



## Resumen / Abstract

Objetivo: realizar la valoración económica del consumo y producción de materias primas para la elaboración de biodiésel en Guatemala. Metodología: se utilizó fue el Método de Valoración Contingente para estimar el valor económico-ambiental que los consumidores y productores le otorgan a la producción de las materias primas Higuierillo (*Ricinus communis*) y Piñón (*Jatropha curcas*) para generación de biodiesel. Para el caso de la Palma Africana (*Elaeis guinnensis*), se utilizó el método de valoración denominado Cambio de Productividad para establecer el excedente del productor y el método de valoración contingente para determinar el excedente de los consumidores. Resultados: los resultados del análisis de valoración económica ambiental reportan bienestar o excedentes para el consumo de biodiésel y la producción de las tres materias primas a valor presente en el orden de los US \$71 millardos de dólares para un periodo de quince años y con la meta de sustituir el 80% del diésel por biodiésel con el cultivo y producción de 374,832 hectáreas. De este excedente total, el 99.76% está dado por el excedente de los consumidores por lo que el bienestar de los productores de las materias primas a valor actual se estimó en US \$169 millones. Limitaciones: son las propias de la metodología de valoración económica que se utilizó, ya que al generar mercados hipotéticos se pueden caer en sesgos de la información los cuales se reducen por las técnicas estadísticas utilizadas. Conclusiones: se recomienda que la asignación de recursos se debe orientar a la demanda de los compradores que más valoran el consumo de biodiésel, es decir aquellos que muestran una mayor disposición a pagar (DAP).

Palabras clave: desarrollo regional; valoración económica; bienestar social; excedente del consumidor y productor; método de valoración contingente; productividad.

Objective: make an economic valuation of the consumption and production of raw materials for the production of biodiesel in Guatemala. Methodology: was the Contingent Valuation Method (MVC) to estimate the economic-environmental value that consumers and producers give to the production of the raw materials Higuierillo (*Ricinus communis*) and Piñón (*Jatropha curcas*) for the generation of biodiesel. In the case of the African Palm (*Elaeis guinnensis*), the valuation method called Productivity Change was used to establish the surplus of the producer and the Contingent Valuation Method to determine the consumers surplus. Results: The results of the environmental economic valuation analysis, report total welfare or surpluses for the consumption of biodiesel. The production of the three raw materials at present value in the order of US \$71 billion for a period of fifteen years and with the goal replacing 80% of diesel with biodiesel with the cultivation and production of 374,832 hectares. Of this total surplus, 99.76% is given by the consumer's surplus that the welfare of the producers of raw materials at current value was estimated at US \$169 million. Limitations: are those of the economic valuation methodology that was used, since generating hypothetical markets can lead to information biases that are reduced by the statistical techniques used. Conclusions: it is recommended that the allocation of resources should be oriented to the demand of the buyers that most value the consumption of biodiesel, that is to say those that show a greater disposition to pay (DAP).

Key words: regional development; economic valuation; social welfare; consumer and producer surplus; contingent valuation method; productivity.

## Introducción

La importancia de este trabajo radica en que es imprescindible conocer el valor económico y ambiental asignado por los productores de las materias primas, así como también el de la población guatemalteca con potencial de consumo del carburante neutro biodiésel, como una alternativa de este a los combustibles fósiles derivados del petróleo. El objetivo principal que guía este trabajo fue realizar la valoración económica del consumo y producción de materias primas para la elaboración de biodiésel en Guatemala, así como analizar las implicaciones socioambientales de los efectos de estas actividades y establecer recomendaciones de la asignación óptima de estos recursos.

La Renewable Fuels Association (RFA) (2014) indica que la temática de la valoración económico-ambiental de los biocombustibles es de relevancia en la actualidad ya que representan procesos crecientes en el mundo para la sustitución de los combustibles fósiles y que, dentro de sus principales temas, de debate están sus implicaciones en el desplazamiento de la producción de alimentos en países o regiones productoras en vías de desarrollo como Guatemala (Bolay, 2004; Green Peace, 2008; FAO 2014; ACRG, 2013).

Para Pearce (2014), la valoración económico ambiental, en función de su bienestar total, se constituye en un instrumento de importancia estratégica parcial. Carpintero (2007) agrega que, junto con otros componentes, es una valiosa herramienta de apoyo para la toma de decisiones para la sustentabilidad, en el marco de hacerle frente a los efectos del cambio climático, como sería la producción de materias primas para la fabricación de biodiésel en Guatemala (RFA, 2014 y Nueva Visión-Prosol, 2010).



En el marco de un enfoque bioeconómico hacia la sostenibilidad, que incluye el análisis de la economía del bienestar, se expresan los máximos beneficios (bienestar económico total) tanto para los productores de las materias primas para la fabricación de biodiésel como para los consumidores del biocarburante (Mansour, 2005; Spangerberg, 2005).

Para el cálculo del excedente del consumidor en las tres materias primas promisorias fue necesario calcular la Disposición a Pagar (DAP) ya que como lo indican Cristeche y Penna (2008), es el precio máximo que se está dispuesto y se puede pagar por un bien o servicio, es decir el valor económico que se le asigna a estos. El excedente del consumidor se midió a través de la curva de la demanda expandida (Draper y Klingman, 1976) y se constituye en el beneficio que obtienen los compradores de biodiésel tal como lo percibe ellos. Es decir, se valoró la cantidad de valor que el comprador está dispuesto a pagar menos lo que paga realmente (Alberini, Kanninen y Carson 1997; Azqueta, 1994). De la misma manera que el excedente del consumidor está relacionado con la curva de la demanda expandida, el excedente del productor está relacionado con la curva de la oferta (Draper y Klingman, 1976).

El excedente total del mercado, definido como la producción de materias primas para la fabricación y comercialización de biodiésel en Guatemala, se consideró como el valor total para los compradores de los bienes, medido por su disposición a pagar por litro del biocarburante (US \$) menos los costos totales que tiene para los productores la producción de las materias primas de Higuierillo (*Ricinus communis*) y Piñón (*Jatropha curcas*). Es decir, la suma del excedente del consumidor más el excedente del productor como lo consideran Barrera y Schwarze (2004).

Para la Palma Africana (*Elaeis guinnensis*) se utilizó el método de Cambio en la Productividad para determinar el excedente de los productores. Este método, como lo sugiere Contreras (2009), realiza el análisis del Costo Beneficio a valor presente a través del cálculo del Valor Actual Neto (VAN) de los flujos de efectivo sin y con proyecto para internalizar las externalidades negativas ambientales y elevar la productividad como resultado de la interacción directa con un cambio físico de producción.

El significado técnico del cambio de productividad (Salvatore, 1976) consistió por lo tanto en evaluar el valor (económico) de un bien ambiental, en este caso, sistema productor de materias primas para la fabricación de biodiésel. En ese sentido, la pérdida de valor del bien ambiental pudo medirse para esta manera, según el cambio de productividad, valorar el bienestar unitario (individual) para luego, con la suma de los bienestar individuales obtener el bienestar social

productivo. El trabajo se enfocó con un análisis regional que considera todas las áreas destinadas a la producción de las materias primas sujetas a estudio en Guatemala, dejando de manifiesto la complejidad y necesidad de accionar de la política agraria nacional y la implicación que esto puede tener en la dimensión socioeconómica y alimentaria.

### **Materiales y métodos**

Se utilizó el Método de Valoración Contingente (MVC) para estimar el valor económico-ambiental que los productores y la sociedad le otorga a la producción de las materias primas Higuierillo (*Ricinus communis*) y Piñón (*Jatropha curcas*). Para el caso de la Palma Africana (*Elaeis guinnensis*), se empleó el método de valoración económico-ambiental denominado Cambio en la Productividad. Los supuestos en los que se basan ambas técnicas, según Haab y McConnell (2002) son:

- El bienestar individual puede ser medido, aún aquel que se genera por la provisión gratuita o a muy bajo costo.
- Los individuos maximizan su bienestar eligiendo la mejor combinación de bienes, servicios y ahorros dadas sus restricciones.
- El bienestar social es la suma del bienestar de los individuos. El bienestar total es igual a la suma del bienestar individual más el social, constituyéndose en el excedente del consumidor.
- El bienestar generado por bienes y servicios suele ser deficiente.

Algunos autores (Bolay, 2004; Carson y Hanemann, 2005) consideran al MVC como un método de valoración directa, ya que se obtiene mediante la formulación de preguntas directas. El propósito de la aplicación del método fue obtener el valor de un bien para el cual no existe un mercado. Para el efecto, se construyó un mercado hipotético y se basó en la determinación del valor económico-ambiental asignado individualmente al bien esperado, mediante una encuesta. En la encuesta realizada para la colecta de información se incorporaron preguntas relacionadas, siguiendo una estructura de tres partes:



1. Datos generales y referenciales del encuestado (sexo, edad, profesión, escolaridad, ingreso familiar entre otros).
2. Pregunta clave (DAP, DAC).
3. Ordenamientos jerárquicos que fueron a.) los actores involucrados (productores y consumidores en general) les otorgan a los beneficios potenciales de la producción de materias primas para la fabricación y consumo de biocombustibles; b.) ¿Cuál es el ordenamiento jerárquico que los consumidores otorgan a la producción de biocombustibles para su consumo?; c) si están o no dispuestos los productores a recibir un precio por cada unidad de volumen de producción de materia prima; d.) si los consumidores están dispuestos a pagar, a cambio de obtener esos beneficios económicos-ambientales; e) en caso de que sí están dispuestos a producir (agricultores) ¿cuál es el máximo de margen que están dispuestos a aceptar?; f.) si están dispuestos a pagar, ¿cuál es el monto máximo que estarían dispuestos a pagar?; g) si no están dispuestos a pagar, ¿cuáles son las principales razones para no hacerlo?; i) si no están dispuestos a aceptar un margen menor, ¿cuáles son las principales razones para no hacerlo?

La cuestión clave que, a su vez, permitió contextualizar y establecer la disposición a pagar (DAP) basado en las recomendaciones de Carson y Hanemann, (2015) fue: Suponga que se radicalizan las medidas para no usar combustibles fósiles (petróleo) derivado de las políticas, acuerdos y leyes que permitirán enfrentar los efectos negativos del cambio climático. Suponga, además, que su municipio cuenta con las características para la producción de materias primas para la fabricación de biodiésel. También, que mediante políticas gubernamentales se garantizará por lo menos para quince años los precios, tanto de la tonelada métrica de materia prima como del litro de biodiésel. De acuerdo con lo anterior y sabiendo que contribuirá en el futuro a reducir la contaminación del medio ambiente, así como a mitigar los efectos del cambio climático ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar (DAP) por litro de biodiésel? Los valores se presentan en la Tabla 1 en dólares USD, sin embargo, la encuesta se realizó en quetzales que es la moneda guatemalteca (tipo de cambio Q. 7.5 quetzales por US \$1 dólar USD).



Tabla 1 Rangos para preguntar la disposición a pagar por litro de biodiesel o a ser compensado por tonelada métrica de materia prima

No.	Disposición a pagar (DAP) (US \$ /Litro)	Disposición a ser compensados (DAC) (US\$ / Tonelada métrica de materia prima)
1	0.88 ó más	440 ó menos
2	0.81 a 0.88	440 a 513
3	0.70 a 0.81	513 a 587
4	0.63 a 0.70	587 a 660
5	0.56 ó menos	773 ó más

FUENTE: elaboración propia.

Para fijar los rangos de DAP y DAC, se desarrolló el enfoque de submuestras de referencia, para lo cual, se realizó un premuestreo con formato abierto con el objeto de definir los valores correspondientes. La encuesta se realizó mediante un muestreo probabilístico estratificado que considero los niveles de los departamentos y municipios establecidos con potencial para la producción de materias primas para la fabricación de biocombustibles. Para definir los municipios y cantidad se realizó un muestreo aleatorio por materia prima. Para el Piñón (*Jatropha curcas*) fueron siete municipios, para el Higuierillo (*Ricinus communis*) quince y para la Palma Africana (*Elaeis guinnensis*) nueve los seleccionados. En la Tabla 2 se observan los municipios donde se aplicaron encuestas para medir la valoración económica y ambiental de la producción y consumo de biodiésel en Guatemala.



Tabla 2 Municipios donde se aplicaron encuestas para medir la valoración económica, producción y consumo de biodiésel en Guatemala

Materia Prima	Departamentos reportados con factibilidad para la producción de la materia prima priorizada	Departamentos seleccionados como muestra para la evaluación de los indicadores	Municipios reportados con factibilidad para la producción de la materia prima priorizada	Municipios/ departamento seleccionados para la evaluación - muestra de los indicadores
Piñón ( <i>Jathropa curcas</i> )	11	Jutiapa Guatemala Chiquimula Izabal Huhuetenango	87	Agua Blanca, Jutiapa Chinautla Chiquimula Morales Chiantla, Huhuetenango El Progreso, Santa Catarina Mita Monjas, San Manuel Chaparron, San Luis Jilotepeque Chiquimula, Ipala Sanarate, Sansare Rabinal, Salamá Cunén, San Luis Ixcán Aguacatán, Todos Santos Cuchumatanes, Chiantla Sayaxché, San Francisco Morales, El Estor Guazacapán Cobán, Cahabón Coatpeque Retalhuleu
Higuerillo ( <i>Ricinus communis</i> )	7	Jutiapa Jalapa Chiquimula El Progreso Baja Verapaz Quiché Huhuetenango	38	Agua Blanca, Jutiapa Chinautla Chiquimula Morales Chiantla, Huhuetenango El Progreso, Santa Catarina Mita Monjas, San Manuel Chaparron, San Luis Jilotepeque Chiquimula, Ipala Sanarate, Sansare Rabinal, Salamá Cunén, San Luis Ixcán Aguacatán, Todos Santos Cuchumatanes, Chiantla Sayaxché, San Francisco Morales, El Estor Guazacapán Cobán, Cahabón Coatpeque Retalhuleu
Palma africana ( <i>Elaeia guinnensis</i> )	9	Peten Izabal Santa Rosa Alta Verapaz Quetzaltenango Retalhuleu	65	Agua Blanca, Jutiapa Chinautla Chiquimula Morales Chiantla, Huhuetenango El Progreso, Santa Catarina Mita Monjas, San Manuel Chaparron, San Luis Jilotepeque Chiquimula, Ipala Sanarate, Sansare Rabinal, Salamá Cunén, San Luis Ixcán Aguacatán, Todos Santos Cuchumatanes, Chiantla Sayaxché, San Francisco Morales, El Estor Guazacapán Cobán, Cahabón Coatpeque Retalhuleu

FUENTE: elaboración propia.





Con los municipios identificados, se estableció una muestra representativa de acuerdo al tamaño total de la población del municipio y el porcentaje de la población reportado como dedicado a las actividades agrícolas. La única exclusión para ser encuestado fue que fuera mayor de edad. Para el cálculo del tamaño de la muestra, conociendo el tamaño de la población se utilizó la fórmula:

$$n = N^* Z_{\alpha/2}^* p^* q / d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha/2}^* p^* q$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra / municipio

N: Tamaño de la población del municipio

Z<sub>α</sub>: Nivel de confianza del 98% para un valor de 1.97

p: Probabilidad de éxito o proporción esperada (0.5)

q: Probabilidad de fracaso o proporción esperada (0.5)

d: Precisión (error máximo admisible en 3%)

Se tuvo presente al momento de aplicar el método de muestreo probabilístico estratificado (Pedroza, 1988) que es un mercado hipotético y las mejoras aún no existen, por lo que los productores y usuarios “expresaron” su disposición a pagar, con base en la información que se les presentó en la pregunta clave. De acuerdo con la cantidad de municipios y a la dispersión de los mismos en el territorio nacional, inicialmente se implementó la aplicación de una encuesta de DAP con formato abierto, utilizando una tarjeta de pagos. Con respecto al Método de Cambio en la Productividad, bajo ese criterio, se estimó la contribución del capital natural a la actividad económica referida para esta materia prima en la fabricación de biodiésel (Roltz, Maldonado y Zambrano, 2015).

La valoración se realizó con un enfoque objetivo de análisis del costo beneficio de la interacción directa ya que normalmente se aplica cuando un proyecto de desarrollo afecta la producción o productividad (positiva a o negativa) de una determinada área, en nuestro caso los 9 municipios seleccionados. La técnica se basó en la valoración de los cambios físicos en producción (IICA, 2010; MAGA, 2008; MAG, 2012) utilizando precios de mercados para los costos y beneficios como lo recomiendan Cristeche y Penna (2008). En síntesis, los cambios pudieron ser valorados usando los precios económicos reales en dólares estadounidenses (normales o corregidos, cuando existieron distorsiones en el mercado).

Con esta técnica, el costo de oportunidad de la producción agrícola perdida, se convierte en una medida de valor de los servicios ambientales de los sistemas de



producción de materias primas con enfoque a la sostenibilidad. Al realizar los análisis de flujo de efectivo de los cambios en la productividad a valor presente neto, con precios de mercado y considerando la diferencia de ingresos/egresos con la internación de las externalidades económicas y ambientales y sus consiguientes cambios en la productividad agrícola, se obtuvo a nivel unitario (hectárea de producción) el monto o beneficio individual.

El beneficio total o social, fue la sumatoria de los beneficios individuales, en este caso, la totalidad de hectáreas estimadas para la producción de materias primas para la fabricación de biodiésel en un período de quince años cuando se consigue la meta de sustituir por este el 80% del diésel consumido en el país.

### Resultados y discusión

En la Tabla 3 se presentan las funciones de demanda y oferta para las materias primas Piñón (*Jatropha curcas*) e Higuerrillo (*Ricinus communis*). De igual manera, el índice de correlación para cada modelo.

Tabla 3 Funciones de demanda y oferta para las materias primas Piñón (*Jatropha curcas*) e Higuerrillo (*Ricinus communis*)

No.	Materia Prima	Función de demanda	Índice de correlación (R <sup>2</sup> )	Función de oferta	Índice de correlación (R <sup>2</sup> )
1.	Piñón ( <i>Jatropha curcas</i> )	$Y = -0,0001(X) + 0.8112$	0.6432	$Y = 0.4032 (X) + 415.74$	0.9238
2.	Higuerrillo ( <i>Ricinus communis</i> )	$Y = -7,0 (X^{-5}) + 0.8138$	0.8021	$Y = 0.0516 (X) + 526.66$	0.6061

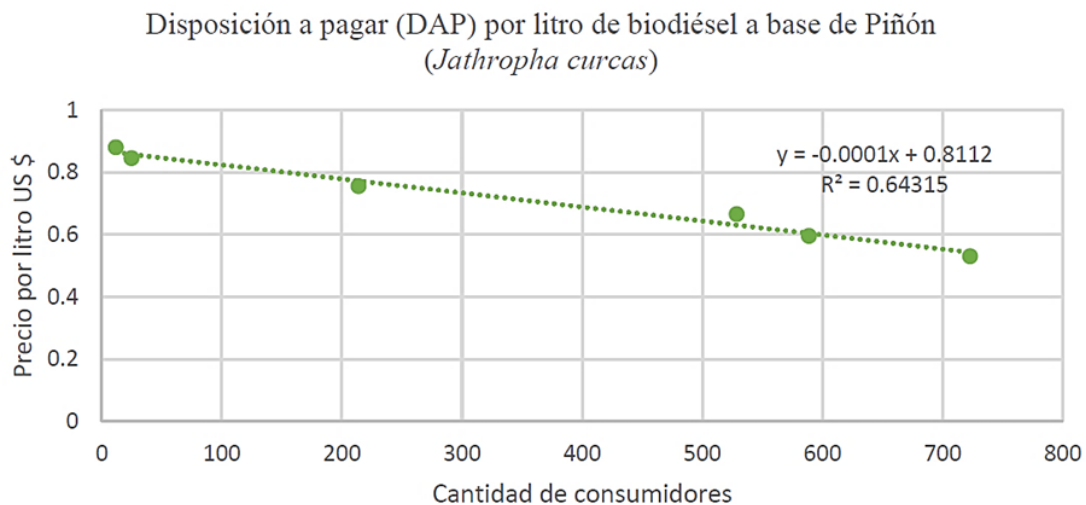
FUENTE: elaboración propia.



Los coeficientes de correlación de Pearson obtenidos nos indican que existe relación lineal entre las dos variables aleatorias cuantitativas analizadas, siendo estas precio y cantidad de consumidores, para establecer el caso de la disposición a pagar (DAP, función de demanda) y en otro el precio y cantidad de productores, para establecer la disposición a ser compensados (DAC, función de oferta).

En ese sentido, el coeficiente de correlación lineal nos permitió, por un lado, establecer la covariación conjunta de las dos variables, la cual es aceptable para todas las funciones evaluadas (demanda de litros de biodiésel y oferta de toneladas métricas de materia prima) y por otro, garantizarnos que se tuvo la universalidad suficiente para poder establecer las comparaciones en los distintos casos. Obsérvese de manera gráfica los resultados obtenidos en las Gráficas 1 y 2 para el caso del Piñón (*Jatropha curcas*) y las Gráficas 3 y 4 para el Higuierillo (*Ricinus communis*).

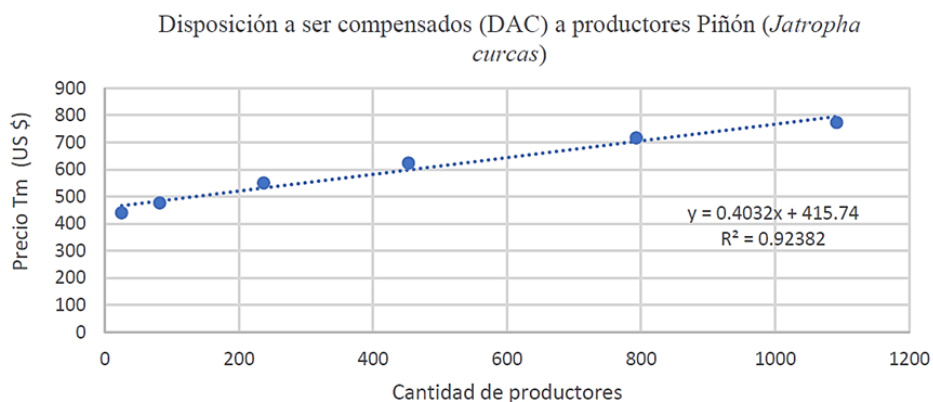
Gráfica 1 Función de demanda litros de biodiésel a base de la materia prima Piñón (*Jatropha curcas*)



FUENTE: elaboración propia.

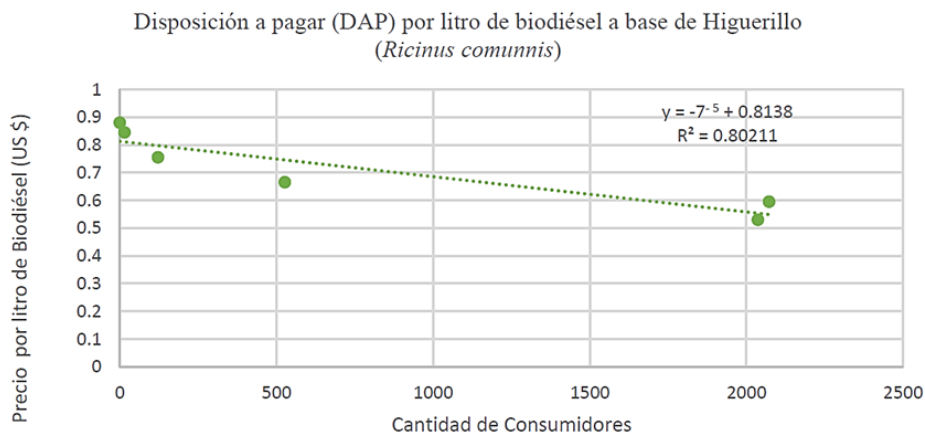


Gráfica 2 Función de oferta en toneladas métricas de la materia prima Piñón (*Jatropha curcas*).



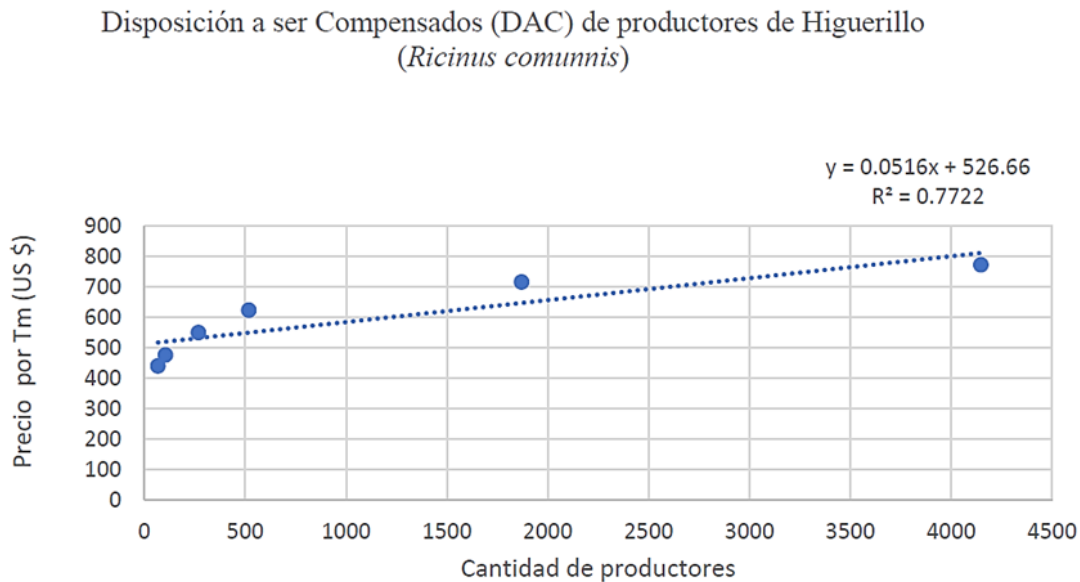
FUENTE: elaboración propia.

Gráfica 3 Función de demanda de litros de biodiesel a base de la materia prima Higuierillo (*Ricinus communis*)



FUENTE: elaboración propia.

Gráfica. 4 Función de oferta de toneladas métricas de la materia prima a base de Higuierillo (*Ricinus communis*)



FUENTE: elaboración propia.

Para la función de demanda, obtuvimos pendiente negativa para ambas materias primas, pero con una mayor correlación en el caso del Higuierillo (*Ricinus communis*) 0.8021, yendo de moderada a elevada para el caso del Piñón (*Jatropha curcas*) 0.6432. La función de oferta presentó una pendiente positiva; se encontró una elevada correlación para el Piñón (*Jatropha curcas*) 0.9238 y de moderada a elevada para el Higuierillo (*Ricinus communis*) 0.6061.

### **Excedente del consumidor para el biodiésel fabricado a partir de las materias primas Piñón (*Jatropha curcas*) e Higuierillo (*Ricinus communis*)**

Para establecer el excedente del consumidor, se partió de las funciones de demanda estimadas que se mencionaron en los párrafos anteriores. A estas funciones de demanda se les calculó su integral definida para así determinar el área bajo la curva dentro de los límites de cantidad de consumidores con disposición pagar (DAP) desde US \$0.88 ó más por litro de biodiésel (límite inferior) y expandiendo la



demanda de manera proporcional entre la diferencia de los diferentes rangos de cantidad de consumidores y su DAP hasta la cantidad de consumidores dispuesto a pagar (DAP) US \$0.56 ó menos por litro de biodiésel.

Para el caso del Piñón (*Jatropha curcas*), de un total de 4,541 datos para los siete municipios estudiados, doce manifestaron una disposición a pagar de US \$0.88/litro de biodiésel, constituyéndose de esta manera en límite mínimo o inferior. El sexto grupo de 920 consumidores reportó una disposición a pagar de (DAP) un monto de US \$0.56 ó menos por litro, para de esta manera, con base a la sumatoria de las diferencias entre cada grupo, constituir un total de 2,806 consumidores donde ya no existe expansión de la demanda, por lo tanto, se constituye en el límite máximo o superior.

Asumiendo que cada persona de este límite máximo, consume un litro de biodiésel, el precio de equilibrio obtenido por litro a base de la materia prima Piñón (*Jatropha curcas*) fue de US \$0.53. La ganancia de los consumidores asciende entonces a US \$976.50, cuando el nivel de venta se sitúa en los 2,806 litros y a un precio de US \$0.53 por litro. Según estadísticas del Ministerio de Energía y Minas (MEM, 2010), así como de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE, 2013), el volumen de las importaciones y/o consumo proyectado de diésel, de no existir cambios en la matriz energética para el 2030, donde se plantea una meta de sustitución del 80% por biodiésel, sería del orden de los 2,175 millones de barriles.

Con base en cálculos efectuados, el aporte óptimo por maximización de la contribución para la fabricación de biodiésel a través del cultivo y producción de la materia prima Piñón (*Jatropha curcas*) es del 6.31% (23,660.28 hectáreas) en relación con el área total disponible para los tres cultivos. Esto representa, del total de los 2,175 millones de barriles, una cantidad de 137.24 millones de barriles de biodiésel proveniente de esta materia prima. Por lo tanto, si 159 litros hacen un barril de biodiésel y se asume una venta de 2,806 litros equivalente a 17.65 barriles, que generan una ganancia o contribución parcial de US \$ 976.50 dólares; para los 137.24 millones de barriles, correspondería un excedente total del consumidor de biodiésel a base de Piñón (*Jatropha curcas*) en Guatemala de, aproximadamente, siete millardos de dólares estadounidenses (US \$7,593,071,556.80).

Usando el mismo método de valoración contingente (MVC), para el caso del Higuierillo (*Ricinus communis*), de un total de 8,383 datos, de los quince municipios estudiados, quince consumidores manifestaron pagar en promedio US \$0.85/litro de biodiésel, constituyéndose de esta manera en el límite inferior de la integral definida. El quinto grupo, conformado por 3,097 consumidores, estarían dispuestos a pagar (DAP) un precio mínimo de US \$0.56 ó menos, para



constituirse de esta manera, con la sumatoria de las diferencias entre las gradualidades de las cantidades de consumidores con DAP, el límite superior de 4,895 consumidores donde ya no se expande la curva de la demanda.

Asumiendo que del total de consumidores (4,895) cada persona consume un litro, el precio de equilibrio obtenido por litro de biodiésel a base de la materia prima Higuierillo (*Ricinus communis*) es de US \$0.52. La ganancia parcial de los consumidores asciende a US \$1,837.23 cuando el nivel de venta se sitúa en los 4,895 litros a un precio de US \$0.52 el litro. Considerando el dato de la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala (MEE, 2014), así como de la OLADE (2013), en referencia a que el volumen de las importaciones y/o consumo proyectado de diésel, de no existir cambios en la matriz energética para el 2030 (año meta para la sustitución del 80% de diésel por biodiésel), sería del orden de los 2,175 millones de barriles de diésel y, con base en los cálculos efectuados, el aporte de contribución para la fabricación del biocombustible a través del cultivo y producción de la materia prima Higuierillo (*Ricinus communis*) es de 9.62% en relación al total de área disponible (36,068.57), se estima una cantidad de 209.23 millones de barriles de biodiésel proveniente de esta materia prima.

Por lo tanto, si 159 litros hacen un barril de biodiésel y se conoce que, con una venta de 4,895 litros, equivalente a 30.79 barriles, se genera una ganancia o contribución parcial de US \$1,837.23 dólares, para los 209.23 millones de barriles que le correspondería al Higuierillo (*Ricinus communis*) se obtendría en Guatemala un excedente o ganancia para el consumidor de biodiésel proveniente de esta materia prima del orden de los doce millardos de dólares estadounidenses aproximadamente (US \$12,486,567,074.76).

### **Excedente del productor de las materias primas Piñón (*Jatropha curcas*) e Higuierillo (*Ricinus communis*)**

El excedente del productor para el Piñón (*Jatropha curca*) está representado por el área bajo la curva de oferta. Se delimitó como límite inferior la cantidad de cuarenta productores que reportan estar dispuesto a ser compensados (DAC) por una cantidad de US \$440 ó menos por tonelada métrica (Tm) de materia prima. Al expandirse la curva de la oferta con posiciones más elevadas de precio para ser compensados, encontramos que existen diferentes cantidades de productores dispuestos a producir si se les compra la materia prima a valores superiores hasta



llegar al sexto grupo de 734 productores que producirían sí son compensados con US \$773 ó más por Tm de materia prima de Piñón (*Jatropha curca*).

Sí la curva de la oferta para la producción de materia prima en una hectárea de Piñón (*Jatropha curcas*) se representa con  $y = 0.4032 X + 415.74$ , y asumimos conforme a lo reportado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala (MAGA, 2014; el IICA 2010; García, 2010; un rendimiento promedio de 2.5 Tm/ha (suelos marginales), así como también que cada uno de los 840 productores aporta una hectárea de cultivo, tenemos un precio de equilibrio de US \$1,262.46 si la producción asciende a las 2,100 Tm. Se obtiene una utilidad, ganancia, superávit o excedente del productor total bajo este comportamiento de US \$23,077,992.96 conforme a la memoria de cálculo siguiente:

$$p (\text{US } \$) = 0.4032 X + 415.74$$

$$p (\text{US } \$) = 0.4032 (2,100) + 415.77$$

$$p (\text{US } \$) = 846.72 + 415.77$$

$$p (\text{US } \$) = 1,262.46$$

Para una sustitución del 80% de diésel por biodiésel, se ha estimado el cultivo de 53,252 hectáreas de Piñón (*Jatropha curcas*) en un periodo de quince años. Con este comportamiento, la ganancia total de los productores se estima en un aproximado de veintitrés millones de dólares estadounidenses (US \$23,077,992.96).

Para el caso del Higuierillo (*Ricinus communis*), el excedente del productor está representado por el área bajo la curva del modelo para la oferta  $y = 0.0516 X + 526.66$ . Se delimitó como límite inferior la cantidad de sesenta productores que reportan estar dispuesto a ser compensados (DAC) una cantidad de US \$440 ó menos por tonelada métrica de materia prima. Al expandirse la curva de la oferta con posiciones más elevadas de precio, encontramos que existe un grupo de 4,683 productores dispuestos a producir y vender sí son compensados con valores de 773 o más de dólares estadounidenses.





En la Tabla 4 se presentan el excedente total del consumo de biodiésel y producción de las materias primas Piñón (*Jatropha curcas*) e Higuierillo (*Ricinus communis*) para su fabricación en Guatemala.

Tabla 4 Excedente total del consumo de biodiésel y producción de las materias primas Piñón (*Jatropha curcas*) e Higuierillo (*Ricinus communis*) para su fabricación en Guatemala

Materia prima	Excedente del consumidor (US \$)	Excedente del productor (US \$)	Excedente total (US \$)
Piñón	7,593,071,556.80		7,616,149,549.76
Higuierillo ( <i>Ricinus communis</i> )	12,486,567,074.76	30,169,625.29	12,516,736,700.05
Sub Total	20,079,638,631.56	53,247,618.25	20,132,886,249.81

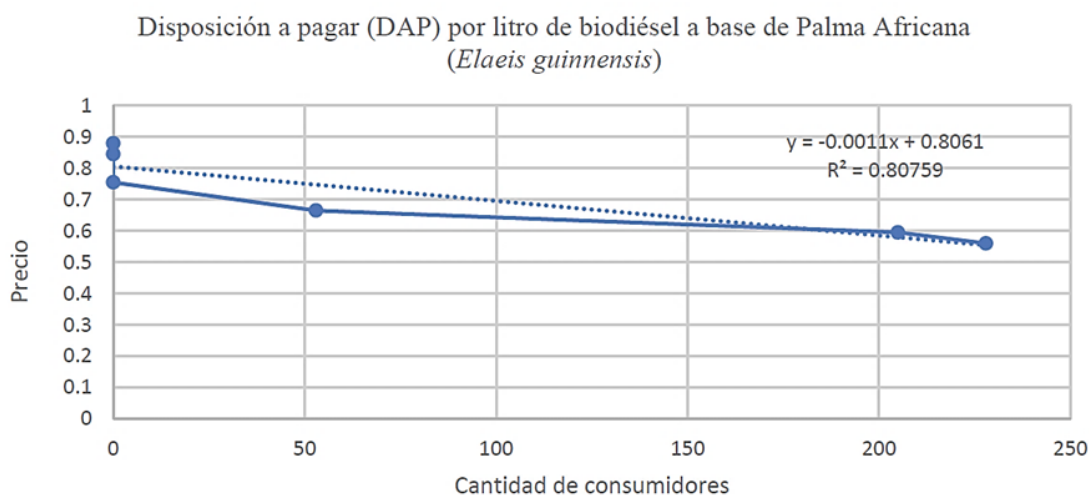
FUENTE: elaboración propia.

#### **Excedente del consumidor del biodiésel fabricado a base de la Palma Africana (*Elaeis guinnensis*)**

Para establecer el excedente del consumidor (Gráfica 5), se partió de las funciones de demanda  $y = - 0.0011x + 0.8061$ , con un índice de correlación  $R^2 = 0.8070$ . A esta función de demanda se le calculó su integral definida para así determinar el área bajo la curva dentro de los límites de cantidad de consumidores con disposición pagar (DAP) desde US \$0.88 ó más por litro de biodiésel y expandiendo la demanda hasta la cantidad de consumidores dispuesto a pagar (DAP) US \$0.56 ó menos por litro de biodiésel.



Gráfica 5 Disposición a pagar (DAP) por litro de biodiésel a base de Palma Africana (*Elaeis guinnensis*)



FUENTE: elaboración propia.

Para el caso del biodiésel a base de Palma Africana (*Elaeis guinnensis*), de un total de 3,790 datos para los nueve municipios estudiados, un grupo de 53 consumidores manifestaron pagar un promedio de US \$0.67/litro (límite inferior) y de acuerdo con la expansión de la demanda se llega a un grupo de 228 consumidores dispuestos a pagar (DAP) un monto de US \$0.56 ó menos por litro. Por lo que, al sumar las diferencias entre las cantidades de consumidores por grupo y precio a pagar por litro de biodiésel, se tiene un límite superior de 228 consumidores. Asumiendo que cada persona de este límite superior, consume un litro de biodiésel, el precio de equilibrio obtenido por litro a base de la materia prima Palma Africana (*Elaeis guinnensis*) es de US \$0.56. Al respecto, la ganancia para los consumidores asciende a US \$70.94 cuando el nivel de venta se sitúa en los 228 litros y un precio de US \$0.56 por litro de biodiésel.

El excedente del productor en la materia prima Palma Africana (*Elaeis guinnensis*) se estimó conforme al método de cambio en la productividad física (MCF) para un horizonte de tiempo de quince años y retrotraído a valor presente con tasas de descuento con estructuras mixtas de capital (recursos propios y préstamos blandos del Estado) calculadas mediante costos promedios ponderados de capital del 12% y



8.21% respectivamente, para una hectárea de producción de Palma Africana (*Elaeis guinnensis*) sin y con proyecto ambiental que incorpora a los flujos de efectivo las externalidades socio ambientales (Ramírez, 2009).

Cuando el excedente del consumidor de Palma Africana (*Elaeis guinnensis*), al igual que como se realizó en el caso de las materias primas Higuierillo (*Ricinus communis*) y Piñón (*Jatropha curcas*), lo retrotraemos a valor presente (Ramírez, 2009), con una tasa del 3% para un periodo de quince años (Banco Central de Guatemala, 2017), nos arroja un monto aproximado de cincuenta y ocho millardos de dólares estadounidenses (US \$58,052,480,297.48). En ese sentido, el excedente total o bienestar social generado en Guatemala con la producción y consumo de biodiésel con base en la materia prima Palma Africana (*Elaeis guinnensis*), determinado por la suma del excedente del productor más el excedente del consumidor corresponde a cincuenta y ocho millardos con ciento noventa y dos millones de dólares estadounidenses (US \$58,192,216,428.84).

La industria de la fabricación de biodiésel en Guatemala con base en la producción de las tres materias primas promisorias estudiadas es un proceso, que para que logre impactar en el desarrollo nacional, que se caracteriza por su complejidad estructural, no sólo depende del aspecto económico. Se debe considerar por tanto para un mejor fallo en torno a la determinación de la viabilidad de la promoción de esta industria con un enfoque de sustentabilidad la manifestación e implicaciones sociales, culturales, ambientales e institucionales además de la dimensión puramente de valoración económica (Chahin, 2009).

Es importante señalar que los valores de la DAP para el Piñón (*Jatropha curcas*) y el Higuierillo (*Ricinus communis*), materias primas que son necesarias para la producción de biodiésel de Guatemala en la presente investigación, se encuentran dentro del rango de valores reportados por la evidencia internacional. En la Tabla 5 se presentan los estudios por país, materia prima usada, el método de valoración usado y el valor de la DAP; es el método de valoración contingente el más recurrido para estimar la DAP en los trabajos de energías renovables (Giraldo, García y Amaral, 2010).



Tabla 5 Estudios internacionales de materias primas, método de valoración económica y Disposición a Pagar (DAP)

País	Materia prima	Método de valoración	DAP	Fuente
Sri Lanka	Cultivo agrícola no alimentario Jatropha (Physic nut)	Valoración contingente	\$0.74-\$0.85 euros por litro	Sivashankar et al. (2016)
España	Pan	Valoración contingente, experimento de elección	\$0.71 euros	Kallas y Gil (2015)
Estados Unidos	Soya	Experimento de elección conjunto	\$0.27 dólares por galón	Winden et al. (2015)
Vietnam	Aceite de Palma Jatropha curcas	Valoración contingente	\$0.54-\$95.34 dólares por mes	Phuong Lan (2015)
España	n.d.	Experimento de elección conjunto	\$0.06-0.07 euros por litro	Giraldo et al. (2010)

FUENTE: elaboración propia.

Desde el punto de vista de la problemática alimentaria, los resultados obtenidos son interesantes ya que el 99.76% del excedente total o social establecido, está determinado por las ganancias o utilidades de los consumidores. Lo anterior, posiciona en una situación desfavorable a los productores agrícolas de las materias primas tanto por sus escasas utilidades del orden de los ciento setenta millones de dólares estadounidenses (US \$170,890,659.14) a valor presente como también porque pudieran dedicar las 374,831 hectáreas aptas del total disponible para la producción de alimentos si esa fuera la política pública agraria nacional. Sin embargo, el costo de oportunidad de invertir en la producción de materias primas para la fabricación de biodiésel, a pesar del bajo porcentaje de bienestar económico esperado (0.24%) en relación con el excedente de los consumidores, sigue siendo desde una óptica de política pública una interesante opción para los agricultores de las áreas definidas para la producción de las mismas.



## Conclusiones

Los modelos econométricos que se establecieron en la investigación corresponden a una distribución de Poisson de acuerdo a la disposición de los datos obtenidos, lo cual se confirma con índices de correlación ( $R^2$ ) aceptables para el método de los mínimos cuadrados.

La industria de la fabricación de biodiésel en Guatemala, con base en la producción de las tres materias primas evaluadas, es un proceso que reportó una considerable valoración económica o bienestar social del orden a valor presente de los setenta y un millones de dólares (US \$71,204,441,308.82). En un 99.76% el mercado del biodiésel y de las materias primas Piñón, Higuierillo (*Ricinus communis*) y Palma Africana (*Elaeis guinnensis*) para su fabricación está determinado por el bienestar o excedente de los consumidores.

Se debe considerar para una mejor toma de decisiones a la determinación de la viabilidad de la industria del biodiésel en Guatemala con un enfoque de sustentabilidad la manifestación e implicaciones sociales, culturales, ambientales e institucionales además de la dimensión puramente de valoración económica. La menor valoración económica, obtenida a valor presente en un periodo de análisis de quince años, es la correspondiente al excedente de los productores de las materias primas Piñón, Higuierillo (*Ricinus communis*) y Palma Africana (*Elaeis guinnensis*), respectivamente con valoraciones económicas de once millones (US \$11,732,439.79), diez y nueve millones (US \$19,281,640.78) y ciento treinta y nueve millones de dólares estadounidenses (US \$139,661,319.43). El costo de oportunidad de invertir en la producción de materias primas promisorias para la fabricación de biodiésel, a pesar del bajo porcentaje de bienestar económico esperado (0.24%) en relación con el excedente de los consumidores, sigue siendo una aceptable opción para los agricultores de las áreas establecidas para la producción de las mismas. Existe la opción para el planificador social, dado el bajo porcentaje de bienestar para los productores de las materias primas, descartar la asignación de recursos para el mercado de las provenientes de Piñón (*Jatropha curcas*) e Higuierillo (*Ricinus communis*) o establecer políticas y programas de incentivos para su producción.

La asignación de recursos se debe orientar a la demanda de los compradores que más valoran el consumo de biodiésel, es decir aquellos que muestran una mayor disposición a pagar (DAP) como es el caso del proveniente de la materia prima Palma Africana (*Elaeis guinnensis*), existiendo la opción de descartar desde el punto



de vista económico la fabricación y comercialización del biodiésel a base de Higuierillo (*Ricinus communis*) y Piñón.

El excedente del productor medido desde el punto de vista de la DAC implica que los mecanismos de libre mercado asignan o bien la planificación social orienta la producción de bienes a los “vendedores” que pueden producir (materia prima de biodiésel) a los menores costos de producción, como es el caso de los productores de materia prima a base de Palma Africana (*Elaeis guinnensis*) que tendrían un excedente mayor del 82% del total en relación al del 11% y 7% de los productores de Higuierillo (*Ricinus communis*) y los del Piñón (*Jatropha curcas*) respectivamente.

Es determinante, entonces, que, de acuerdo con las ventajas que representa la producción agrícola de las materias primas, para ésta sea sustentable debe acompañarse de una política pública de incentivos a los agricultores en términos de crédito, asistencia técnica, así como de servicios de desarrollo empresarial asociativo.

## Bibliografía

- ACRG (Asociación de Combustibles Renovables de Guatemala). (2013). *Noticias*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: ACRG. Recuperado de: <http://www.acrguatemala.com>
- Alberini, A., Kanninen, B., y Carson, R. T. (1997). Modeling response incentive effects in dichotomous choice contingent valuation data. *Land Economics*, 73(3), 309-324.
- Azqueta, D. (1994). *Valoración económica de la calidad ambiental*. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana.
- BANGUAT (Banco Central de Guatemala). (2017). *Informe anual de variables macroeconómicas*. Ciudad de Guatemala, Guatemala, BANGUAT.
- Barrera, J., y Schwarze, R. (2004). Does the CDM contribute to sustainable development? Evidence from the AIJ Pilot Phase. *International Journal of Sustainable Development*, 7(4), 353-368.
- Bolay, J. (2004). World globalization, sustainable development and a scientific cooperation. *International Journal of Sustainable Development*, 7(2), 99 -120.
- Carpintero, O. (Ed.). (2007). *Ensayos bioeconómicos. Antología*. Madrid, España: Libros de La Catarata, Madrid. Pp.72-79
- Carson, R. T., y Hanemann, W. M. (2005). Contingent valuation. En K. G. Mäler y J. R. Vincent (Eds.), *Handbook of Environmental Economics Volume 2, Valuing environmental changes* (pp. 821-936). Amsterdam, Países Bajos: Elsevier.
- Vásquez, F., Cerda, A. y Orrego, S. (2007). *Valoración económica del ambiente*. Buenos Aires, Argentina: Thomson.
- Chahin, C. (2009). *Informe final asistencia técnica, Ministerio de Energía y Minas Guate-*

- mala*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Proyecto Planificación Energética de Guatemala.
- Contreras, E. (2009). *Manual de aplicación de métodos alternativos para valorar recursos naturales renovables e impactos ambientales*. Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina (CEPAL).
- Cristeche, E. y Penna, J. A. (2008). *Método de valoración económica de los servicios ambientales*. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Draper, J. y Klingman, J. S. (1976). *Matemáticas para administración y economía*. Ciudad de México, México: Harper y Row Latinoamerica -Harla-.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2014). *Implicaciones alimentarias para los países en vías de desarrollo con la producción de biocombustibles*. Roma, Italia: FAO.
- García, V. (2010). *Los biocombustibles y la perspectiva de su futuro*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Giraldo, L., Gracia, A. y do Amaral, E. (2010). Willingness to pay for biodiésel in Spain: a pilot study for diesel consumers. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(4), 887-894.
- Green Peace. (2008). *Posición de Greenpeace sobre los biocombustibles*. Madrid, España: Green Peace. Recuperado de: <https://www.greenpeace.org/international/>
- Haab, T. C. y McConnell, K. E. (2002). *Valuing environmental and natural resources. The Econometrics of Non-Market Valuation*. Cheltenham, Reino Unido: Edward Elgar.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2010). *Atlas de la Agroenergía y los Biocombustibles en las Américas. II. Biodiesel*. Programa Hemisférico en Agroenergía y Biocombustibles. San José, Costa Rica: IICA.
- Kallas, Z., y Gil, J. M. (2015). Do the Spanish want biodiesel? A case study in the Catalan transport sector. *Renewable Energy*, 83, 398-406.
- Mohammadian, M. (2000). *Bioeconomics: Biological economics. Interdisciplinary study of biology economics and education*. Madrid, España: Edición Personal.
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación) (2008). *Biocombustibles: perspectivas agrícolas, oportunidades y desafíos en Guatemala*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Unidad de operaciones rurales, MAGA.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2012). *Tecnología de palma aceitera*. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. San José, Costa Rica: MAG.
- MEM (Ministerio de Energía y Minas) (2010). *Política Energética y Minera 2008 - 2015*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: MEM.
- Nueva Visión y Prosol. 2010. *Plan de acción de Biocombustibles*. Cooperación Técnica Número: ATN/OC-10767-GU. Título de los servicios de Consultoría: Aspectos Agrícolas y Socioambientales. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Nueva Visión y Prosol.
- OLADE (Organización Latinoamericana de Energía). (2013). *Perspectivas científico tecnológicas de la sostenibilidad de la matriz energética en América Central*. Quito, Ecuador: OLADE.





- Pearce, D. (2014). Economía de los recursos naturales y del medio ambiente. Tercera edición. pp. 11-47 En *Economía Ambiental*. Traducido por E. Suárez. Fondo de Cultura Económica, México D.F., México. 258 p.
- Pedroza, S. A. (1988). *Desarrollo rural sustentable, experiencias enfoques y perspectivas*. Bermejillo, Durango: Universidad Autónoma Chapingo.
- Nguyen H. P. L. (2015). *Assessment of the potential of biodiesel fuel utilization for tourist boats in Ha Long Bay, Viet Nam* (Tesis doctoral). Osaka Prefecture University, Vietnam.
- Ramírez, C. (2009). *Evaluación económica de dos métodos para la purificación de biodiesel* (tesis de maestría). Universidad de San Carlos (USAC), Guatemala.
- RFA (Renewable Fuels Association) (2014). *Prospects for the production of renewable fuels in the world*. EE. UU.
- Roltz, C., Maldonado, O. y Zambrano, G. (2015). *Producción de biodiesel; estrategia y tecnología*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Instituto de Investigaciones, Universidad Del Valle de Guatemala.
- Salvatore, D. (1976). *Teoría y problemas de microeconomía*. Ciudad de México, México: McGraw-Hill.
- SEGEPLAN (Secretaría de Programación y Planificación de la Presidencia) (2012). *Planes de desarrollo municipal de la República de Guatemala*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: SEGEPLAN.
- Sivashankar, P., Weerahewa, J., Pushpakumara, G. y Galagedara, L. (2016). An estimation of the willingness to pay for biodiesel: a pilot study of diesel consumers. *Bio-based and Applied Economics*, 5(1), 27-45.
- Spangerberg, J. H. (2005). Economic sustainability of the economy: concepts and Indicators. *International Journal of Sustainable Development*, 8(1/2), 42-64.
- Winden, M., Cruze, N., Haab, T. y Bakshi, B. (2015). Monetized value of the environmental, health and resource externalities of soy biodiesel. *Energy Economics*, 47, 18-24.