34
Cosecha			106	246
Total	43	34	140	280

Fuente: Adaptado del Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador. Posibilidades del incremento de la producción e industrialización del Morro en El Salvador. 1983.

Ingresos para el agricultor

No se han podido estimar los ingresos y costos de establecimiento por hectárea, ya que no se cuenta con información referente al uso del jícara como cultivo.

Costos de biodiésel y aceite vegetal (PPO)

Hemos estimado el costo de biodiésel y aceite vegetal sólo a partir de las semillas de jícara, ya que no existe mayor información sobre el rendimiento de la pulpa de jícara para etanol.

Se ha tomado como costo de aceite vegetal, el costo de oportunidad que se tendría al procesar las semillas y venderlas como aceite comestible, el cual es de 684 US\$/ton²⁰, pues no se cuenta con referencia del precio de las semillas como materia prima para biodiésel.

Para el proceso de transesterificación se toma el valor usado anteriormente de 125.94 US\$/ton.

Como subproductos sólo se considera la venta de la torta como alimento animal a un precio de 246 US\$/ton.

19 Se convirtieron los valores a hectáreas. La cantidad de frutos estimada en el estudio para calcular los costos de recolección (600-800 frutos/manzana) sobrepasa a los promedios reportados en otras fuentes de 60 a 80 árboles por hectárea.

20 Véase sección Uso de subproductos.

Cuadro 9. Costos de biodiésel y aceite vegetal

Costos del producto	Sin subproducto	Con subproductos
Aceite vegetal US\$/ton	684	129
Biodiésel US\$/ton	826.47	260.19
Biodiésel US\$/litro	0.73	0.23

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

La pulpa como subproducto

Si se considera el valor de mercado (estimado en la sección de subproductos) y la cantidad de pulpa para fabricar una tonelada de biodiésel, se obtendría un valor de US\$ 2,783 en ingresos de pulpa por cada tonelada de aceite. Este dato habría que validarlo ya que, aunque se estimó de forma conservadora el valor comercial de la pulpa como alimento animal, los supuestos de que ésta pueda venderse fácilmente son discutibles pues se desconocen los efectos de la temporalidad de la producción y el almacenamiento de la pulpa.

Abreviaturas

CENTA:	Centro Nacional de Tecnología Apropriada
CO₂:	dióxido de carbono
COL\$:	pesos colombianos
DQO:	Demanda Química de Oxígeno
ha:	hectárea
kg:	Kilogramo
Kwh:	Kilowatt hora
lt:	litro
MAG:	Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador
MDL:	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MJ/kg DM:	Mega Joule por kilogramo materia seca
MJ/kg:	Mega Joule por kilogramo
MJ:	Mega Joule
mm:	milímetros
msnm:	metros sobre el nivel del mar
N₂O:	óxido nitroso
qq:	quintales
R\$:	reales (Brasil)
tCO₂:	toneladas de dióxido de carbono
TM	tonela métrica
ton:	tonelada
UNFCCC:	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático

Bibliografía

Becker, Klaus (2007). Monographic Conference on *Jatropha Curcas*. España.

CATIE. *Árboles de Centroamérica* (<http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/>).

Fernández, Raquel (1994). "El jícaro: árbol sagrado y respuesta económica". Revista *Envío*, número 147. UCA. Managua.

Jochims, Karsten. Información proporcionada por escrito.

Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (1983). Posibilidades del incremento de la producción e industrialización del morro en El Salvador.

Molina Barahona, Luis (2007). Experiencias con biodiésel en Nicaragua. Presentación en el Taller Regional del Aceite Vegetal/Biodiésel como fuente de energía en América Latina y el Caribe.

(http://www.importers.com/Exporter/ID.229594/Industrias_Reichel_S_A_.html).

Anexo 1: Cálculo de reducción de emisiones de efecto invernadero para biodiésel

Para estimar la reducción de emisiones de CO₂ se utilizó parcialmente la metodología AM0047 del UNFCCC¹ (por sus siglas en inglés): *Production of biodiesel based on waste oils and/or waste fats from biogenic origin for use as fuel --- Version 2*.

La metodología fue aprobada para su uso en proyectos de biodiésel a partir de aceites usados. No toma en cuenta el uso de aceites vírgenes ya que estos producen óxido nitroso (N₂O) en la etapa agrícola, lo que presenta una diferencia con respecto a los aceites usados. Sin embargo, es posible que se desarrolle una nueva metodología para aceites vírgenes que tome como base la presente, agregando cómo calcular el componente de N₂O. Este se debe tomar en cuenta en el cálculo de emisiones en la conversión de aceites vírgenes, ya que cada tonelada de N₂O es equivalente a 310 tCO₂ que se generan adicionalmente. El cálculo de emisiones por este componente va más allá del alcance del estudio.

La metodología calcula las emisiones de CO₂ que se dan por las siguientes actividades:

1. Cálculo de emisiones de la línea base, que son las emisiones que se darían en ausencia del proyecto.
2. Cálculo de emisiones por la actividad del proyecto, incluye 4 componentes:
 - CO₂ emitido por el consumo de combustible fósil en la planta de producción de biodiésel.
 - CO₂ emitido por el consumo de electricidad en la planta de producción de biodiésel.
 - CO₂ proveniente de la combustión del carbón fósil contenido en el metanol, el que es químicamente unido al biodiésel en el proceso de esterificación y liberado en la combustión.
 - CO₂ del transporte de los aceites usados al sitio del proyecto y del biodiésel cuando se lleva a donde la mezcla tiene lugar.
3. Estimación de las fugas del proyecto; es decir, aquellas emisiones que son externas al proyecto pero atribuible a él y, por tanto, se deben considerar. Se estiman 2 tipos de fugas:
 - Emisiones asociadas con la producción de metanol usado para esterificación.

1 United Nations Framework Convention on Climate Change

- Desplazamiento de los usos existentes de aceite usados que pueden resultar en un incremento en la demanda de combustible fósil en otro lado.

Para calcular la reducción en emisiones de los cultivos en estudio, sólo se toman en cuenta los siguientes componentes:

- Las emisiones de la línea base (sustitución del diésel fósil por biodiésel).
- El CO₂ proveniente de la combustión del carbón fósil contenido en metanol.
- Las emisiones asociadas con la producción de metanol usado para esterificación.

El resto de los componentes no se toman en cuenta porque dependen de las condiciones de producción específicas del lugar.

Utilizando la metodología, se obtienen las siguientes reducciones:

- Emisiones de la línea base: 2.78 tCO₂/ton biodiésel (Reducción por la sustitución de diésel).
- CO₂ proveniente de la combustión del carbón fósil contenido en metanol: 0.1375 tCO₂/ton biodiésel.
- Emisiones asociadas con la producción de metanol usado para esterificación: 0.195 tCO₂/ton biodiésel.

Luego, la reducción de emisiones neta: $2.78 - 0.1375 - 0.195$.

Factor de reducción de emisiones: 2.45 tCO₂/ton biodiésel.

Este es el factor predeterminado para el cálculo de reducción de emisiones de los cultivos en estudio.

Anexo 2: Estimaciones y supuestos para el rendimiento del jícaro

Existe muy poca investigación sobre la cantidad de frutos por árbol.

En la Revista de Polibotánica, México 2004, se encuentra el artículo: "Etnobotánica y usos potenciales del Cirián (*Crescentia alata*) en el Estado de Morelos". En él se estima que la producción de frutos por árbol es de 58, y sustentan toda la investigación en datos de campo y estudios previos.

En una conferencia de Agroforestería del XII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal 2004, se presentó el estudio "Ganadería y medio ambiente en América Latina" por Enrique Murgueitio y Muhammad Ibrahim. En él se menciona que el género *Crescentia* puede producir entre 27 y 92 frutos por árbol, pero sin mencionar de qué especie (toma en cuenta 6 especies).

En *Árboles de Centroamérica* del CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en la sección de *Crescentia alata*, se menciona que la producción de frutos varía entre 10 y 200, con promedios entre 60 y 80.

Tomando en cuenta los valores de producción mencionados anteriormente, se consideraron dos rendimientos: un rendimiento promedio de 60 frutos y un rendimiento potencial de 100 frutos por árbol si se desarrollara la tecnología agrícola del jícaro como cultivo.

En el estudio del MAG sobre el potencial de producción del morro, se estima un promedio de 300 g por fruto que es el valor para calcular la producción de fruto.

Luego se tendrían 2 valores de producción potenciales:

Promedio, 60 frutos = 18 kg fruto por año

Potencial, 100 frutos = 30 kg fruto por año.

Anexo 3: Subproductos del jícaro

Se tomó como base la composición del fruto

Composición del fruto:	
Corteza fruto	40.40%
Pulpa	50.10%
Semillas	9.50%

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (1983). Posibilidades del incremento de la producción e industrialización del morro en El Salvador.

Producción de jícaro en ton/ha	Promedio (18 kg/árbol)	Potencial (30 kg/árbol)
Densidad de 325 árboles	5.9	9.0
Densidad de 500 árboles	9.8	15.0

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Pulpa del fruto en ton/ha		
Rendimientos de pulpa en ton/ha	Promedio (18 kg/árbol)	Potencial (30 kg/árbol)
Densidad de 325 árboles	2.9	4.5
Densidad de 500 árboles	4.9	7.5
(50.1% del fruto)		

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Corteza seca en ton/ha		
Casos	Promedio (18 kg/árbol)	Potencial (30 kg/árbol)
Densidad de 325 árboles	1.2	1.8
Densidad de 500 árboles	2.0	3.0
20% fruto (Fuente: Karsten Jochims).		

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Briquetas de carbón en ton/ha		
Casos	Promedio (18 kg/árbol)	Potencial (30 kg/árbol)
Densidad de 325 árboles	0.8	1.2
Densidad de 500 árboles	1.3	2.0
65% de la corteza seca (Fuente: Karsten Jochims).		

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Anexo 4: Cálculos de costo de aceite y biodiésel

Se sabe que para uso en bebidas, las semillas pueden tener un valor entre 1 y 2.4 US\$/kg, lo cual muestra que sería preferible vender las semillas para este segmento (1,000-2,400 US\$/ton semilla) y no convertirlas en aceite. Sin embargo, dado que se desconoce qué tan grande puede ser el segmento de bebidas, asumiremos que las semillas se convierten en aceite, el cual tiene un mercado internacional. De esta manera se puede tomar el costo de oportunidad de vender el aceite para el sector de alimentos, el cual se estimó en 684 US\$/ton como el costo del aceite vegetal para el biodiésel, ya que de esta manera sería indiferente para el agricultor vender las semillas para aceite o para biodiésel.

Supuestos			
a	Costo de oportunidad aceite vegetal	684	US\$/ton aceite
b	Costo proceso para 2,000 ton aceite	251,874	US\$/2,000 ton aceite
c (b/2000)	Costo proceso para 1 ton (d/2,000)	125.94	US\$/ton aceite
d	Eficiencia de conversión biodiésel	98%	
e	Precio de venta torta	246	US\$/ton
f	Precio de venta pulpa	154	US\$/ton

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Costo de aceite vegetal US\$/ton		US\$/ton
a	Costo de aceite vegetal	684.0

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Costo de biodiésel US\$/ton		US\$/ton
a	Costo de aceite vegetal	684.0
c	Costo del proceso (transesterificación)	125.9
g (a+c)	Total costos material y proceso	809.9
h(g x d)	Costo de ton biodiésel (*)	826.47

(*) Se asume un 98% de eficiencia en conversión.

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Costo biodiésel por litro US\$/lt		US\$/lt
i(h/1136.4)	Costo de biodiésel por litro (*)	0.73

(*) Una ton de biodiésel equivale a 1,136.4 litros.

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Ingreso por subproductos	
Datos y supuestos	
	1 tonelada de fruto equivale a 0.028 ton. aceite (a 33% aceite y 90% extracción)
j	35.4 ton fruto/ton aceite
k	18.1 ton pulpa/ton aceite
l	2.3 ton torta/ton aceite
m(e x l)	554.9 ingresos por subproductos torta/ton aceite
n(f X k)	2,783.6 ingresos por subproductos pulpa/ton aceite

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Costo de aceite vegetal con subproductos US\$/ton		
a	Costo de aceite vegetal	684
m	(-) Ingreso por subproducto	555
o(a+m)	Total	129

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Costo de biodiésel con subproductos (US\$/ton)		
g	Total costos material y proceso	809.9
m	(-) Ingreso por subproducto	555
p(g+m)	Total	255.0
q(p x d)	Costo de ton biodiésel (*)	260.19

(*) Se asume un 98% de eficiencia en conversión.

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

Costo de biodiésel en US\$/litro		
r(q/1,136.4)	Costo de biodiésel por litro (*)	0.23

(*) Una ton de biodiésel equivale a 1,136.4 litros.

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.

El costo del biodiésel con subproductos refleja una diferencia de 0.50 centavos por litro debido al valor de la pulpa, ya que por volumen se producen 17 unidades de pulpa por unidad de aceite. Sin embargo, habría que hacer un mayor estudio para validar el volumen de la pulpa que se puede realmente utilizar (tiempo que se puede utilizar la pulpa sin descomponerse, pérdida de volumen por humedad, etc.).

Costos del producto	Sin subproducto	Con subproductos
Aceite vegetal US\$/ton	684.0	129
Biodiésel US\$/ton	826.47	260.19
Biodiésel US\$/litro	0.73	0.23

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria.



Módulo III:
Jícaro

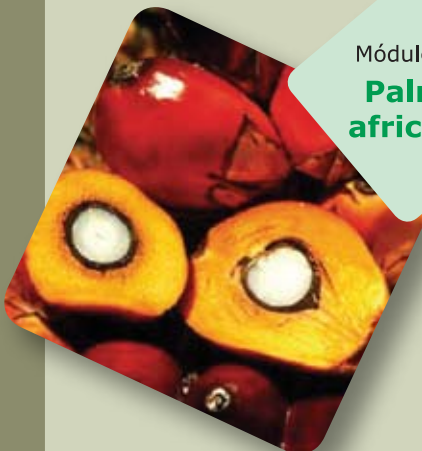
Este módulo forma parte de la serie
**Cultivos para la producción
sostenible de biocombustibles**



Módulo I:
Piñón



Módulo II:
Higuerillo



Módulo IV:
**Palma
africana**



Módulo V:
**Caña
de azúcar**

El uso de la bioenergía se plantea como una opción con muchas posibilidades de desarrollo para la región latinoamericana.

Con el objetivo de sistematizar la información y difundir conocimientos sobre la producción de biocombustibles, se ha elaborado un conjunto de módulos descriptivos donde se presentan las características de cultivos que se pueden utilizar en la producción de aceite, biodiésel y etanol.

Los módulos incluyen información de las siguientes plantas: piñón o tempate (*Jatropha curcas* L), higuerrillo (*Recinus communis* L), jícara (*Crescentia alata*), palma africana (*Elaeis guineensis*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

El Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo SNV, con la intención de promover los negocios inclusivos y contribuir a la disminución de la dependencia de los combustibles fósiles, ha decidido apoyar los esfuerzos orientados a la producción de bioenergía que complemente las necesidades energéticas de la región.



Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo SNV
Col. Matamoros, Avenida La Paz, Casa 2716
Tegucigalpa, Honduras, Centroamérica
Apartado Postal No. 15025, Col. Kennedy
Tel. (504) 236-9233 / 7915 / 5597
Fax (504) 236-5713 / 9669
E-mail: honduras@snvworld.org
www.snvworld.org / www.snv-la.org