UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA,
ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS**

**ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD DEL CICLO DE VIDA DE LA ELECTRICIDAD A PARTIR DEL ACEITE
DE JATROPHA, CASO DE ESTUDIO EN ECUADOR**

TESIS DOCTORAL

MARILYN ALEXANDRA MUÑOZ MAYORGA

Ingeniera Agropecuaria

Madrid 2017

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA,
ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS**

Departamento de Economía Agraria, Estadística y Gestión de Empresas

**ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD DEL CICLO DE VIDA DE LA ELECTRICIDAD A PARTIR DEL ACEITE
DE JATROPHA, CASO DE ESTUDIO EN ECUADOR**

TESIS DOCTORAL

MARILYN ALEXANDRA MUÑOZ MAYORGA

Ingeniera Agropecuaria

Director

Eva Iglesias Martínez

Universidad Politécnica de Madrid

Co-Director

Israel Herrera Orozco

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

2017

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**Tribunal nombrado por el Mgfc. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid,
el día.....dede 2017.**

Presidente:

Vocal :

Vocal :

Vocal :

Secretario:

Suplente:

Suplente:

**Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el díade.....de 2017, en la E.T.S.I.
Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas.**

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

DEDICATORIA

A Dios omnipotente, creador de los cielos y tierra.

A mis padres y hermanas.

AGRADECIMIENTOS

La culminación de este trabajo ha sido gracias al apoyo de muchas personas de las que he recibido todo tipo de apoyo fraternal y profesional. Inicio por agradecer a mis padres Francisco Muñoz y Magdalena Mayorga, pilares esenciales en todo momento y que con su ejemplo de esfuerzo, fuerza de voluntad y palabras sabias han sabido acompañarme fielmente en todo este largo camino. Agradezco a mis hermanas Doris Muñoz y Ester Muñoz por su cariño, atención y alegría que dan a mi vida.

Gracias a la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (Senescyt) del gobierno ecuatoriano, por brindarme la oportunidad de estudiar y prepararme para servir de una mejor manera. Agradezco al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) de Ecuador por ayudarme a gestionar el trabajo de campo en Manabí.

Gracias a todos los profesores del Departamento de Economía Agraria, Estadística y Gestión de Empresas por su vocación para preparar nuevos profesionales. A mi directora de tesis, Eva Iglesias por la paciencia y colaboración durante este arduo periodo de aprendizaje. Luis Ambrosio por su apoyo y gentil amabilidad en la primera parte de mi formación. José María Durán, que aunque ya no esté, agradezco su confianza, muy oportunas palabras de ánimo y grande apoyo.

Agradezco de manera especial y en gran manera a la unidad de Análisis de Sistemas Energéticos (ASE) del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). Yolanda Lechón, persona clave que me dio la oportunidad de formar parte de un equipo de trabajo del que me he enriquecido con sus conocimientos y experiencias, pero también he sido favorecida de forma valiosísima de la amistad brindada por parte de cada uno de sus miembros.

Israel Herrera mi cotutor y amigo, que con su firmeza, paciencia y comprensión ha sabido apoyarme en todo este camino. Natalia Caldés, persona importante para la culminación de este trabajo, con su disposición incondicional, paciencia y ánimo incomparable, hacía de un día gris un día más de lucha. Carmen Lago, que con su especial carisma, cuidado y grande cariño me aportó de mucho bien durante todos mis días en el Ciemat. Irene Rodríguez, gracias por su muy valiosa amistad, paciencia, importantísimo ánimo y ayuda en mis momentos de desesperación. Daniel Garrán, mi compañero de despacho, gracias por soportarme tantos años y brindarme un espacio para compartir los muchos días de invierno y verano. Eric Montero, un amigo con el que compartía unas excelentes conversaciones filosóficas. Andrés Vides, gracias por su alegría y momentos graciosos. Ana Gamarra, gracias por su simpática amistad y momentos que hacían salir de la monotonía. Antonio Rodríguez, un mexicano excepcional que me brindó su valiosa amistad, su ánimo y comentarios siempre fueron de mucha ayuda. Helena Cabal, gracias por sus comentarios cargados de ánimo y gran simpatía.

Agradezco a los amigos con los que compartí gran parte de mi vida durante este tiempo de formación. Otilia Cordero, por su amistad e incesante ánimo envuelto en buenas intenciones de superación. Silvia Zambrano, por su amistad y compañía en tiempo oportuno. Joaquín Bautista, por su gran optimismo, confianza y tiempo para escuchar.

RESUMEN

Las instituciones internacionales comprometidas con la conservación del medio ambiente y el desarrollo humano responsable, impulsan las energías renovables, especialmente los biocombustibles como una estrategia oportuna para hacer frente a los efectos del cambio climático. Sin embargo, la contribución de la producción de biocombustibles al desarrollo sostenible ha sido a veces cuestionada.

En 2007, el Gobierno de Ecuador ha puesto en marcha el programa Energías Renovables para Galápagos (ERGAL) en el marco de la iniciativa “Cero combustibles fósiles para Galápagos”. La estrategia ERGAL promueve la producción de biocombustibles a través del proyecto piloto “Jatropha para Galápagos” (JPG) que tiene como objetivo reemplazar progresivamente el diésel por Aceite de Jatropha (AJ) para la generación de electricidad en las Islas Galápagos. El alcance de este objetivo está vinculado a mitigar los efectos del cambio climático, contribuir al desarrollo rural, y evitar el conflicto con la seguridad alimentaria.

A este respecto, cabe señalar que la producción de jatropha proviene del sistema de cercas vivas, que son cosechadas por pequeños proveedores de la zona rural de la provincia de Manabí. Por lo tanto, existe una relación simbiótica entre las zonas rurales de Manabí y Galápagos, que tienen intereses y vulnerabilidades diferentes.

En este contexto, este trabajo de tesis tiene como objetivo el análisis de la sostenibilidad del proyecto JPG. Para ello, se aplican diferentes metodologías complementarias con el fin de identificar y analizar los impactos ambientales y sociales que se generan a través de las fases de ciclo de vida. Además, se analiza la decisión de los proveedores de jatropha de participar en el

proyecto JPG debido a su relevancia social desde el punto de vista de la sostenibilidad de la producción de bioelectricidad y continuidad del proyecto.

Respecto al impacto ambiental, se realizó el análisis del ciclo de vida de la electricidad producida a través de un sistema mezcla (SM) que consiste en 20% aceite de jatropha y 80% diésel. Este sistema se comparó con un sistema de referencia (SR) definido como 100% diésel y un sistema de jatropha (SJ) definido como 100% aceite de jatropha.

Los resultados muestran que el SM tiene un perfil ambiental ligeramente mejor que el SR, pero peor que el SJ. En el SM, las principales cargas ambientales resultan de la combustión de diésel en las fases de generación de electricidad y transporte de materia prima de jatropha.

Una ventaja del SM es el bajo impacto ambiental derivado de la producción de frutos de jatropha dado que no se usan fertilizantes. Sin embargo, esta estrategia de producción depende en gran medida de los rendimientos actualmente limitados de los arbustos de jatropha. Por lo tanto, para mejorar la sostenibilidad ambiental de SM, la mejora de la logística del transporte de frutas de jatropha como la mejora del rendimiento de las cercas vivas son factores claves.

El bajo impacto ambiental del SJ se debe al no uso de diésel para la generación de electricidad. Sin embargo, el combustible usado para transportar grandes volúmenes de materia prima y transporte de producto refinado, junto con el uso de la sustancia purificante en refinería son los principales contribuidores a las cargas totales en el SJ.

En segundo lugar, este trabajo propone y desarrolla un marco metodológico para analizar los impactos sociales a lo largo del ciclo de vida de la producción de la bioelectricidad a partir del aceite de jatropha en el contexto de Manabí e Islas Galápagos, las dos regiones involucradas.

La metodología propuesta complementa el marco tradicional de análisis de ciclo de vida con un "Análisis del Ciclo de Vida Social Multinivel" (ACVS-MN), que permite identificar las vulnerabilidades de los actores y los impactos sociales del proyecto, en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Los resultados, revelan que los proveedores de jatropha son los actores más desfavorecidos. Sin embargo, las contribuciones como ingresos adicionales por la venta de jatropha y los incentivos para la producción de jatropha ayudan a mitigar su pobreza extrema. Los empleados agrícolas y de refinería que operan en un contexto de extrema vulnerabilidad al desempleo, se ven favorecidos por un trabajo decente. Respecto a la igualdad de género cabe señalar que si bien la participación de las mujeres tiene un impacto social positivo, es apenas perceptible. Por esa razón, es aconsejable aumentar su empoderamiento. Si bien la participación de los niños en la cosecha de jatropha es una actividad común asociada a la agricultura familiar, podría comprometer su desarrollo escolar debido a la vulnerabilidad a una educación precaria. La población de la Isla Floreana revela vulnerabilidad energética y ambiental, pero su bienestar se mejora a través de ciertos impactos, como un menor riesgo de derrames de diésel, acceso a electricidad menos contaminante y crecimiento económico.

Sumado a lo anterior, entender y motivar la participación de los proveedores de jatropha es una prioridad para la sostenibilidad del proyecto JPG. Por esta razón, los factores que influyen en su toma de decisiones para participar en el proyecto han sido identificados y analizados utilizando un modelo logit binomial. Los resultados muestran que los factores que influyen positivamente la probabilidad de participación incluyen, entre otros, la experiencia del proveedor dentro del proyecto, su participación en organizaciones locales y el grado de satisfacción con el precio del aceite de jatropha. Además, la colaboración de los niños de las familias productoras en la cosecha de jatropha aumenta la probabilidad general de participación dentro del proyecto. Del mismo modo, la distancia al centro de recolección influye positivamente en las posibilidades de

participación. Por el contrario, aquellos proveedores con salarios más altos y aquellos que declararon que la cosecha de jatropha comienza en abril tienen una probabilidad reducida de participar en el proyecto. Los hallazgos obtenidos de este proyecto pueden ayudar a los tomadores de decisiones a desarrollar nuevas medidas para mejorar la sostenibilidad del proyecto a través de iniciativas para motivar la participación de los proveedores de jatropha en el proyecto.

Los resultados de este trabajo permiten desarrollar un diagnóstico de la sostenibilidad ambiental y social del proyecto JPG y proveen de información relevante para que los gestores del proyecto y los decisores políticos diseñen e implementen nuevas estrategias de sostenibilidad. Finalmente, si bien es cierto que la producción de electricidad a partir de AJ es una potencial estrategia bioenergética ya que genera impactos positivos ambientales y sociales, también revela puntos críticos que debilitan su sostenibilidad, por lo que estos puntos críticos deben ser atendidos y mejorados con el propósito de incrementar la sostenibilidad a largo plazo del proyecto.

SUMMARY

International institutions committed to the conservation of the environment and responsible human development; promote renewable energy, especially biofuels, as a right strategy to deal with the effects of climate change. However, biofuels contribution to sustainable development is sometimes questioned.

In 2007, the Government of Ecuador has launched the program Renewable Energies for Galapagos (ERGAL) within the framework of the initiative "Zero fossil fuels for Galapagos". The ERGAL strategy promotes the production of biofuels through the pilot project "Jatropha for Galapagos" (JFG) which aims to progressively replace diesel by Jatropha Oil (JO) for the generation of electricity in the Galapagos Islands. This objective is linked to mitigate the effects of climate change, contributing to rural development, and avoiding conflict with food security. Additionally, the production of jatropha comes from live fences system, which is harvested by small suppliers in the rural area of the province of Manabí. Therefore, there is a symbiotic relationship between the rural areas of Manabí and Galápagos, which have different interests and vulnerabilities.

In this context, this research has the objective of analyzing the sustainability of the JPG project. For this purpose, different complementary methodologies are applied in order to identify and analyze the environmental and social impacts that are generated within the life cycle phases. In addition, the decision of the jatropha suppliers to participate in the JPG project is analyzed due to its social relevance from the sustainability point of view of the bioelectricity production and continuity of the project.

Regarding the environmental impact, a Life Cycle Analysis of the electricity produced was conducted through a blend system (BS) with 20% JO production and 80% diesel. This system was compared with a reference system (RS) consisting of 100% of diesel, and also a jatropha system (JS) made up of 100% of jatropha oil. The main results show that the BS had slightly better environmental performance than RS, but worse than JS. Under the BS, the main environmental loads resulted from diesel combustion in the electricity generation and the transportation of the raw material. An advantage of the BS is the low impact resulting from jatropha production, given that fertilizers are not used. However, this production strategy is highly dependent upon the presently limited yields from jatropha bushes. Therefore, to increase the environmental sustainability of BS, the logistics of transporting the fruits and improving their yields are key issues that should be considered. The low environmental impact of JS is due to avoided diesel used in the electricity production. However, fuel use for transportation of the high volumes of raw material and the refined product, coupled with the use of the purification substances as part of the refining, are major contributors to environmental loads of JS.

Secondly, this work proposes and develops a methodological framework in order to analyze the social impacts throughout the life cycle of the production of bioelectricity from jatropha oil in the context of Manabí and Galápagos islands, the two regions involved.

The proposed methodology complements the traditional life cycle analysis framework with an "Multi-Level Social Life Cycle Assessment" (ML-SLCA)", which allows to identify the actors' vulnerabilities and project's social impacts, in achieving the Sustainable Development Goals.

The results reveals that the jatropha suppliers are the most disadvantaged actors. However, the contributions as additional income by jatropha's sale and incentives for jatropha production help to them to mitigate its extreme poverty. Agricultural and refinery employees who operate

in a context of extreme vulnerability to unemployment are favored through a decent work. Even though women participation has a positive social impact, it is scarcely perceptible. For that reason, it is advisable to increase their empowerment. While children's participation in jatropha harvest is a common activity associated with family farming, it could compromise their school development due to vulnerability to a precarious education.

Floreana Island population revels energetic and environmental vulnerability, but its well-being is improved through certain impacts, as a lower risk of diesel spills, access to less polluting electricity and economic growth.

In addition to the mentioned above, understanding and motivating the participation of jatropha suppliers is a priority for the sustainability of JFG. For this reason, the factors influencing their decision-making to participate in the project have been identified and analyzed using a binomial logit model. The results show that factors found to positively influence the likelihood of participation include, amongst others, supplier's experience within the project, their participation in local organizations, and the degree of satisfaction with the price of jatropha oil. In addition, the collaboration of children from producers' families in the harvest of jatropha increases the overall likelihood of participation within the project. Similarly, the distance to the collection center positively influences the chances of participation. Conversely, those suppliers with higher wages and those who declared that jatropha harvest starts in April have a reduced likelihood of participating in the project. The findings obtained from this project can help decision-makers develop new measures to improve the sustainability of the project through initiatives to motivate the participation of jatropha suppliers in the project.

The results of this work allows to develop a diagnosis of the environmental and social sustainability of the JFG project and provide relevant information so that project managers and

policy makers can design and implement new sustainability strategies. Finally, while the production of electricity from AJ is a potential bioenergy strategy since it generates positive environmental and social impacts, it also reveals critical points that weaken its sustainability which must be addressed and improved with the purpose of increasing the long-term sustainability of the project.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	I
LISTA DE TABLAS.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Motivación	5
1.2. Objetivos y preguntas de investigación.....	6
1.3. Contexto de la investigación.....	9
1.4. Estructura de la tesis	10
1.5. Contribuciones.....	11
1.6. Publicaciones relacionadas con la tesis	14
2. ANTECEDENTES	15
2.1. Energía Renovable para Galápagos	15
2.2. Caso de estudio: Jatropha para Galápagos.	16
2.3. Sostenibilidad	19
3. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA AMBIENTAL.....	22
3.1. Introducción	22
3.2. Metodología	27
3.3. Resultados.....	34
3.3.1. Cambio Climático	34
3.3.2. Agotamiento de la capa de ozono.....	35
3.3.3. Acidificación	35
3.3.4. Eutrofización de agua dulce	36
3.3.5. Eutrofización Marina	38
3.3.6. Demanda Acumulada de Energía	39
3.3.7. Análisis del rendimiento ambiental del SM y SJ.....	39
4. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA SOCIAL	43
4.1. Introducción	43

4.2. Metodología	46
4.2.1. Objetivos y alcance.....	46
4.2.2. Marco metodológico de la evaluación del ciclo de vida social multinivel " ACVS-MN"	46
4.2.3. Aplicación del ACVS-MN para el análisis social de la producción de electricidad a partir del aceite de jatropha	53
4.3. Resultados.....	54
4.3.1. Análisis de indicadores, riesgos sociales y vulnerabilidades.....	55
4.3.2. Contribuciones e impactos del proyecto	64
4.4. Conclusiones.....	71
5. ANÁLISIS DE LA DECISIÓN DE PARTICIPAR	74
5.1. Introducción	74
5.2. Metodología	78
5.2.1. Diseño de encuesta y recopilación de datos.....	79
5.2.2. Estadística descriptiva	81
5.3. Resultados.....	87
5.4. Conclusiones.....	92
6. CONCLUSIONES GENERALES	95
BIBLIOGRAFÍA.....	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Cuestiones clave de las zonas involucradas.....	19
Tabla 2 Producciones anuales relacionadas con la electricidad a partir del AJ	26
Tabla 3 Resumen de los principales impactos ambientales de los sistemas analizados	40
Tabla 4 Niveles de indicadores considerados en el ACVS-MN y posibles fuentes de datos	49
Tabla 5 Análisis de indicadores y vulnerabilidades para la categoría Personas.....	55
Tabla 6 Análisis de indicadores y vulnerabilidades para la categoría Planeta	57
Tabla 7 Análisis de indicadores, riesgos y vulnerabilidades para la categoría Prosperidad.....	59
Tabla 8 Análisis de riesgos y vulnerabilidades para la categoría Paz	62
Tabla 9 Análisis de riesgos y vulnerabilidades para la categoría Alianzas	63
Tabla 10 Contribuciones e impactos de la categoría Personas.....	65
Tabla 11 Contribuciones e impactos de la categoría Planeta	67
Tabla 12 Contribuciones e impactos de la categoría Prosperidad	68
Tabla 13 Contribuciones e impactos de la categoría Alianzas	71
Tabla 14 Estadísticas descriptivas de las variables independientes.....	82
Tabla 15 Indicadores de Tolerancia y VIF	87
Tabla 16 Resultados de la decisión de participar de los proveedores de jatropha	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de la tesis	11
Figura 2 Contexto geográfico del proyecto JPG	17
Figura 3 Principales entradas y salidas del Sistema Mezcla	30
Figura 4 Categoría del Cambio Climático de los sistemas eléctricos analizados.....	34
Figura 5 Categoría de Agotamiento de la Capa de Ozono de los sistemas eléctricos analizados	35
Figura 6 Categoría de Acidificación de los sistemas eléctricos analizados	36
Figura 7 Categoría de Eutrofización de agua dulce de los sistemas eléctricos analizados	37
Figura 8 Categoría de Eutrofización Marina de los sistemas eléctricos analizados	38
Figura 9 Demanda Acumulada de Energía de los sistemas eléctricos analizados	39
Figura 10 Enfoque integral del ACVS-MN	46
Figura 11 Estructura metodológica del marco ACVS-MN	47
Figura 12 Identificación de los grados de vulnerabilidad.....	51
Figura 13 Fases y actores del ciclo de vida social de la electricidad a partir de AJ	54
Figura 14 Comunidades productoras de jatropha en Manabí	81

ACRÓNOMOS

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
ACVA	Análisis de Ciclo de Vida Ambiental
ACVS	Análisis de Ciclo de Vida Social
ACVS-MN	Análisis de Ciclo de Vida Social-Multi Nivel
AJ	Aceite de jatropha
100J	Aceite de jatropha 100%
20J	Aceite de jatropha 20%
ALC	América Latina y el Caribe
CO2 equivalente	Cambio Climático (kg CO2 eq)
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
CFC	Clorofluorocarbonos
CTF	Central Térmica de Floreana
COP	Conferencia de las partes
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CICC	Comité Interinstitucional de Cambio Climático
CSS	Country Specific Sectors
INDC	Contribuciones Previstas Determinadas a Nivel Nacional
100D	Diésel 100%
80D	Diésel 80%
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
ERGAL	Energía Renovable para Galápagos
VIF	Factor de Inflación de Varianza
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INDC	Intended Nationally Determined Contribution
IRENA	International Renewable Energy Agency
IUCN	International Union for Conservation of Nature
JPG	Jatropha para Galápagos (Proyecto)
kWh	Kilovatio hora
	Ley Orgánica de Régimen Especial para la Conservación y
LOREG	Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos
MP	Materia prima

MWh	Mega vatio hora
NBI	Necesidades Básica Insatisfechas
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
UNESCO	Organización de las Naciones, la Educación, la Ciencia y la Cultura
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PNG	Parque Nacional Galápagos
PR	Producto refinado
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente
SJ	Sistema de jatropha
SM	Sistema de mezcla
SR	Sistema de referencia
ILCD	Sistema Internacional de Referencia de Datos de Ciclo de
SETAC	Sociedad de Toxicología y Química Ambiental
SHDB	Social Hotspot Database
UPM	Universidad Politécnica de Madrid

1. INTRODUCCIÓN

La energía es un elemento imprescindible para el desarrollo de la economía mundial y el progreso y mejora de las condiciones de vida de la sociedad. No obstante, la producción y consumo de energía de forma no sostenible pueden generar importantes problemas y retos para el desarrollo de la humanidad. Ejemplo de ello son las emisiones locales y globales generadas por el sector energético que es uno de los mayores responsables del cambio climático. Con el objeto de minimizar dichos efectos negativos, se han puesto en marcha varias iniciativas a nivel global, nacional y local, orientadas a mitigar el efecto del cambio climático y a proteger el medio ambiente y la sociedad.

En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) considera entre sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) el acceso a una energía asequible y no contaminante (PNUD-GEF, 2014). Del mismo modo, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) investiga, informa e incentiva a los países miembros para que luchen contra el Cambio Climático a través de la adopción de mecanismos de mitigación y adaptación al calentamiento global (UN, 2015). De esta forma, a través de los compromisos adquiridos en la Conferencia de las Partes 21 (COP 21), se quiere promover y coordinar los esfuerzos internacionales para conseguir un sistema energético eficiente y menos contaminante (IEA, 2015). Dentro de las posibles medidas de mitigación del cambio climático, la promoción de las energías renovables es, junto a las medidas de eficiencia energética, la estrategia más comúnmente utilizada por parte de los países para cumplir con sus objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

El uso de las energías renovables está progresando a nivel global en gran parte debido a la reducción de costes de algunas de estas tecnologías y a los beneficios ambientales que

proporcionan en comparación con las tecnologías fósiles convencionales (IEA, 2015). En el 2014, cerca de la mitad de la electricidad mundial fue generada por fuentes renovables y se espera que las inversiones en proyectos de energías renovables orientados al sector eléctrico pasen de 270.000 millones USD en 2014 a 400.000 millones USD en 2030 (IEA, 2015).

Al igual que en otras regiones, la sustitución de energías fósiles por energías renovables en América Latina y el Caribe (ALC) tiene un efecto ambiental positivo y, a la vez, puede contribuir al desarrollo socioeconómico de la región. No obstante, el diseño de los mecanismos de apoyo a las renovables no son homogéneos ya que deben tener en cuenta las particularidades y objetivos de política energética de cada emplazamiento. En este sentido, la mayoría de las políticas de apoyo en América Latina están orientadas a los sectores de electricidad, transporte y usos térmicos. En el caso del sector del transporte las ayudas se direccionan al uso de los biocombustibles (IRENA, 2015).

La región de ALC tiene un elevado potencial para el incremento de la producción de biocombustibles. No obstante, la penetración del bioetanol y biodiesel se ha visto limitada por varios motivos entre los que destacan los conflictos con el uso de la tierra y los cultivos alimentarios. Por esta razón, el uso de cultivos que no entren en conflicto con el objetivo de seguridad alimentaria está siendo valorado como una opción para la producción de biocombustibles (HLPE, 2013).

Ecuador, como signatario de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y perteneciente al grupo de países No Anexo I, por lo que no tiene compromisos obligatorios de reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI). No obstante, siendo consciente de los efectos adversos del cambio climático ha puesto en marcha diferentes medidas de mitigación y adaptación a nivel nacional que van encaminadas a promover e implementar el

modelo de desarrollo nacional, siguiendo los principios del Buen Vivir o Sumak Kawsay, concepto Kichwa que defiende el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y el respeto a los derechos de la naturaleza (PNBV, 2013).

En este sentido, el Ministerio del Ambiente, ente rector del Comité Interinstitucional de Cambio Climático (CICC) creado en 2010, lanza la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), la cual actúa como elemento integrador de diferentes sectores productivos, a fin de promover la integración de políticas relacionadas con el cambio climático en la administración pública y privada (PNUD-GEF, 2014). Por esta razón, el gobierno nacional asume el compromiso de impulsar e implementar medidas orientadas a mejorar el aprovechamiento de los recursos energéticos autóctonos. El Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 (Objetivo 11) considera la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica, y establece la política de “Restaurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad, con incremento de la participación de energía renovable” (CONELEC, 2013).

Al igual que a nivel global, el sector energético en Ecuador se considera un sector estratégico para el desarrollo humano y la economía nacional, pero también es el responsable de gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero. Ejemplo de ello es que en el año 2012, el 79% de la demanda de energía fue suplida por combustibles fósiles, que fueron consumidos en gran medida por los sectores de generación eléctrica y del transporte (CONELEC, 2013).

Adicionalmente, las políticas nacionales para el sector energético buscan la producción de una electricidad sostenible con bajo impacto sobre el medioambiente, salud humana y que pueda suministrarse permanentemente. El marco jurídico para promover el uso de energías renovables

está constituido por objetivos de política energética, incentivos fiscales, acceso a la red, instrumentos reguladores, mecanismos financieros y otros aspectos vinculados a la responsabilidad social y ambiental (IRENA, 2015).

De esta manera, las políticas para el sector eléctrico se direccionan a incrementar de manera progresiva la penetración de fuentes energéticas sostenibles en sustitución de las fuentes fósiles convencionales. Prueba de ello es que en el 2015 la electricidad fue generada por el 40% fuente térmica, 58% hidráulica y 2% fuentes renovables no convencionales (MCSE, 2016) y para el 2030 se espera alcanzar entre el 80 y 90% de electricidad mediante la producción de fuentes renovables como la eólica, la solar, la biomasa y la geotérmica (PNBV, 2013).

Dentro de las energías renovables, la participación de los biocombustibles juega un papel importante en el sector eléctrico, siendo los cultivos energéticos una alternativa especialmente interesante en zonas rurales. En este sentido, el mandato de mezcla (Decreto Ejecutivo 1303) para etanol y biodiesel es de 5% a mezclarse con gasolina y diésel respectivamente (ProEcuador, 2013).

Finalmente, en el contexto actual, el aceite de jatropha (AJ), aunque se usa para producir electricidad en las Islas Galápagos, sin embargo, éste aun no es reconocido como biocombustible por las normas nacionales (IICA, 2013). Esto implica la necesidad de avanzar en el análisis de las características no solo del aceite extraído, sino también de su aplicación como contribución para conseguir una matriz energética sostenible.

1.1. Motivación

Las Islas Galápagos forman parte del Patrimonio Nacional de Ecuador y se ubican en el cuarto lugar con mayor área de Patrimonio Mundial Natural. En 1998 se promulga la Ley de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos (LOREG) (CRE, 2008).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) declara que el cambio climático es una potencial amenaza para los patrimonios mundiales naturales y, en 2017 otorga a Galápagos la calificación de conservación de significativa preocupación (IUNC, 2017).

Basado en lo anterior, el programa ERGAL a través del proyecto piloto “Jatropha para Galápagos”¹ (JPG) busca la conservación de la biodiversidad de las Islas Galápagos mediante la producción de electricidad a partir de aceite de jatropha (AJ) y dado que mantiene un enfoque de sostenibilidad ha logrado el reconocimiento a nivel internacional, siendo su último logro el premio ARE Award 2017, otorgado por la Alianza para la Electrificación Rural que estimula las iniciativas innovadoras en esta área (IICA, 2017).

Durante la trayectoria del proyecto JPG se han desarrollado varios documentos, tales como análisis de prefactibilidad, informes técnicos, reportes institucionales y manuales técnicos. Sin embargo, cabe mencionar que hasta la fecha no se tiene conocimiento de ningún estudio o documento que aborde el análisis de la sostenibilidad del proyecto JPG de forma que se tenga en cuenta las implicaciones sociales y medioambientales. En lo referente a los estudios existentes del proyecto, una de las conclusiones de índole económica reportadas indica que el precio del AJ no es rentable comparado con el diésel subvencionado. Sin embargo, la continuidad del proyecto se

¹ El nombre de Proyecto piloto “Piñón para Galápagos” fue sustituido por “Jatropha para Galápagos”, dado que el término piñón es usado por la comunidad local y el término jatropha es el nombre científico que es ampliamente usado en investigación y oportuno para una mejor comprensión de los lectores.

justifica por los relevantes beneficios ambientales y sociales, aunque dichos beneficios son expuestos de manera descriptiva y sin apoyo de una metodología científica. Por esta razón, es necesario ir más allá de temas económicos y realizar estudios enfocados en la sostenibilidad ambiental y social.

En este contexto, el presente trabajo de investigación pretende cubrir la falta de estudios relacionados con el análisis de la sostenibilidad del proyecto JPG incluyendo las dimensiones ambiental y social de la producción de electricidad con AJ en las Islas Galápagos.

Para ello, este estudio adopta un enfoque metodológico multidisciplinar que está basado principalmente en el enfoque del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (AENOR, 2006), el cual evalúa los impactos ambientales y sociales de un producto. Adicionalmente, el Análisis de Ciclo de Vida Social (ACVS) se complementa con un modelo logit binario cuyo objetivo es entender los factores que determinan la participación de uno de los grupos identificados como más vulnerables del ACVS.

1.2. Objetivos y preguntas de investigación

Considerando las iniciativas de las agendas globales y necesidades nacionales de generar una sociedad sostenible, el proyecto JPG reviste un gran interés por sus implicaciones en la reducción de gases de efecto invernadero, en el uso de energías limpias en un ecosistema de enorme valor ecológico como son las Islas Galápagos en Ecuador y, finalmente, por sus implicaciones y potencial contribución al desarrollo rural de Manabí, región del continente ecuatoriano de bajo nivel de renta donde se lleva a cabo el cultivo de *jatropha* bajo el tradicional sistema de cercas vivas.

En este contexto, el objetivo general de la tesis es evaluar la sostenibilidad de la producción de electricidad a partir de aceite de jatropha, en el marco del proyecto JPG en Galápagos, Ecuador. Para abordar este objetivo general se propone un enfoque holístico y multidisciplinar y se proponen los siguientes objetivos específicos y se plantean las correspondientes preguntas de investigación:

El primer objetivo específico que se plantea consiste en identificar y cuantificar los impactos ambientales del ciclo de vida de la producción de la bioelectricidad a partir de aceite de jatropha.

Para ello, en el Capítulo 3, se plantea la metodología del Análisis de Ciclo de Vida Ambiental (ACVA) y se analizan los impactos ambientales de las categorías tales como, cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, acidificación, eutrofización y demanda acumulada de energía, para tres sistemas de producción de electricidad: el sistema mezcla (SM) que consiste en diésel 80% y aceite de jatropha 20%; un escenario más ambicioso representa el sistema jatropha (SJ) que consiste en 100% aceite de jatropha; y un escenario convencional representa el sistema de referencia que consiste en 100% diésel. El análisis ambiental recogido en el Capítulo 3 de la presente tesis pretende dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación (PI):

PI1. ¿En qué porcentaje se reduce el impacto ambiental de los sistemas eléctricos que usan aceite de jatropha comparado con el sistema referencia que usa diésel?

PI2. ¿Cuáles son las fases del ciclo de vida de la producción de electricidad que contribuyen con el mayor impacto ambiental en los tres sistemas analizados?

PI3. ¿Cómo contribuyen los sistemas eléctricos con aceite de jatropha a la conservación de la biodiversidad de Galápagos y medioambiente de Manabí?

PI4. ¿Es el proyecto JPG ambientalmente sostenible?

El segundo objetivo específico que se plantea consiste en identificar y analizar los impactos sociales del ciclo de vida de la producción de la bioelectricidad a través de la metodología social propuesta, Análisis de ciclo de vida social-Multi nivel (ACVS-MN).

Para ello en el capítulo 4 se propone una metodología social, denominada Análisis de ciclo de vida social-multinivel (ACVS-MN), que contribuye a la literatura sobre ACVS y pretende dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

PI5. ¿Es el marco metodológico propuesto un instrumento útil para la identificación de los impactos sociales involucrados en los proyectos de desarrollo?

PI6. ¿Quiénes son los actores más vulnerables del ciclo de vida de este proceso?

PI7. ¿En qué situaciones son vulnerables los actores del ciclo de vida?

PI8. ¿Es el proyecto JPG socialmente sostenible?

PI9. ¿Cuáles son los impactos positivos que deben ser maximizados para mejorar la sostenibilidad del proyecto?

PI10. ¿Cuáles son los impactos negativos que deben ser minimizados para mejorar la sostenibilidad del proyecto?

Para completar el análisis social, se plantea un tercer y último objetivo específico que consiste en identificar los factores que influyen en la decisión de los proveedores de jatropha de participar en el proyecto. Este objetivo se aborda en el Capítulo 5 donde se plantea un modelo de elección discreta para responder las siguientes preguntas de investigación:

PI11. ¿Es el modelo logit binario compatible con la metodología de ACV y útil para analizar la sostenibilidad de un proyecto rural?

PI12. ¿Qué variables incrementan y cuales reducen la decisión de los proveedores de participar en el proyecto?

PI13. ¿De qué manera se puede mejorar la sostenibilidad del proyecto una vez identificadas las variables que más influyen en la decisión de participar?

1.3. Contexto de la investigación

La motivación de este tema de tesis, inicia con el trabajo fin de carrera de Ingeniería Agropecuaria en Ecuador, la cual tiene como título, Caracterización morfométrica de cuatro ecotipos de piñón (*Jatropha curcas*) asociado con teca (*Tectona grandis*). El objetivo de esta tesis fue identificar estadísticamente el ecotipo con mejores características morfométricas.

A partir del trabajo fin de carrera se dio la oportunidad laboral de participar en un proyecto rural de biocombustibles en la provincia de Santa Elena, cuyo propósito fue la producción de biodiesel a partir de aceite de jatropha. La producción de jatropha provenía de un sistema monocultivo y era suministrada por pequeños y medianos productores.

En el programa de doctorado se decidió analizar el potencial que tiene la jatropha como recurso energético para generar sostenibilidad en áreas rurales vulnerables. Por lo tanto, surgió el actual tema de tesis, “Análisis de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida de Electricidad a partir del Aceite de *Jatropha*, Caso de estudio en Ecuador”.

A finales del 2014, me fue dada la oportunidad para desarrollar y culminar la tesis desde la unidad de Análisis de Sistemas Energéticos (ASE) del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) en colaboración con el Centro de Estudios e Investigación en Gestión de Riesgos Agrarios (CEIGRAM) de la Universidad Politécnica de Madrid. .

Para el periodo de trabajo de campo en Ecuador, se contó con el apoyo del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), que facilitó el acercamiento con los proveedores de jatropha y la movilización técnica para el desarrollo de las encuestas en los diferentes cantones de Manabí.

Los avances del trabajo de tesis se presentaron en (1) una disertación en el CIEMAT en noviembre de 2015, en Madrid; (2) en la 7ma Conferencia Internacional de Gestión del Ciclo de Vida, del 30 de agosto al 2 de septiembre de 2015 en Burdeos (3) en el XII Congreso Español de Sociología. Grandes transformaciones sociales, nuevos desafíos para la sociología, desde el 1 al 2 de Julio de 2016 (4) en el VII Congreso da APDEA, II Encuentro en Economía, Sociología, Medio Ambiente y Desarrollo rural, “Políticas Públicas para la Agricultura, hacia el 2020”, ESADR, desde el 7 al 9 de septiembre de 2016 (5) Segundo Encuentro de la Red Temática en Sustentabilidad Energética, Medioambiente y Sociedad (Red SUMAS), desde el 21 al 25 de noviembre de 2016.

1.4. Estructura de la tesis

La Figura 1 presenta de forma gráfica la estructura de la tesis, a través de los seis capítulos que la componen. En los Capítulos 1 y 2 se presenta una introducción y el contexto del caso de estudio respectivamente. Los Capítulos 3, 4 y 5 que componen la parte medular de esta tesis y muestran las diferentes metodologías empleadas para analizar de sostenibilidad. Finalmente, el Capítulo 6 expone las conclusiones generales de la tesis y futuros temas de investigación.

Figura 1 Estructura de la tesis

1.5. Contribuciones

Este trabajo amplía el estado del arte relativo al análisis de la sostenibilidad de proyectos de desarrollo rural y más específicamente de proyectos de electrificación rural en varios aspectos que serán descritos a continuación.

La mayor parte de la literatura consultada cubre estudios de proyectos de electrificación rural con biocombustibles a partir de cultivos alimentarios, siendo la mayoría de estos estudios en Asia o África. A diferencia de estos estudios, el presente estudio de caso se desarrolla en América Latina y, más en particular, en las Islas Galápagos de Ecuador. Este emplazamiento es especialmente relevante y único, ya que Islas Galápagos son reconocidas a nivel internacional por su gran riqueza en términos de biodiversidad, y donde el 98% de su superficie es área protegida. Además, el

alcance de este estudio de caso, involucra dos zonas rurales, distantes geográficamente y con diferentes características socioeconómicas y necesidades locales.

Adicionalmente, la electricidad se produce con AJ y no con biodiesel de jatropha como suele ser usual en la mayoría de casos de estudio. Otra característica relevante es que la jatropha usada no entra en conflicto con el objetivo de seguridad alimentaria por ser una especie tóxica y porque su sistema de producción es mediante cercas vivas y no en monocultivo, evitando de esta manera la competencia por el uso de suelo cultivable.

Respecto al marco metodológico, este trabajo propone un enfoque multidisciplinar mediante la integración de distintas metodologías complementarias y útiles para analizar la sostenibilidad de la producción de electricidad con AJ desde una perspectiva ambiental y social.

En el análisis ambiental se destaca el análisis comparativo de tres sistemas de producción de electricidad (SM, SJ y SR) para identificar su contribución a la generación de una electricidad menos contaminante para la conservación del medioambiente.

En el análisis social se propone el marco metodológico novedoso ACVS-MN basado en la metodología de ciclo de vida y orientado a realizar un diagnóstico del nivel local y poder evaluar el impacto social (tanto positivo como negativo) del proyecto en la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). En resumen, el marco metodológico propuesto permite no sólo identificar los actores más vulnerables a lo largo del ciclo de vida del proyecto sino también caracterizar sus vulnerabilidades y el impacto que el proyecto tiene en las mismas.

Para complementar los resultados obtenidos de este primer análisis, este trabajo también incorpora un modelo logit binario como una herramienta para consolidar el análisis de sostenibilidad social de forma que permite analizar los factores determinantes para la

participación o abandono de los proveedores de jatropha, uno de los grupos identificados como más vulnerables a lo largo del ciclo de vida de la producción de bioelectricidad a partir de AJ.

En lo referente a los datos (cuantitativos y cualitativos) necesarios para la realización de este trabajo, se desarrolló un trabajo de campo de 16 semanas que permitió diseñar e implementar encuestas a los distintos actores de la población rural de Galápagos y Manabí. Adicionalmente, fue necesario recopilar y analizar datos provenientes de bases de datos ambientales y sociales, tales como Ecoinvent y la Social Hotspot Data Base (SHDB) respectivamente. Además se utilizaron estadísticas nacionales e informes técnicos de seguimiento de la evolución del proyecto. Todos estos datos e información, han sido utilizados en este trabajo, pero también pueden facilitar la realización de nuevas investigaciones.

Adicionalmente, los resultados de este trabajo permiten desarrollar un diagnóstico de la sostenibilidad ambiental y social del proyecto JPG y proveen de información relevante para que los gestores del proyecto y los decisores políticos relevantes diseñen e implementen nuevas estrategias de sostenibilidad a largo plazo.

Finalmente, se espera que tanto el marco metodológico propuesto, así como parte de los resultados puedan ser extrapolables a otros proyectos similares y que este trabajo no solo sirva para realizar un diagnóstico de la sostenibilidad ambiental y social de la producción de electricidad con AJ en Ecuador sino también sea de utilidad para derivar recomendaciones políticas orientadas a mejorar y garantizar la sostenibilidad y continuidad del proyecto.

1.6. Publicaciones relacionadas con la tesis

Como resultado de la presente tesis se desarrollaron y publicaron diferentes documentos detallados a continuación.

Artículo aceptado en BioEnergy Research (Estado de producción). Muñoz, M., Herrera, I., Lechón, Y., Caldés, N., Iglesias, E. (2017). Environmental Assessment of electricity based on Straight Jatropha Oil in the Floreana Island, Ecuador. Bioenerg Res.

Artículo bajo revisión en Sustainable Cities and Society. Muñoz, M., Caldés, N., Iglesias, E., Serrano, I., Herrera. (2017). Analysis of the social sustainability of the life cycle through the framework Multi-Level Social Life Cycle Assessment (ML-SLCA). A case study of the production of electricity from jatropha oil in the Galapagos Islands, Ecuador. Sustain Cities Soc.

Artículo publicado en Sustainability: Muñoz, M., Iglesias, E., & Cald, N. (2017). Jatropha Suppliers as Contributors to the Sustainability of the Production of Bioelectricity in Ecuador. Sustainability, 9(11). <http://doi.org/10.3390/su9111946>

2. ANTECEDENTES

2.1. Energía Renovable para Galápagos

Las Islas Galápagos, se ubican a 1.000 kilómetros al Oeste del Ecuador continental, son consideradas un museo viviente debido a su singular biodiversidad puesto que alberga especies únicas en el mundo. Por este motivo en 1978 fue declarado Patrimonio Natural de la Humanidad por la Organización de las Naciones, la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). El 96,7% de las Islas Galápagos son área protegida y están bajo la administración del Parque Nacional Galápagos (PNG), el área restante es ocupada por sus habitantes, los cuales se concentran principalmente en las islas, Isabela, Santa Cruz, San Cristóbal y Floreana (IAES-SEMPADES, 2014).

El crecimiento de la población y el desarrollo económico de Galápagos han provocado el incremento de la demanda de bienes y servicios, comprometiendo de esta manera los espacios naturales. En esta dirección, en 1995 el gobierno ecuatoriano con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas, plantea la introducción de energías renovables, para lo cual se realizaron estudios sobre las barreras para la implementación de estas tecnologías en las Islas Galápagos.

De esta manera en 1997 nace el Proyecto Energías Renovable para Galápagos (ERGAL) como respuesta ante los riesgos ambientales asociados a los derrames de combustibles fósiles sobre área marina protegida. El caso de derrame con mayor impacto ambiental hasta la fecha es el producido en 2001 por el encallamiento del buque Tanque Jessica, el cual provocó el derrame de 150 mil galones de combustible fósil (IICA, 2017).

El proyecto ERGAL tiene como propósito implementar sistemas eólicos y solares para generar electricidad y así evitar el uso de diésel fósil. No obstante, debido a la naturaleza fluctuante de estas tecnologías renovables fue necesario el apoyo de sistemas de generación térmica. Por lo

que se dio paso a la iniciativa “Cero Combustibles Fósiles en Galápagos”, lanzada el 2007 por el Ministerio de Energía Electricidad y Energía Renovable con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). Esta iniciativa consideró integrar el uso de biocombustibles para la generación de electricidad para incrementar el reemplazo de los combustibles fósiles en las Islas Galápagos por diferentes energías renovables (Ergal, 2008). Por lo tanto, en la actualidad las energías renovables como la eólica, fotovoltaica, sistemas de acumulación y sistemas térmico duales que usan biocombustibles, contribuyen con el 15% del sistema eléctrico evitando la emisión de 6,3 millones de toneladas de CO₂ por año. De esta manera se mejora el bienestar de los habitantes de Galápagos y se fortalece el concepto de turismo sostenible (IICA, 2017).

2.2. Caso de estudio: Jatropha para Galápagos.

En 2009 el proyecto piloto “Jatropha para Galápagos” (JPG) surge de la iniciativa “Cero Combustibles Fósiles en Galápagos” y pone especial interés en el uso del aceite de jatropha (AJ) para reemplazar progresivamente el diésel que se usa en el sistema eléctrico en la Isla Floreana en Galápagos.

La Figura 2 presenta el alcance geográfico y social del proyecto que está asociado a dos provincias. En Manabí se destacan las comunidades productoras de jatropha y la planta de refinación. En las Islas Galápagos se muestra la Isla Floreana y su central térmica. De esta manera, se implican, una zona rural que produce jatropha mediante cercas vivas y una zona rural de difícil acceso que produce bioelectricidad con AJ.

Figura 2 Contexto geográfico del proyecto JPG

Por un lado, Manabí tiene un área de 18,870 km² con 1, 369,780 personas. Casi la mitad de su población (44%) vive en áreas rurales, donde el 63% son pequeños agricultores con menos de 10 hectáreas, que se dedican generalmente a la agricultura de subsistencia (INEC, 2010b). De acuerdo con el indicador de Necesidades Básica Insatisfechas (NBI), el 76,8% de la población vive en pobreza (INEC, 2012a), mientras que el 33,4% vive en pobreza extrema con menos de \$1,48 diarios (MIES, 2014). Esta situación conduce a problemas sociales, tales como el trabajo infantil, el cual exacerba aún más la pobreza ya que está relacionado con un alto nivel de analfabetismo y bajo nivel académico (IICA, 2008).

En 2008 en Manabí se registraron 7.000 km de cercas vivas de jatropha que actualmente son cosechadas por pequeños hogares rurales (IICA, 2013). En 2013, 3.000 familias mejoraron su economía mediante ingresos adicionales obtenidos por la venta de semillas de jatropha cuyo

precio fue de \$0,26/kg, así cada proveedor de jatropha obtiene un ingreso promedio de \$50 (IICA, 2013).

La jatropha es una especie tóxica que se adapta a condiciones adversas de aridez (Lim, Shamsudin, Baharudin, & Yunus, 2015) y las semillas son la materia prima para extraer el aceite. Toda la producción de jatropha en Manabí, proviene del sistema de cercas vivas de jatropha que es usado como medida de mitigación para combatir el cambio climático, debido a que se evitan el avance de los procesos de degradación y desertificación de la tierra, y además no compite con el uso de suelo cultivable por lo que no pone en peligro la seguridad alimentaria.

Por otro lado, las Islas Galápagos, ubicadas a 972 kilómetros del territorio continental de Ecuador. Las características únicas de flora y fauna de las Galápagos han hecho que sean consideradas Patrimonio de la Humanidad y Reserva de la Biosfera (UNESCO, 2007), 97% de su área total es área protegida y pertenece al Parque Nacional Galápagos (INEC, 2010). Sin embargo, las Islas Galápagos son vulnerables a los efectos del cambio climático (CI and WWF, 2011), y su área marina está amenazada por la actividad humana y por el riesgo de derrames de diésel (Gruber, 2014).

La población es formada por cuatro islas habitadas con 24,124 habitantes (Granda & Choez, 2013), donde Floreana es una isla rural de difícil acceso con un área de 173 km², donde el 98.2% es área protegida por el Parque Nacional Galápagos (PNG 2005) con una población de 145 habitantes (Cayot L J, Cruz D, Knab R, Alvarez M F, Perlmutter M, Jaramillo P, 2013) quienes son los principales beneficiados de la bioelectricidad, además de los 1,017 turistas entre nacionales y extranjeros que visitan mensualmente la isla (OTG, 2015).

Bajo el contexto socioeconómico y ambiental de las zonas involucradas, el proyecto JPG intenta

mitigar las vulnerabilidades de los actores involucrados. A este respecto, la Tabla 1 presenta cuestiones clave vinculadas a las provincias de Manabí y Galápagos.

Tabla 1 Cuestiones clave de las zonas involucradas

Cuestiones clave	Manabí	Galápagos
Vulnerabilidades	Pobreza	Cambio Climático
	Erosión	Riesgo de derrame de combustible
	Desertificación	Pérdida de la biodiversidad
Oferta & Demanda	Oferta de aceite de jatropha	Demanda de bioelectricidad
Producción	Producción de cercas vivas de jatropha y aceite de jatropha	Producción de bioelectricidad a partir de aceite de jatropha
Beneficios alcanzados a partir del uso de jatropha	No compite con cultivos alimenticios	Reducción de emisiones contaminantes
	Evita el uso de suelo agrícola	Reducción de riesgo de derrame de diésel
	Evita el proceso de desertificación	Aceite de jatropha biodegradable

Fuente: Elaboración propia

El potencial del proyecto JPG se basa en el uso de recursos renovables como elemento para generar bienestar en los proveedores de jatropha y los usuarios de bioelectricidad que desde el punto de vista de cooperación revelan una relación simbiótica. Por lo tanto, los proveedores son actores clave para proveer el AJ que es usado para generar la bioelectricidad. Sin embargo, es importante reconocer que a diferencia de la mayoría de proyectos de electrificación rural en el proyecto JPG, los proveedores de jatropha (materia prima) no son los beneficiarios de la bioelectricidad (producto final) sino más bien la población de la Isla Floreana.

2.3. Sostenibilidad

El término sostenibilidad fue introducido a nivel mundial en 1987 en el informe Brutland de la Comisión Mundial Para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas. Según este informe, se define el desarrollo sostenible como *“El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades* (Cepal, 2013; UNEP-SETAC, 2011).

Dicho concepto implica a su vez que las dimensiones ambientales, económicas y sociales de cualquier decisión deben tenerse en cuenta con el objetivo de garantizar la justicia intergeneracional e intrageneracional.

En la actualidad, la sostenibilidad es una prioridad en la agenda política a nivel internacional, nacional y local. Con el objetivo de apoyar a la toma de decisiones sostenibles, se han desarrollado diversas metodologías y marcos teóricos cuyo objetivo es evaluar los impactos en la sostenibilidad de servicios o productos. Por ejemplo, en 1998, se introdujo por primera vez el término de sostenibilidad en el enfoque del ciclo de vida, el cual ha servido de marco conceptual para analizar los impactos ambientales, sociales y económicos de los productos o servicios analizado (Zamagni, 2012).

En este sentido, la Iniciativa de Ciclo de Vida propuesta por el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente y la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (por sus siglas en inglés, UNEP-SETAC) publicó en 2006 una guía para analizar el ciclo de vida de productos. Posteriormente, en 2011, publicó otra guía metodológica para el análisis de la sostenibilidad del ciclo de vida de productos, también llamado LCSA por sus siglas en inglés “Life Cycle Sustainability Assessment” (UNEP-SETAC, 2006, 2011).

La necesidad y conveniencia de evaluar la sostenibilidad es especialmente relevante en proyectos de energéticos en los países en desarrollo. Este hecho es debido a que estos países están experimentando un alto crecimiento de la demanda energética (asociado al crecimiento de la población y de la economía) y tienen regulaciones ambientales y sociales más laxas. La combinación de estos dos factores puede conllevar a invertir en tecnologías fósiles, las cuales a

pesar de ser económicamente más favorables, tienen unos impactos ambientales y sociales perjudiciales para la sociedad.

Dentro del sector energético, el análisis de la sostenibilidad de proyectos de biocombustibles en países de América Latina ha adquirido especial relevancia ya que la producción de biocombustibles ha sido cuestionada por la competencia con cultivos alimenticios, poniendo en riesgo asuntos sociales, de seguridad alimentaria y ambientales (Janssen & Rutz, 2011).

Adicionalmente, dada la vulnerabilidad de la producción de biocombustibles ante los efectos del cambio climático es imprescindible enfocarse en sistemas de producción de bajo impacto con fuentes agroenergéticas tolerantes a los actuales efectos climáticos adversos, que permitan restaurar los recursos naturales comprometidos, más no incrementen su deterioro.

En este sentido, la producción de biocombustibles a gran escala es liderada por limitadas materias primas tales como palma africana, soja y caña de azúcar principalmente. No obstante, la producción de biocombustibles a partir de *jatropha* se ha convertido en una alternativa que permite la inclusión y desarrollo de los grupos más vulnerables del sector agrícola en países en desarrollo. Sin embargo, la literatura registra limitados estudios de caso que analizan la sostenibilidad de productos energéticos a partir de la *jatropha*, y es por ello, la necesidad de contribuir información de nuevos estudios de caso.

3. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA AMBIENTAL

3.1. Introducción

El crecimiento de la población mundial ha incrementado una mayor demanda de bienes y servicios; con los consiguientes impactos negativos en el medio ambiente. El sector energético es uno de los principales contribuidores a dichos impactos, entre ellos, las emisiones de gases de efecto invernadero, es por esto, que existen múltiples iniciativas internacionales que promocionan las energías renovables como una alternativa para combatir los efectos del cambio climático. De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), Ecuador voluntariamente ha adoptado varias medidas de mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, algunas de las cuales son medidas de eficiencia y ahorro de energético, cambio de la matriz energética y el programa “Cero combustibles fósiles” en las Islas Galápagos (PNUD-GEF, 2014).

El programa "Cero Combustibles Fósiles" se desarrolló como parte de la respuesta a la amenaza de derrames de petróleo, ejemplificado por el derrame 'Jessica' en 2001, que dio lugar a impactos particularmente devastadores para la biodiversidad local (Born, Espinoza, Murillo, Nicolaidis, & Edgar, 2003; Gruber, 2014). Con este derrame en mente, el gobierno ecuatoriano lanzó el programa ERGAL en 2007, con el objetivo de reemplazar los combustibles fósiles por renovables en las Islas Galápagos (Ergal, 2008).

Las Islas Galápagos son consideradas una zona de alta importancia ambiental, debido a su flora y fauna altamente conservadas y endémicas. Su importancia ha sido reconocida internacionalmente a través de su inclusión en la Lista del Patrimonio Mundial en 1978, y su declaración como Reserva de la Biosfera en 1984 (UNESCO, 2007). Sin embargo, la fuerte

dependencia de las islas de los combustibles fósiles importados del continente Ecuatoriano es un problema ya que aumenta en gran medida el riesgo de nuevos derrames y amenazas asociadas a la biodiversidad (Alava, Palomera, Bendell, & Ross, 2014; Born et al., 2003; Gruber, 2014; Kingston, Runciman, & McDougall, 2003; Marshall & Edgar, 2003; Salazar, 2003). Por estas razones, se ha desarrollado una amplia gama de proyectos para aumentar el potencial energético renovable de las islas.

Uno de los proyectos más emblemáticos es “Jatropha Para Galápagos” que inició en 2008 con el objetivo de reemplazar progresivamente el diésel por aceite de jatropha (AJ) para la producción de electricidad (IICA, 2013). La Isla Floreana en el archipiélago es el estudio de caso de este proyecto, con una demanda de electricidad que no es cubierta por el Sistema Nacional Interconectado de Ecuador (SIN), sino por algunos sistemas renovables, destacando la electricidad generada por AJ (IICA, 2017). Como tal, la producción de electricidad a partir del aceite de jatropha se considera una alternativa positiva al diésel, lo que potencialmente ayuda a la conservación de la biodiversidad marina y terrestre. Por lo tanto, se está considerando la expansión de los sistemas de electricidad que dependen de AJ a otras islas dentro del archipiélago (BMUB, 2015).

Jatropha se produce dentro de las regiones rurales de la provincia de Manabí en Ecuador. Esta provincia se caracteriza por sus altos niveles de pobreza, desertificación y deterioro del suelo, y los habitantes cosechan los frutos de jatropha para venderlos y obtener un flujo de ingresos adicional para mejorar su economía (IICA, 2013).

Por lo tanto, el proyecto JPG tiene un doble enfoque, no solo para mitigar las vulnerabilidades ambientales de la Isla Floreana, sino también para reducir las vulnerabilidades

socioeconómicas del área rural de Manabí. Además, debido a las restricciones existentes asociadas al cambio de uso del suelo del área natural protegida de las Islas Galápagos, esta sinergia permite abastecer la demanda de biocombustibles de la Isla Floreana, además de brindar beneficios socioeconómicos a la población rural de Manabí a través del suministro de un recurso agro-energético como lo es la *jatropha silvestre*.

El potencial de los combustibles basados en *jatropha* es de interés no solo para Ecuador, sino también para varios países en desarrollo. Las frutas de *jatropha* se pueden producir bajo varios sistemas de cultivo que incluyen mono-producción, cultivos asociados o cercas vivas que se utilizan como barreras naturales (A. Kumar & Sharma, 2008; van Eijck, Romijn, Balkema, & Faaij, 2014). En la mayoría de los casos, estos sistemas de cultivo son administrados por pequeños propietarios. Las semillas de *jatropha* que se cosechan son la materia prima de la cual se extrae el AJ. Este aceite después de transformarse en biocombustible (Wouter M J Achten et al., 2010; Hou, Zhang, Yuan, & Zheng, 2011; S. Kumar, Chaube, & Jain, 2012; Portugal-Pereira, Nakatani, Kurisu, & Hanaki, 2015) se usa con mayor frecuencia en el sector del transporte (Navarro-Pineda, Baz-Rodríguez, Handler, & Sacramento-Rivero, 2016). Mientras que el AJ como combustible para la producción de electricidad es menos común, existen varios ejemplos en Indonesia, Tanzania, Mali, India y los Estados Unidos (Bouffaron, Castagno, & Herold, 2012; Gaul, 2012; Gmünder et al., 2010; Grimsby, Aune, & Johnsen, 2012; Portugal-Pereira et al., 2015; Tokunaga & Konan, 2014).

A pesar del potencial del AJ, su rendimiento energético es cuestionado debido a su alta viscosidad y baja volatilidad en comparación con el diésel (Agarwal & Agarwal, 2007; Chauhan, Kumar, Jun, & Lee, 2010; Jingura, 2011; Pramanik, 2003). Sin embargo, la calidad y el rendimiento del AJ en motores diésel pueden mejorarse mediante tratamientos físicos y/o

químicos (Pramanik, 2003). Por lo tanto, son necesarios esfuerzos adicionales para mejorar el desempeño ambiental y energético del AJ.

La literatura sugiere que el potencial para la producción de electricidad a gran escala a partir de AJ en las zonas rurales es embrionario (Bouffaron et al., 2012; Eckart & Henshaw, 2012), así como su potencial de uso en islas (Gaul, 2012; Tokunaga & Konan, 2014). Estudios previos indican que la producción de electricidad de AJ podría ser sostenible, si se aplican ciertas medidas. Estas medidas incluyen sistemas de producción con bajo impacto ambiental y altos rendimientos (Bouffaron et al., 2012), implementación de medidas de optimización, mejoras de los procesos del sistema (Gaul, 2012; Portugal-Pereira et al., 2015), y la participación de pequeños productores a través del desarrollo de subsidios gubernamentales (Grimsby et al., 2012).

A pesar de esto, la electricidad producida a partir de AJ ha demostrado que es más sostenible ambientalmente que la electricidad generada a partir de generadores diésel o de la red eléctrica (Gmünder et al., 2010). Aún con estas afirmaciones, existen pocos estudios que proporcionen un análisis del ciclo de vida de la sostenibilidad ambiental de la producción de electricidad generada con AJ (Gaul, 2012; Gmünder et al., 2010; Portugal-Pereira et al., 2015).

En Ecuador, así como en una gran parte de América Latina, aún existe escasez de análisis que evalúen la sostenibilidad ambiental considerando el ciclo de vida de la producción de electricidad derivada del AJ. Este sistema eléctrico a partir de AJ presenta un estudio de caso particularmente interesante ya que involucra a dos zonas rurales con distintas características y distantes, donde por un lado se produce la materia prima que son los frutos de *jatropha* y por otro lado se usa el aceite de *jatropha*.

La distancia entre estas dos zonas es un factor importante que debe tenerse en cuenta al evaluar los impactos ambientales de este sistema energético, dado que el objetivo es producir una electricidad menos contaminante. De esta manera, es importante tener en cuenta la diferente ubicación en la que se producen las diversas etapas del ciclo de vida y, por lo tanto, los impactos ambientales regionales.

Además, es relevante destacar que el porcentaje de AJ en la mezcla de combustible para producir electricidad puede cambiar debido a las fluctuaciones anuales en la producción de AJ derivadas de una variable producción de frutos de jatropha. Esta producción irregular se debe a las limitadas prácticas agrícolas y condiciones climáticas desfavorables (IICA, 2013). La Tabla 2 muestra la cantidad de semillas de jatropha utilizadas para la extracción de AJ, la cantidad y porcentajes de AJ y diésel usados para la producción de bioelectricidad y la energía eléctrica total suministrada a la Isla Floreana (Astudillo, 2011; Elecgalapagos, 2012, 2014; IICA, 2013). En ciertos años, la producción de semillas de jatropha y el MWh generado no están directamente relacionados, porque en ciertos años el AJ se almacena para el año siguiente.

Tabla 2 Producciones anuales relacionadas con la electricidad a partir del AJ

Año	Semillas (ton) ¹	AJ producido (l) ¹	AJ usado (l) ²	Diésel usado (l) ²	Porcentaje de AJ en la mezcla de combustible (%) ^a	MWh ²
2009	24,1	-	4.838	30.610	13,6	78,6
2010	31,7	9.677	4.838	34.111	12,4	77,1
2011	142,7	35.139	11.166	66.607	14,4	201,9
2012	218,3	51.599	30.713	89.129	25,6	364,2
2013	81,0	22.122	51.941	55.484	48,4	348,1
2014	91,3	23.580	18.340	74.835	19,7	267,5

Fuente: ¹[IICA, 2013], ²[Astudillo, 2011, Elec, 2012, Elec, 2014], ^aPorcentajes según el consumo anual de AJ. Fuente: Elaboración propia

Debido a esta falta de información, este estudio ha considerado que es importante y apropiado llevar a cabo un análisis ambiental de los sistemas eléctricos basados en AJ. Se analizarán tres sistemas eléctricos, el sistema mezcla (SM) que usa un 20% de AJ en la mezcla

con diésel para generar electricidad, sistema jatropha (SJ) que usa 100% de AJ y sistema referencia (SR) que usa 100% de diésel. Los sistemas SM y SJ se comparan con SR, cuantificando e identificando los impactos ambientales más relevantes bajo cada sistema analizado. La cifra de 20% de AJ en SM es un porcentaje promedio estimado del consumo anual de AJ en el período 2009 a 2014. Estas cifras reales revelan una disponibilidad anual variable de aceite de jatropha que depende principalmente de la producción anual de jatropha.

Este análisis permite considerar factores ambientales dentro del proyecto JPG, y ampliar la información limitada sobre su potencial para contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero y otros gases contaminantes, así como su contribución a la conservación de los ecosistemas en las provincias involucradas. Los resultados de este estudio pueden contribuir a avanzar en el estado del arte y la comprensión de la producción de electricidad rural utilizando AJ.

Además, esta información también puede ser útil como referencia para otros proyectos rurales de bioelectricidad en países en desarrollo, y cuyas características son similares en cuanto a sus etapas de ciclo de vida, producción en pequeña escala y también con respecto a la distancia entre las ubicaciones de la extracción de materia prima y generación de electricidad.

3.2. Metodología

La sostenibilidad de la electricidad derivada de AJ se evaluó utilizando la metodología de Análisis del Ciclo de Vida (ACV). El ACV es una herramienta para cuantificar y analizar las cargas ambientales de un producto específico a través de la compilación y evaluación de las entradas y salidas asociadas con su sistema de producción (AENOR, 2006). Según la Organización Internacional de Normalización, el desarrollo de un ACV (ISO 1440/44) consta de cuatro etapas:

definición de los objetivos y alcance, análisis de inventario del ciclo de vida, evaluación e interpretación de los impactos.

3.2.1. Objetivo y alcance

Este estudio evalúa el ciclo de vida completo de la electricidad producida en la Central Térmica Floreana (CTF). Como unidad funcional se consideró la producción de un MWh producido en la central. Inicialmente, se analiza el sistema de mezcla (SM) que consiste en 80% de diésel y 20% de AJ, junto con el sistema de jatropha (SJ) que consiste en 100% de AJ. Ambos sistemas basados en AJ se comparan con el sistema de referencia (SR), que consiste en 100% diésel, para identificar los beneficios potenciales de la bioelectricidad generada a partir de AJ. Las emisiones contaminantes generadas por cada una de las etapas del ciclo de vida se identifican y analizan a través de categorías de impacto ambiental. Para desarrollar este análisis, se aplicó la norma ISO 14040, junto con el software SimaPro v8., y el método de caracterización Sistema Internacional de Referencia de Datos de Ciclo de Vida (ILCD) (JRC, 2012).

3.2.2. Definición del sistema

En este ACV se analizan tres sistemas eléctricos; Sistema de Mezcla (SM), Sistema de Jatropha (SJ) y Sistema de Referencia (SR) comparados a través de una unidad funcional de 1MWh. Las etapas del ciclo de vida incluidas en este análisis son: extracción de materias primas, transporte de materia prima, refinería, transporte de productos refinados y generación de electricidad. El crudo de petróleo, los frutos de jatropha y semillas de jatropha se consideran materias primas (MP), mientras que tanto el AJ como el diésel son considerados productos refinados (PR).

Las categorías de impacto ambiental consideradas en el estudio son: cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, acidificación, eutrofización de agua dulce, eutrofización marina y demanda acumulada de energía. Las categorías de impacto ambiental de la SM se comparan con

las categorías de impacto de SR y SJ, respectivamente. Cabe señalar que la fase de fin de vida útil de equipos como generadores eléctricos o expulsos no se consideró en el análisis, debido a la falta de datos. Además, este estudio no considera los subproductos en el desarrollo del ACV. Tampoco se utilizó ningún procedimiento de asignación, debido a la escasa información disponible para mantener los supuestos necesarios. Por lo tanto, todas las cargas ambientales se asignan al AJ en el SM y el SJ, y al diésel en el SR.

3.2.3. Inventario

Los datos de inventario utilizados para desarrollar las etapas del SM se obtuvieron por medio de campo de trabajo de campo y visitas técnicas a las zonas productoras de jatropha, plantas de refinación y Central Térmica Floreana (CTF), realizadas durante los meses de marzo, abril y mayo de 2015. También se usaron informes oficiales e información técnica del proyecto JPG. Además, como fuentes de datos suplementarios se utilizó literatura científica y la base de datos Eco-invent. Para desarrollar el inventario del SJ, se extrapolaron los datos de jatrofa del SM.

El inventario del SR se desarrolló utilizando la literatura científica y la base de datos Eco-invent. Sin embargo, tanto para el transporte de materia prima (crudo de petróleo) como para el transporte de producto refinado (diésel), se realizaron estimaciones en base a rutas nacionales, dado que el diésel usado en las Islas Galápagos proviene de la producción nacional. La Figura 3 destaca el inventario del SM a través de sus entradas y salidas para 1 MWh entregado, también se muestran las actividades y procesos para cada etapa del ciclo de vida.

Figura 3 Principales entradas y salidas del Sistema Mezcla

3.2.4. Descripción de las fases de ciclo de vida.

i. Extracción de materia prima y transporte de materia prima.

La jatropa se adapta a diversos climas que presenta Manabí, donde la precipitación oscila entre 443-2000 mm, las temperaturas fluctúan entre 23 y 28 grados centígrados, y las altitudes varían de 4 a 460 m.s.n.m. (Cañadas, 1983). Los pequeños agricultores usan jatropa como cercas vivas para proteger los campos del daño a los animales domésticos (W.M.J. Achten et al., 2010; Eckart & Henshaw, 2012; A. Kumar & Sharma, 2008). La jatropa se reproduce comúnmente mediante métodos vegetativos usando estacas que se plantan directamente en el suelo, este método

permite un rápido desarrollo del sistema radical comparado con el uso de plántulas obtenidas de un vivero. Las estacas se plantan poco antes del invierno y reciben un promedio de 0,3 litros por estaca, luego no reciben riego adicional sino solo el agua proveniente de las precipitaciones. Además, se usan 0,0025 kg de insecticida por kilómetro (cerca viva) durante el período de siembra para evitar el ataque de las hormigas.

Durante la vida útil de los arbustos *jatropha* no se utilizan herbicidas ni fertilizantes. Por esta razón, en el inventario no se incluyen insumos agrícolas. Esto no significa que no se apliquen nutrientes dado a partir de la descomposición de los restos de la poda y defoliación natural se desarrolla un fertilizante natural que se incorpora al suelo forma de compost. A este respecto, la poda es inusual y con escaso conocimiento técnico, por lo tanto, la estructura de la planta generalmente no se mejora. Todas las prácticas agrícolas, incluidas la siembra y cosecha se realizan manualmente y con limitada atención por parte de los productores. La cosecha se realiza en invierno, cuando el fruto está seco, tiene un color marrón, y tiene un contenido de humedad de 4,72%. Los rendimientos varían de 0,25 a 1,05 kg de fruto/planta/año (MEER, 2015). Estos rendimientos están en línea con los reportados en otros países donde los rendimientos varían desde 0,5 kg/planta/año y 0,8 kg/m/año (Gmünder et al., 2010; Henning, 2009). Este estudio asumió un rendimiento promedio de 0,65 kg/m/año.

Con respecto al transporte de materia prima, los animales de carga son usados para transportar los frutos de *jatropha* desde las fincas a los centros de acopio. Las distancias mínimas y máxima desde un centro de acopio hasta la planta de refinería es de 7 y 137 km respectivamente; el 93% y el 7% de la materia prima son transportados en camión y camioneta, respectivamente.

La materia prima para el diésel (petróleo crudo) se extrae de la región amazónica de Ecuador y se transporta al Puerto de Esmeraldas (500 km) por oleoducto, y luego hacia la Refinería La Libertad

(430 km) en un buque cisterna.

ii. Refinería y transporte de producto refinado.

El AJ que es refinado se produce a través de los siguientes procesos. Los frutos de jatropha se secan al sol, se pelan y luego se despulpan para extraer las semillas. Desde 2012, las semillas secas se llevan a la extractora 'CompacTropa', que realiza una extracción mecánica de doble prensado.

La extracción del AJ se realiza solo durante la cosecha; el resto del año la planta de refinería permanece inactiva. La CompacTropa tiene una capacidad de procesamiento de 180-400 kg /h² (Wellman, 2014). Sin embargo, en la refinería registró una capacidad de 125 kg /h, mientras que la literatura registra capacidades de procesamiento entre 35-104 kg/h (Almeida, Moonen, Soto, Achten, & Muys, 2014; Gmünder et al., 2010). Los rendimientos de extracción del AJ fueron de 34,37 l/h, con 0,25 kg de AJ extraídos por kilogramo de semillas. Valores similares de 0,29 kg de AJ por kilogramo de semillas son reportados en la literatura (Almeida et al., 2014). A partir de semillas secas se encontró un porcentaje promedio de AJ de 39,54%, con un bajo índice de acidez de 1,21. Sin embargo, estos valores pueden cambiar según la madurez de los frutos y la humedad de las semillas (INIAP, 2013).

El AJ crudo se filtra y luego se estabiliza químicamente con un antioxidante (BayNox) y una sustancia purificante (Obefil) para reducir los índices de acidez y fósforo (INIAP, 2013). Estos procesos se realizan para cumplir con la normativa alemana DIN 51605, que controla la calidad de los aceites vegetales para su uso en motores de combustión interna (IICA, 2013). El AJ se almacena en dos tanques de 18.900 litros, para luego distribuirse a tanques de 1.000 litros, que son usados para facilitar el transporte.

² Información técnica de CompacTropa especificada por el fabricante

El transporte del AJ se realiza en dos trayectos, terrestre y marítimo. El AJ se transporta desde la planta de refinería de Manabí al Puerto de Timsa en Guayaquil (206 km) por tráiler, desde el Puerto de Timsa al Puerto de Velasco Ibarra en Floreana (1.373 km) por buque cisterna y finalmente desde el Puerto Velasco Ibarra a la CTF (0,5 km) en camión.

El diésel producido en la Refinería La Libertad en Santa Elena se transporta al Puerto Seymour (1.056 km) en las Galápagos en buque cisterna, desde el Puerto Seymour al Puerto Velasco Ibarra (113 km) en barcaza, y desde Velasco Ibarra Porto a la CTF (0,5 km) en camión. Esta ruta acuática es la más comúnmente utilizada para transportar diésel desde el Ecuador continental a las Islas Galápagos (Petroecuador, 2013). Sin embargo, este sistema de transporte representa un alto riesgo de derrames de combustibles para la reserva marina.

iii. Generación de electricidad

A partir de 2009, diferentes porcentajes de AJ y diésel se mezclan en la CTF para generar una producción mensual promedio de electricidad de 21kWh, disponible las 24 horas del día. Para ello, se utilizan dos motores de combustión interna DEUZ (modelo BF4M101E) con potencia nominal de 70 kW, motor compacto, cuatro cilindros y líquido refrigerado (Astudillo, 2011). Los motores tienen un consumo específico de diésel de 9,5 kg / h y pueden usarse con 100% diésel, 100% AJ o mezclas de ambos.

El AJ al 100% no se usa debido a su insuficiente producción por la baja producción anual de jatropha. Por lo tanto, los porcentajes mensuales y anuales de AJ utilizados pueden fluctuar en función de la escala de producción de AJ. Para el SM, que representa la situación real, se decidió utilizar los siguientes porcentajes, 20% JO y 80% diésel, esta mezcla es un promedio, basado en las

mezclas anuales (ver Tabla 2). De acuerdo con esto, se estima que se necesitan 0,063 toneladas de AJ y 0,243 toneladas de diésel para producir 1 Mwh.

3.3. Resultados

3.3.1. Cambio Climático

La Figura 4 indica que el SM y el SJ evitan el 11,5% y el 89,2% de las emisiones de cambio climático en comparación con SR. El uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad es la principal causa de las emisiones de CO₂ tanto en SM como en SR. La etapa de generación de electricidad fue el principal contribuyente a las emisiones de cambio climático tanto para SM como para SR, con 875 kg de CO₂ eq (87,1%) y 1.004,4 kg de CO₂ eq (88,4%) respectivamente. Por el contrario, para JS, la etapa de generación de electricidad solo contribuyó con 1,3 kg de CO₂ eq (1%). Sin embargo, la mayor contribución al cambio climático proviene de las etapas de transporte con 91 kg de CO₂ eq (73,7%). SJ usa poco combustible fósil en su sistema, y por lo tanto, muestra el mejor desempeño ambiental en esta categoría.

Figura 4 Categoría del Cambio Climático de los sistemas eléctricos analizados

3.3.2. Agotamiento de la capa de ozono

La Figura 5 demuestra que el agotamiento del ozono del SM y SJ aumenta en un 15,4% y un 44,4%, respectivamente, en comparación con el SR. La etapa de generación de electricidad es la causa principal de esto tanto en BS como en SR, que aporta 3,7E-06 kg de CFC (78,8%) y 3,7E-06 kg de CFC (93,5%). Mientras que el SJ el principal impacto es causado por la etapa de refinería, seguida por el transporte de la materia prima, que aportan 4E-06 kg de CFC (50%) y 2E-06 kg de CFC (29%). Los impactos de refinería provienen por uso de la sustancia purificante, mientras que los impactos del transporte de materia prima se deben al uso de combustibles fósiles. La literatura indica que mayores distancias de transporte aumentan el impacto del agotamiento del ozono (Hou et al., 2011). Por estas razones, el SJ causa mayores contribuciones al agotamiento de la capa de ozono que los SM y SR.

Figura 5 Categoría de Agotamiento de la Capa de Ozono de los sistemas eléctricos analizados

3.3.3. Acidificación

Las Galápagos fueron declaradas un "punto crítico" para la acidificación de los océanos debido a los impactos negativos sobre la supervivencia de los arrecifes de coral (CI and WWF, 2011). Según la

literatura, los factores que contribuyen a la acidificación son la producción de electricidad (Gmünder et al., 2010) y el uso de fertilizantes (Portugal-Pereira et al., 2015). La Figura 6 muestra que el SM y el SJ evitaron un 12,3% y 93,8% del impacto, en comparación con SR. La generación de electricidad es el principal contribuyente del impacto de acidificación en SM y SR, con 12,6 molc H+eq (86,6%) y 14,5 molc H+eq (87,3%) respectivamente. Estas emisiones impactan particularmente el ecosistema marino de las Islas Galápagos como resultado del diésel usado para producir electricidad en la Isla Floreana. Mientras que para el SJ, las etapas de transporte son las principales contribuyentes de impacto, dado que estas generan el 81,9% de las emisiones totales. Cabe señalar que el impacto causado por la producción de materia prima en el SJ es bajo ya que no se utilizan fertilizantes en la producción. Por esta razón, el SJ muestra el mejor rendimiento para la categoría de acidificación.

Figura 6 Categoría de Acidificación de los sistemas eléctricos analizados

3.3.4. Eutrofización de agua dulce

La literatura muestra que la eutrofización del agua dulce puede ser causada por la escorrentía, la erosión y la lixiviación de las áreas agrícolas, las aguas residuales y la deposición atmosférica de

nitrógeno del ganado y los gases de combustión (Volterra et al., 2002). La Figura 7 muestra que el SM y el SJ evitaron un 2,5% y un 23,9% del impacto de eutrofización, en comparación con el SR. En el SM, la etapa de generación de electricidad contribuyó con un 59,7%, mientras que el transporte de materia prima contribuyó con un 38% del impacto. Se encontró una situación similar para el SR, donde la generación de electricidad contribuyó con un 66,3% y el transporte de materia prima contribuyó con el 33,7%. En el SJ, el transporte de la materia prima fue el principal contribuyente con el 77,8% del impacto total.

Por lo tanto, las emisiones de eutrofización de agua dulce son causadas por el uso de combustibles fósiles para la producción de electricidad, y para el transporte de frutas de jatropha. Tales emisiones impactan los ecosistemas tanto de las Islas Galápagos como de Manabí.

Adicionalmente, la extracción de materia prima en el SM y SJ mostró poco impacto, dado que para la producción de jatropha no se usan fertilizantes, pero si los insecticidas, contribuyendo solo 1% y 9,3% para el SM y SJ respectivamente. Los resultados sugieren que el SM y SJ no muestran mejoras relevantes en comparación con el SR, para la categoría de eutrofización de agua dulce.

Figura 7 Categoría de Eutrofización de agua dulce de los sistemas eléctricos analizados

3.3.5. Eutrofización Marina

La literatura científica reconoce que la eutrofización marina es una amenaza importante para los ecosistemas marinos. Un importante contribuyente a dicha eutrofización es la deposición atmosférica de N generada por el uso industrial de combustibles fósiles, vehículos y ganadería (Jessen, Bednarz, Rix, Teichberg, & Wild, 2015). La Figura 8 muestra que los impactos de la eutrofización marina del SM y SJ evitaron un 12,5% y 94,2% en comparación con el SR.

El uso de diésel durante la generación de electricidad en la Isla Floreana es el principal responsable del impacto de la eutrofización marina, que contribuye con un 96,4% en el SM y un 97,3% en el SR.

Con respecto al SJ, su impacto en la eutrofización marina es mínimo, y es causado por el transporte de materia prima.

Figura 8 Categoría de Eutrofización Marina de los sistemas eléctricos analizados

3.3.6. Demanda Acumulada de Energía

La Figura 9 indica que el SM y SJ evitaron un 6,7% y un 80% de la demanda de energía en comparación con el SR. La etapa de extracción de materia prima generó la mayor demanda de energía basada por los combustibles fósiles del SM y SR, con 86,7% y 89,8%. Cabe señalar que el impacto de la demanda acumulada de energía se genera por la extracción de crudo de petróleo que no impacta a las provincias involucradas sino a la región amazónica.

Mientras que en el SJ, la etapa de refinería es el principal impulsor de la demanda de energía fósil.

A pesar de esto, SJ muestra el mejor perfil para esta categoría.

Figura 9 Demanda Acumulada de Energía de los sistemas eléctricos analizados

3.3.7. Análisis del rendimiento ambiental del SM y SJ.

La Tabla 3 muestra los distintos sistemas generadores de electricidad analizados en este estudio y las diversas etapas del ciclo de vida que causan el mayor impacto en cada categoría.

En general, la SM muestra un perfil ambiental ligeramente mejor que SR en cinco categorías de impacto, excepto en la categoría de agotamiento de la capa de ozono, donde SM genera un 15,4% más de emisiones.

Tabla 3 Resumen de los principales impactos ambientales de los sistemas analizados

Categorías	Sistema mezcla (SM)		Sistema jatropha (SJ)		Sistema referencia (RS)
	Principales impactos	Impactos (SM vs SR)	Principales impactos	Impactos (SJ vs SR)	Principales impactos
Cambio Climático	Generación de electricidad (87,1%)	M (-11,5%)	Transporte PR (47,3%)	M (-89,2%)	Generación de electricidad (88,4%)
Agotamiento ozono	Generación de electricidad (78,8%)	P (+15,4%)	Refinería (49,6%)	P (+44,4%)	Generación de electricidad (93,5%)
Acidificación	Generación de electricidad (86,6%)	M (-12,3%)	Transporte PR (56,0%)	M (-93,8%)	Generación de electricidad (87,3%)
Eutrofización de agua dulce	Generación de electricidad (59,7%) Transporte MP (38,0%)	M (-2,5%)	Transporte MP (77,8%)	M (-23,9%)	Generación de electricidad (66,3%) Transporte MP (33,7%)
Eutrofización Marina	Generación de electricidad (96,4%)	M (-12,5%)	Transporte PR (66,7%)	M (-94,2%)	Generación de electricidad (97,3%)
Demanda Acumulada de Energía Fósil	Extracción MP (86,7%)	M (-6,7%)	Refinería (57,8%)	M (-80%)	Extracción de MP (89,8%)

MP: Material prima, PR: Producto refinado, M: Mejor, P: Peor. Fuente: Elaboración propia

Los impactos ambientales del SM provienen de la combustión de diésel en la generación de electricidad, transporte de materias primas y la extracción de materia prima (crudo de petróleo). La etapa de generación de electricidad desarrollada en Floreana es el principal contribuyente de los impactos en las siguientes categorías: cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, acidificación y los dos tipos de eutrofización. La literatura indica que la biodiversidad en las Islas Galápagos está muy amenazada por los efectos tanto de la acidificación como del cambio climático (CI and WWF, 2011). Como tal, la producción de electricidad debe enfocarse en reducir los impactos en estas categorías para cumplir con los objetivos ambientales que buscan conservar los ecosistemas marino y terrestre en las Islas Galápagos.

Los impactos ambientales de la generación de electricidad pueden disminuirse a través de la reducción del porcentaje de diésel presente en la mezcla de combustible usado para generar la electricidad, y al mismo tiempo en el aumento del porcentaje del AJ. Sin embargo, mayores porcentajes de AJ darían como resultado un mayor uso del transporte tanto para el AJ como para los frutos de jatropha, junto con una mayor refinación y sus impactos posteriores. Por lo tanto, si se desea un mayor porcentaje de AJ dentro del mix de combustibles para producir electricidad, es

prudente enfocarse en reducir los impactos ambientales derivados de las etapas de transporte y refinación.

Esto quiere decir, que puede ser más factible reducir los impactos ambientales del transporte de materia prima que del transporte de producto refinado. El transporte de materia prima puede mejorarse mediante un diseño de rutas eficientes y su cumplimiento, así como el transporte de semillas de *jatropha* en lugar de frutos con el propósito de reducir las cargas. La reducción de los impactos ambientales del transporte de productos refinados puede ser más difícil ya que se cumplen con rutas específicas desde el continente ecuatoriano a las Islas Galápagos.

Además, el impacto ambiental causado por la sustancia purificante en la etapa de refinación del SJ también es un importante contribuyente al impacto del medioambiente. Cabe señalar que el SJ tiene un desempeño peor que el SM y SR en la categoría de agotamiento del ozono, por esta razón se deben considerar alternativas menos contaminantes para reemplazar a la sustancia purificante como parte de la refinación.

3.4. Conclusiones

Los resultados de este estudio demuestran que el SM presenta beneficio ambiental en respecto al sistema SR. Por lo tanto, el sistema eléctrico con AJ es una alternativa útil para reducir progresivamente el uso de diésel. Sin embargo, es necesaria la aplicación de ciertas medidas de optimización para mejorar la sostenibilidad ambiental. Aunque la generación de electricidad es el principal contribuyente de los impactos ambientales en el SM, su desempeño ambiental podría mejorarse mediante el diseño de un sistema de transporte que reduzca el volumen de la carga transportada (reemplazar frutos de *jatropha* por semillas de *jatropha*) y la adopción de rutas eficientes. Si el alcance ambiental fuese más allá que el SM con el fin de aumentar el porcentaje de AJ para producir electricidad, es esencial mejorar el perfil ambiental del transporte de materia prima, así como, tratar de evitar el uso de sustancia de purificación por medio de otro tipo de

sustancias menos contaminante en la etapa de refinería. Dichas modificaciones contribuirían a optimizar el mix eléctrico al mejorar su desempeño ambiental y, por lo tanto, su sostenibilidad.

Finalmente, también se debe notar que el SM, además de ser considerada como una alternativa energética potencial para reducir la contaminación ambiental en las Islas Galápagos, también contribuye a generar bienestar social en las poblaciones rurales de Manabí.

4. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA SOCIAL

4.1. Introducción

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) en París que se llevó a cabo en diciembre de 2015, donde 195 países firmaron el primer acuerdo mundial vinculante sobre el clima. En respuesta a los compromisos adquiridos, los países signatarios diseñan e implementan medidas y políticas para reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en línea con los objetivos nacionales acordados en las Contribuciones Previstas Determinadas a Nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés) (UN, 2015). En este sentido, Ecuador ha adoptado voluntariamente diferentes medidas de mitigación para reducir las emisiones de GEI, algunas de ellas son: medidas de eficiencia y ahorro energético, el cambio de la matriz energética y el programa "Cero combustibles fósiles en las Islas Galápagos" (PNUD-GEF, 2014).

Casi al mismo tiempo, en septiembre de 2015, los líderes mundiales definieron diecisiete objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todos sus habitantes como parte de una nueva agenda para el desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene objetivos concretos que se alcanzarán en los próximos 15 años con los esfuerzos de los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil (UN, 2015).

Teniendo en cuenta la relevancia y sinergias de estas dos agendas globales, es particularmente interesante analizar hasta qué punto los proyectos de bioenergía implementados en áreas rurales de países en desarrollo son alternativas no solo para reducir las emisiones de GEI sino también para lograr el desarrollo sostenible y la mejora del bienestar de la población (IRENA, 2015b).

Para analizar la sostenibilidad de los proyectos de energía y, en particular, de los biocombustibles, el enfoque del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) permite identificar los impactos ambientales,

sociales y/o económicos de un producto o servicio. Originalmente, la metodología ACV descrita en ISO 14040: 2006 se ha aplicado a estudios ambientales para identificar los posibles impactos ambientales que ocurren en todas las fases del ciclo de vida de un producto (AENOR, 2006).

En este sentido, la metodología del Análisis del Ciclo de Vida Social (ACVS) descrita en detalle en el trabajo del PNUMA-SETAC³, es una herramienta que permite brindar elementos de reflexión para la toma de decisiones sobre los impactos sociales involucrados en la producción de bienes y servicios (Sala, Vasta, Mancini, Dewulf, & Rosenbaum, 2015). Sin embargo, se debe tener en cuenta que en comparación con las aplicaciones ambientales del ACV, su aplicación y desarrollo aún se encuentra en un estado incipiente (Macombe, Leskinen, Feschet, & Antikainen, 2013).

Por lo tanto, el uso del ACVS para el sector energético todavía es muy limitado; sin embargo, de la revisión de la literatura, se concluye que el ACVS aplicado al sector de los biocombustibles se asocia principalmente con la producción de biocombustibles de primera generación a gran escala, y que involucran a sectores económicos de uno o más países (Blom & Solmar, 2009; Ekener-Petersen, Höglund, & Finnveden, 2014; Elbehri, Aziz; Segerstedt, Anna; Liu, 2013; GBEP, 2011; Macombe et al., 2013; Manik, Leahy, & Halog, 2013). Los estudios también resaltan la importancia de analizar los impactos sociales de los proyectos de agroenergía, especialmente en los países en desarrollo donde el sector agrícola y la seguridad alimentaria pueden verse comprometidos, afectando el bienestar de los grupos más vulnerables.

En este sentido, Ecuador promueve el desarrollo de biocombustibles sin comprometer la seguridad alimentaria (PNBV, 2013). Dentro de esta iniciativa, se diseña el programa ERGAL, cuyo objetivo es erradicar el uso de combustibles fósiles en las Islas Galápagos (Ergal, 2008). Uno de sus proyectos más destacados es el proyecto piloto JPG, cuyo objetivo es reemplazar

³ Directrices para la evaluación del ciclo de vida social de los productos, de la Sociedad de Toxicología Ambiental y Química Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA / SETAC)

progresivamente el diésel por el aceite de *jatropha* para la producción de electricidad. Para este fin, se involucran dos zonas rurales con entornos socioeconómicos y ambientales sustancialmente diferentes. La población rural de Manabí que produce *jatropha* mediante un sistema de cercas vivas y cuyo aceite de *jatropha* se usa en la Isla Floreana para generar bioelectricidad.

El uso tradicional de las cercas vivas de *jatropha* es para delimitar las propiedades y evitar el paso de los animales a las áreas de cultivo (Eckart & Henshaw, 2012; Grimsby et al., 2012; A. Kumar & Sharma, 2008). Sin embargo, el uso de aceite de *jatropha* para producir electricidad ha despertado un interés creciente dado que es una alternativa potencial para contribuir al desarrollo sostenible en áreas de difícil acceso (Tokunaga & Konan, 2014) y zonas rurales de países en desarrollo (Almeida et al., 2014; Bouffaron et al., 2012; Gmünder et al., 2010; Grimsby et al., 2012; Portugal-Pereira et al., 2015). Aunque, Wouter MJ Achten et al., (2007) indican que todavía hay pocos estudios que analicen su contribución al desarrollo sostenible.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es desarrollar un ACVS para evaluar la producción de electricidad a partir de AJ, con el fin de identificar sus impactos sociales. Este trabajo representa un avance en el estado del arte del ACVS, se han considerado nuevos aspectos que no han sido tratados anteriormente en la literatura a través de una nueva aplicación del ACVS para el sector de bioelectricidad en el contexto específico de la región biodiversa de Galápagos. Además, desde el punto de vista metodológico, esta investigación implica una modificación del marco metodológico ACVS tradicional, dado que se consideran tres niveles de información social (internacional, país y local), que permiten identificar las vulnerabilidades sociales de los actores relacionadas con su entorno socioeconómico, y luego se identifican los impactos sociales del proyecto, que son alineados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

4.2. Metodología

4.2.1. Objetivos y alcance

El propósito de este estudio es identificar los impactos sociales derivados de la producción de electricidad a partir del aceite de jatropha mediante el uso del ACVS-MN y analizar los impactos sociales positivos y negativos sobre los actores involucrados en las diferentes fases que conforman el ACVS.

4.2.2. Marco metodológico de la evaluación del ciclo de vida social multinivel "ACVS-MN"

Basado en el marco ACVS definido por PNUMA-SETAC, el "ACVS-MN" propone algunas modificaciones que se muestran en la Figura 10.

Figura 10 Enfoque integral del ACVS-MN

A continuación se describen cuatro modificaciones principales: (i) la implementación del ACVS-MN se estructura en seis pasos (Figura 11), (ii) los indicadores y riesgos sociales considerados en el análisis se agrupan en cinco categorías de impacto (personas, planeta, prosperidad, paz y alianzas), que reflejan a los ODS; (iii) para cada indicador o riesgo considerado, se recopilan y analizan en tres niveles de datos (internacional, país y local) con el objetivo de hacer un diagnóstico de la situación inicial e identificar las vulnerabilidades de los actores en cada fase del

ciclo de vida, y (iv) utiliza datos de encuestas, publicaciones relacionadas con el proyecto y resultados del trabajo etnográfico de campo para identificar las contribuciones que genera el proyecto hacia las vulnerabilidades antes identificadas. Respecto a lo anterior, la Figura 2 muestra esquemáticamente los seis pasos del marco metodológico ACVS-MN propuesto para evaluar los impactos sociales de un proyecto rural.

Figura 11 Estructura metodológica del marco ACVS-MN

i. Definición del marco por categorías, fases y actores.

Al igual que en el ACV convencional, el marco de análisis ACVS-MN se define por las diferentes fases que componen el ciclo de vida del producto, que están vinculadas al objetivo y alcance social del proyecto evaluado. Se desarrolla una matriz, que se forma a partir de las fases F_1, F_2, F_n

del ciclo de vida, así como de los actores relacionados A_1, A_2, A_n y categorías de impacto social Categoría_n a considerarse. Una de las contribuciones novedosas de este marco metodológico es la asignación de indicadores y riesgos sociales a cada una de las siguientes categorías de los ODS: Personas, Planeta, Prosperidad, Paz y Alianzas. Estas cinco categorías comprenden los 17 ODS propuestos por (UN, 2015). Esto proporcionaría un marco apropiado para evaluar la contribución de los biocombustibles al desarrollo sostenible.

ii. Selección de indicadores y riesgos social en función de la relevancia del proyecto estudiado.

Para cada categoría de impacto, se seleccionan indicadores/riesgos de acuerdo con los objetivos, alcance y naturaleza social del proyecto, que deberían estar, además, vinculados a los ODS (FAO, 2016; UN, 2015). Esta selección se realiza considerando una batería de indicadores sociales propuestos por el PNUMA/SETAC (PNUMA/SETAC 2013) e indicadores de riesgo social propuestos por la Base de Datos de Puntos Sociales Críticos (SHDB, por sus siglas en inglés) (SHDB, 2016).

La base de datos SHDB caracteriza los riesgos sociales por "Sector Específico del País" (CSS, por sus siglas en inglés) basado en información pública de diferentes instituciones (Benoit-Norris, Cavan, & Norris, 2012). Los riesgos se clasifican en 22 temas sociales y cinco categorías de impacto. De acuerdo con la metodología SHDB, la identificación de puntos sociales críticos de los sectores dentro de un país se basa en el análisis y conversión de indicadores sociales a valores de riesgo social (GreenDelta, 2013). De acuerdo con esta base de datos, existen cuatro niveles de riesgo social de bajo (1) a muy alto (4). Estos niveles de riesgo social se obtienen mediante un proceso de caracterización y normalización de los indicadores sociales, en la mayoría de los casos mediante la distribución de los datos (por ejemplo, cuartiles). Según el tipo de indicador (cualitativo, cuantitativo o semicuantitativo), se utilizan otros enfoques, como la consulta de

expertos (Franze, 2013). Los sectores económicos con mayores riesgos sociales permiten identificar los puntos críticos sociales de la cadena de valor del producto o servicio analizado (GreenDelta, 2013). Sin embargo, esta metodología no está exenta de limitaciones tales como la falta de datos para algunos CSS o el uso de datos antiguos, entre otros (UNEP-SETAC, 2009).

iii. Análisis de indicadores y riesgo social a nivel internacional, país y local.

A diferencia del marco ACVS convencional, el marco metodológico propuesto considera para los indicadores seleccionados y siempre que sea posible, los datos a nivel internacional, país y local provenientes de fuentes de datos como los que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4 Niveles de indicadores considerados en el ACVS-MN y posibles fuentes de datos

Nivel	Ejemplos de fuentes de datos para los indicadores seleccionados
Internacional	Datos a nivel global o regional de organismos internacionales.
País	Datos oficiales a nivel nacional de organismos nacionales o internacionales (ej: SHDB, UNEP, AIE, UNICEF, ILO, etc).
Local	Datos a nivel local

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los diferentes actores y las fases del ciclo de vida, el análisis y comparación de los indicadores seleccionados a nivel internacional, país y local permite hacer un diagnóstico e identificar las vulnerabilidades más apremiantes de los actores involucrados.

El nivel internacional de un determinado indicador se considera como un valor umbral, que es necesario para examinar la situación de un actor a nivel local. Mientras que los niveles nacional y local se comparan entre sí para caracterizar con más detalle el contexto socioeconómico de los actores. Esta comparación permite identificar la situación de un actor a nivel local para un determinado indicador y que puede ser una situación mejor, peor o igual que el nivel país. Cabe señalar que a veces no hay mucha diferencia entre el nivel local y el nivel del país. Sin embargo, esta diferencia no es menos importante. Otro punto importante cuando se identifica una situación a nivel local es el sentido del indicador; esto significa que el valor numérico de un

indicador puede representar una situación favorable o desfavorable de acuerdo con el indicador analizado. Por ejemplo, un alto valor numérico en el indicador de trabajo infantil representa un bajo bienestar, mientras que un alto valor numérico en el indicador de participación de las mujeres representa una situación favorable.

iv. Identificación de las vulnerabilidades sociales a nivel local

El ACVS-MN permite una mejor comprensión de las vulnerabilidades dado que permite responder las preguntas relacionadas con el Índice de Desarrollo Humano (IDH), como quién y por qué son vulnerables?, y cuáles son sus vulnerabilidades? (PNUD, 2014). Tales preguntas ayudan a identificar a los actores más vulnerables en el ciclo de vida, para determinar las razones por las cuales los actores son vulnerables y en qué situaciones se vuelven más vulnerables. Las respuestas a estas preguntas provienen principalmente del análisis de los indicadores a nivel país y local, y también de la información cualitativa. Más allá de esto, se identifica el grado de vulnerabilidad de los actores. La Figura 12 presenta el procedimiento para identificar los cuatro grados de vulnerabilidad asociados con sus ocho posibles situaciones de vulnerabilidad.

Figura 12 Identificación de los grados de vulnerabilidad

A continuación se detallan los diferentes grados de vulnerabilidad y posibles situaciones que podría tomar el nivel local. El grado de **No Vulnerabilidad** se refiere a las siguientes situaciones: (i) el nivel local es mejor que el nivel país y ambos son mejores que el nivel internacional, (ii) el nivel local es similar al nivel del país y ambos son mejores que el nivel internacional. El grado de **Vulnerabilidad Potencial** presenta dos situaciones: (i) el nivel local es peor que el nivel país y ambos son mejores que el nivel internacional, (ii) el nivel local es mejor que el nivel país e internacional, pero el nivel del país es peor que el nivel internacional. El grado de **Vulnerabilidad** tiene las siguientes situaciones: (i) el nivel local es peor que el nivel país e internacional, pero el nivel del país es mejor que el nivel internacional (esta situación es vulnerable porque el nivel local es peor que los niveles, país e internacional). (ii) el nivel local es mejor que el nivel del país y ambos son peores que el nivel internacional. Finalmente, el grado de **Vulnerabilidad Extrema** presenta las siguientes situaciones: (i) el nivel local es similar al nivel país y ambos son peores que el nivel internacional, (ii) el nivel local es peor que el nivel país y ambos son peores que el nivel internacional. Además de lo anterior, las vulnerabilidades de los actores están alineadas con los

objetivos de desarrollo sostenible (ODS) a fin de facilitar el diseño de medidas más específicas que permitan reducir las vulnerabilidades identificadas.

v. *Impactos sociales del proyecto*

Una vez que se identifican las vulnerabilidades, el siguiente paso es identificar las contribuciones del proyecto. El ACVS-MN considera como una contribución a una acción o medida llevada a cabo por un proyecto y que genera uno o más impactos sociales positivos o negativos sobre los actores involucrados. Para ello, se utilizan datos de encuestas de los actores e información cualitativa de la investigación etnográfica y datos de publicaciones e informes del proyecto analizado.

Con respecto a grandes grupos de actores, se desarrolla un diseño de encuesta basado en un método probabilístico aleatorio simple para poblaciones finitas con el fin de obtener una muestra representativa. Para esto, primero se realizan entrevistas semiestructuradas con las partes interesadas para identificar información socioeconómica e información relacionada con las características del proyecto. A partir de esta información y estudios de caso revisados de la literatura, se diseña una encuesta que integra una batería de preguntas divididas en tres partes: (i) información sobre características sociodemográficas, (ii) información sobre las actividades realizadas por el actor dentro del proyecto , (iii) información económica, participación en redes sociales y percepciones sobre las características del proyecto. Esta encuesta se prueba en varias comunidades para evitar ambigüedades y mejorar el diseño.

Con respecto a pequeños grupos de hasta 40 actores, el objetivo es encuestar a tantos actores como sea posible.

vi. *Recomendaciones*

Finalmente, una vez que se hayan identificado las contribuciones, vulnerabilidades e impactos sociales (positivos y negativos) del proyecto, se desarrolla un diagnóstico para identificar aquellas

medidas que serían necesarias implementar para maximizar o minimizar los impactos relevantes con el fin de aumentar la sostenibilidad social y su contribución al logro de los ODS.

4.2.3. Aplicación del ACVS-MN para el análisis social de la producción de electricidad a partir del aceite de *jatropha*

i. Estimación de vulnerabilidades de los actores.

La información a nivel internacional se tomó principalmente de los informes vinculados a los ODS (indicadores globales/regionales). La información a nivel de país se tomó de la información nacional acreditada y también de los sectores económicos de la SHDB que fueron asociados a las etapas del ciclo de vida social. Por lo tanto, se utilizaron los sectores económicos: "semillas oleaginosas" (extracción de materias primas), "aceites y grasas vegetales" (refinería) y "electricidad" (generación de electricidad). La información a nivel local se tomó de bases de datos e informes locales, así como de estudios de instituciones oficiales. Cuando fue posible, se usó datos rurales o urbanos para tener una mejor representación del contexto de los actores.

ii. Estimación de contribuciones del proyecto.

Para la estimación de las contribuciones del proyecto, se utiliza la información de las encuestas (trabajo de campo entre marzo y junio de 2015) realizada a los actores involucrados. En Manabí, se encuestaron a 159 proveedores (productores y recolectores) y 30 acopiadores locales. En la isla Floreana fueron encuestados 31 usuarios de electricidad (hogares) y además a 19 empleados ubicados en ambas zonas.

iii. Fases y actores en el ciclo de vida de la producción de electricidad a partir del aceite de *jatropha*.

El ciclo de vida ambiental de la producción de electricidad a partir del AJ consiste en cinco fases:

extracción de materia prima, transporte de materia prima, refinería, transporte de productos refinados y generación de electricidad. Sin embargo, este análisis social no considera las dos fases de transporte debido a su bajo número de actores involucrados, su mínima participación y compromiso con el proyecto y, por lo tanto, su menor importancia relativa en términos de impacto social esperado. La Figura 13 muestra las fases y los actores considerados en el análisis del ciclo de vida social de esta investigación

Figura 13 Fases y actores del ciclo de vida social de la electricidad a partir de AJ

En 2013, 3.000 proveedores de jatropha se clasificaron entre productores y recolectores de jatropha (IICA, 2013). Los productores cosechan la jatropha de las cercas vivas en sus granjas, mientras que los recolectores recolectan la jatropha de las cercas vivas en granjas de terceros con permiso previo. Además, se registraron 61 acopiadores locales; que compran y almacenan frutas y semillas de jatropha (IICA, 2013). Estos a menudo son líderes comunitarios o pequeños propietarios de tiendas de abarrotes en la comunidad.

En 2015, participaron 19 empleados, vinculados a la extracción de materias primas, refinería y generación eléctrica. Mientras que los usuarios de la electricidad son los 145 habitantes de la Isla Floreana, además de los turistas eventuales.

4.3. Resultados

Los principales resultados del ACVS de la producción de electricidad a partir de AJ utilizando la

metodología ACVS-MN se detallan a continuación.

4.3.1. Análisis de indicadores, riesgos sociales y vulnerabilidades.

i. Categoría de personas

La Tabla 5 muestra las vulnerabilidades de los actores que se estimaron a través del análisis de indicadores relacionados con los ODS: Fin de la pobreza, Hambre Cero, Educación de Calidad e Igualdad de Género.

Tabla 5 Análisis de indicadores y vulnerabilidades para la categoría Personas

Personas	Fases	Extracción MP			Refinería	Generación de electricidad	Referencia
Indicador	Nivel	Productor	Recolector & Acopiador	Empleados agrícolas	Empleados refinería	Empleados electricidad y usuarios	
Tasa de matriculación en enseñanza primaria (%)	ALC	94					(UN, 2014)
	P	95,1		97		95,1	(INEC, 2014)
	L	89,9	89,9	93,2	93,2	97,5	(INEC, 2010)
	GV	V	V	V	V	NV	
Tasa de matriculación en enseñanza secundaria (%)	ALC	73					(UN, 2015)
	P	57		70,3		57	(INEC, 2014)
	L	52,5	52,5	72,7	72,7	76,5	(INEC, 2010)
	GV	EV	EV	V	V	PV	
Promedio de escolaridad de 24 años y más (años)	ALC	10.2					(UN, 2013)
	P	6,1		10,8		6,1	(Antamba, Quintuisaca, Santillan, & Villacrés, 2015)
	L	6,1	6,1	10,1	10,1	10,9	(INEC, 2010)
	GV	EV	EV	V	V	NV	
Pobreza extrema (%)	G	13					(UN, 2016)
	P	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	(INEC, 2014b)
	L	33,4	33,4	33,4	33,4	0,7	(MIES, 2014)
	GV	EV	EV	EV	EV	NV	
Pobreza por necesidades básicas insatisfechas (%)	P	60.1					(INEC, 2012a)
	L	76,8	76,8	76,8	76,8	52	(INEC, 2012a)
	L vs P	Peor	Peor	Peor	Peor	Mejor	
Participación de mujeres productoras agrícolas (%)	P	42,6	-	-	-	-	(Ferreire, Garcia, L, A, & Tomshic, 2010)
	L	37,1	-	-	-	-	(Ferreire et al., 2010)
	L vs P	Peor	-	-	-	-	
Participación de la mujer por sector (%)	p	32,0	32,0	23,6	36,3	21,7	(Ferreire et al., 2010)

ALC= América Latina y el Caribe, G=Global, P=País, L=Local; GV= Grado de vulnerabilidad, NV=No vulnerable, PV=Potencialmente vulnerable, V=Vulnerable, EV=Extremadamente vulnerable

De acuerdo con el indicador de pobreza extrema muestra que a nivel internacional, el 13% de la población mundial vive en la pobreza extrema, mientras que a nivel de país se reduce a 8,2%.

A nivel local, el 33,4% de la población de Manabí vive en la pobreza extrema, que es un valor superior a Galápagos con solo 0,7%. Por lo tanto, en Manabí, el 33,4% de la población vive con menos de \$ 1,48 por día (INEC, 2010). Además, el indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas revela que el 76,8% de la población en Manabí vive en pobreza, lo cual es mayor que Galápagos y el nivel país con el 52% y el 60,1%. Con base en lo anterior, los proveedores de jatropha y acopiadores locales que viven en zonas rurales, muestran una vulnerabilidad extrema a la pobreza lo que además les limita a alcanzar la seguridad alimentaria.

De acuerdo con los indicadores de educación, a nivel internacional, el 94% de los niños entre 5 y 14 años en la región de América Latina y el Caribe tiene una matrícula en la escuela primaria, mientras que para el nivel país, la zona rural y urbana muestran tasas de 95,1% y 97 %. En el nivel local, el 89,9% de la población rural de Manabí está matriculada en educación primaria, que es más bajo que las tasas de la población urbana de Manabí y de Galápagos, con 93,2% y 97,5%.

De manera similar, la tasa de matrícula para la educación secundaria en la zona rural de Manabí es del 52,5%, que es más baja que las tasas de la zona urbana de Manabí, y Galápagos con 72,7% y 76,5%.

Respeto al promedio de escolaridad para personas de 24 años o más; la población de América Latina y el Caribe tiene 10,2 años de instrucción que es ligeramente inferior al nivel del país con un 10,8. En Manabí, el promedio de escolaridad de la zona rural es de 6,1 años de instrucción, mientras que en la zona urbana es de 10,1 años, estos valores son inferiores comparado con Galápagos con 10,9 años de instrucción. Estos argumentos revelan que los proveedores y recolectores locales de jatropha muestran vulnerabilidad extrema a la educación precaria y consecuente exclusión social debido a su bajo nivel de educación.

Con respecto a la igualdad de género, el indicador participación de la mujer por sector económico está relacionado a las etapas del ciclo de vida social. A nivel de país, la participación de la mujer en el sector de la energía es del 21,7%, mientras que para el sector de manufactura es de 36,3%. La participación de la mujer en el sector agrícola es del 32% para la zona rural y del 23,6% en la zona urbana. Más específicamente, la participación de las mujeres agricultoras a nivel de país y a nivel local en Manabí es del 42,6% y 37,1%, respetivamente. En este sentido, el 49% de las mujeres del país pertenecen a zonas rurales y el 95% de estas mujeres no tienen acceso a crédito y el 40% tiene propiedades de menos de 1 hectárea (CEDAW, 2014). A pesar de ello, se enfatiza el importante papel de las agricultoras como constructoras de la soberanía alimentaria en los hogares rurales (León et al., 2012). Con base en estos argumentos, se concluye que las mujeres agricultoras en Manabí son vulnerables a la inseguridad alimentaria, inclusión social y desigualdad de género debido a la falta de acceso a factores de producción, escaso capital social y empoderamiento.

ii. Categoría Planeta

La Tabla 6 muestra las vulnerabilidades de los actores, estimadas a través del análisis de indicadores relacionados con los ODS: agua limpia y saneamiento, y vida de los ecosistemas terrestres.

Tabla 6 Análisis de indicadores y vulnerabilidades para la categoría Planeta

Planeta	Fases	Extracción MP		Refinería	Generación de electricidad	Referencia
Indicador	Nivel	Productor, Recolector, Acopiador	Empleados agrícolas	Empleados de refinería	Empleados de electricidad y usuarios	
Acceso a mejores fuentes de agua potable (%)	ALC	95				(UN, 2015c)
	P	89				(SHDB, 2016)
	L	52,4	52,4	52,4	69,9	(INEC, 2010)
	GV	EV	EV	EV	EV	
Acceso a mejores fuentes de saneamiento (%)	ALC	83				(UN, 2015)
	P	84				(SHDB, 2016)
	L	63,8	63,8	63,8	93,8	(INEC, 2010)(INEC, 2010)
	GV	EV	EV	EV	NV	

Avance de la desertificación (km/año)	L	1,75	-	-	-	(SEMPLADES, 2014)
Deforestación de suelos (%)	L	85	-	-	-	(SEMPLADES, 2014)
ALC= América Latina y el Caribe, G=Global, P=País, L=Local; GV= Grado de vulnerabilidad, NV=No vulnerable, PV=Potencialmente vulnerable, V=Vulnerable, EV=Extremadamente vulnerable						

Por un lado, a nivel internacional, el 95% de la población de ALC tiene acceso al agua potable, mientras que a nivel de país se reduce al 89%. A nivel local, en Manabí, el 52,4% de la población tiene acceso a agua potable, que es un valor inferior al de 69,9% de Galápagos. Además de lo anterior, a nivel internacional, el acceso a servicios de saneamiento en ALC es de 83%, que es ligeramente inferior al nivel de país con 84%, mientras que a nivel local, Manabí con 63,8% tiene un menor acceso a saneamiento que Galápagos con 93,8%. En este sentido, Manabí muestra situaciones desfavorables y se concluye que los actores de Manabí son extremadamente vulnerables a una crisis de salud.

Por otro lado, relacionado con la vida de los ecosistemas terrestres. En Manabí, el avance de la desertificación es de 1,75 km/año, mientras que la deforestación es del 85%, esto muestra un proceso de deterioro del suelo que afecta directamente a la producción agrícola (SEMPLADES, 2014). Por el contrario, Galápagos presenta un ecosistema privilegiado, pero también es vulnerable a los efectos del cambio climático (CI and WWF, 2011) causados por la actividad humana, principalmente por el riesgo de derrames de diésel. Sobre esa base, se concluye que los actores rurales de Manabí muestran una vulnerabilidad extrema al deterioro de su capital natural, que se asocia con una baja capacidad de producción agrícola, inseguridad alimentaria y creciente pobreza, mientras que los actores de Galápagos son vulnerables a la contaminación marina, y pérdida consecuente su biodiversidad.

iv. ***Categoría de prosperidad***

La Tabla 7 muestra las vulnerabilidades de los actores, estimadas a través del análisis de

indicadores relacionados con los ODS: Energía asequible y no contaminante, trabajo decente y crecimiento económico y Reducción de las desigualdades.

Tabla 7 Análisis de indicadores, riesgos y vulnerabilidades para la categoría Prosperidad

Prosperidad	Fases	Extracción de MP			Refinería	Generación de electricidad	Referencia
Indicador/Riesgo	Nivel	Productor	Recolector & Acopiador	Empleados agrícolas	Empleados de refinería	Empleados de electricidad y usuarios	
Acceso a una fuente de electricidad (%)	ALC	95					(IEA, 2016)
	P	99					(WorldBank, 2014)
	L	83,5	83,5	83,5	83,5	96,2	(INEC, 2010)
	GV	V	V	V	V	PV	
Desempleo (%)	G	5,6					(IJR, 2015)
	P	2,2	2,2	2,2	4,5	4,5	(INEC, 2014)
	L	4,8	4,8	8,5	8,5	2,1	(INEC, 2010)
	GV	PV	PV	V	V	NV	
Porcentaje de trabajo infantil (%)	G	19,3					(UNICEF, 2013)
	P	8,56					(INEC, 2012a)
	L	4,4	4,4	4,4	4,4		(INEC, 2012a)
	GV	NV					
Riesgo de trabajo infantil por sector	P	14,2 - A	14,2 - A	14,2 - A	7,1 - A	0 - B	(SHDB, 2016)
Niños que trabajan en servicios domésticos, no remunerados (%)	G	56,9					(UNICEF, 2013)
	P	13,5					(INEC, 2012a)
Riesgo que el salario del sector sea inferior al salario básico del país	P	1,52%-MA	1,52%-MA	1,52%-MA	1,52%-MA	1,52%-MA	(SHDB, 2016)
Personas empleadas con contrato anual (%)	P	-	-	35,9	35,9	35,9	(INEC, 2014)
Personas autónomas con seguro social (%)	P	13,3	13,3				(INEC, 2015)
Personas asalariadas con seguro social (%)	P	-	-	56,5	56,5	56,5	(INEC, 2015)
Empleados con discapacidades (%)	P	-	-	0,71			(CONADIS, 2013)
Caracterización de explotaciones agrícolas grandes	P	36%-B	-	-	-	-	(SHDB, 2016)
Coefficiente de Gini para la tierra	L	0,76	-	-	-	-	(INEC, 2012b)
Área agrícola ocupada por pequeños agricultores (%)	L	9	-	-	-	-	(MCPEC, 2011)
ALC= América Latina y el Caribe, G=Global, P=País, L=Local; GV= Grado de vulnerabilidad, NV=No vulnerable, PV=Potencialmente vulnerable, V=Vulnerable, EV=Extremadamente vulnerable; A=Riesgo alto, MA=Riesgo muy alto, B=Riesgo bajo, M=Riesgo medio							

De acuerdo con el acceso a la energía, a nivel internacional, el 95% de la región de ALC tiene

acceso a una fuente de electricidad, valor ligeramente inferior comparado al nivel país de 99%, mientras que a nivel local, Galápagos y Manabí tienen el 96,2% y el 83,5% de acceso a la electricidad. En Manabí, el suministro eléctrico proviene del Sistema Nacional Interconectado (SNI), mientras que Galápagos tiene un sistema eléctrico independiente en cada isla y el 17% proviene de energía renovable (IICA, 2017). En la Isla Floreana, antes de 2008 la electricidad era pobre e intermitente, pero actualmente se genera electricidad a partir del AJ, que es suministrada las 24 horas del día (IICA, 2013). En Galápagos, la transición de energías fósiles a energías renovables (IICA, 2017) se encuentra en proceso de adaptación y crecimiento. A pesar de lo anterior, debe notarse que esta transición energética revela ciertas debilidades como; baja o nula calificación por parte de la población nativa para resolver daños técnicos (IICA, 2013), inestabilidad energética debido a la estacionalidad o fluctuación de recursos energéticos naturales como el sol, viento (IICA, 2017) o aceite de jatropha (Muñoz, M; Herrera, I; Lechón, Y; Caldés, N; Iglesias, 2017), así como, la incertidumbre económica hacia el futuro para mantener o aumentar la participación de las energías renovables. Por estas razones se concluye que la población de la Isla Floreana es vulnerable a la inseguridad energética.

Según el nivel internacional, el 5,6% de la población mundial está desempleada, mientras que a nivel de país, las zonas urbanas y rurales muestran el 4,5% y el 2,2%. A nivel local, Galápagos tiene una tasa de desempleo de 2,1%, que es menor en comparación con la zona urbana y rural de Manabí de 8,5% y 4,8%. En el país, los asalariados corren un riesgo muy alto de recibir un salario inferior al salario mínimo del país. Además, los asalariados con contrato anual representan un 35,9% y 56,5% tienen seguro social, mientras que los autónomos que tienen seguro social representan un 13,3%.

En el norte de Manabí, la actividad laboral, está representada por pequeños hogares rurales quienes son propietarios de una granja, viven en situaciones precarias y complementa sus

ingresos con empleos temporales en empresas agroexportadoras; mientras que los pequeños hogares rurales del sur se dedican al comercio informal en los centros urbanos (Hollenstein & Carrión, 2013). Dado que el contexto laboral de Manabí es complicado, se concluye que los empleados agrícolas y de refinería que viven en la zona urbana son vulnerables al desempleo; mientras que los productores, recolectores y acopiadores que viven en zonas rurales son vulnerables al desempleo y pueden contribuir a la migración interna.

Según el contexto del trabajo infantil. A nivel mundial, el 19,3% de la población infantil son niños trabajadores, tal valor es superior al nivel país y local con 8,6% y 4,4%. No obstante, el trabajo infantil vinculado al sector agrícola del país (fase de extracción de materia prima) representa un 14,2%, lo que se constituye un alto riesgo. Respecto al trabajo infantil en el sector agrícola de Manabí, no fue posible encontrar información. Aunque, (Muñoz, Iglesias, & Caldés, 2017) indica que los proveedores de jatropha cuyos hijos (uno o más) colaboran en la recolección de jatropha tienen un 3,70% más de probabilidad de participar en el proyecto que aquellos que no reciben ayuda de sus hijos. Además, debido a las condiciones de pobreza extrema y bajo nivel de educación en la zona rural de Manabí, se deduce que el riesgo de trabajo infantil es alto, similar al identificado para el sector agrícola a nivel de país. Por estas razones, se concluye que en el contexto agrícola y rural de Manabí existe extrema vulnerabilidad al trabajo infantil. Estos resultados están alineados con la OREALC/UNESCO (2013) que indica que los niños de las áreas rurales se inician en el mundo laboral a una edad muy temprana, con el propósito de contribuir al apoyo familiar, y es por esta razón tienden a renunciar a la asistencia de la escuela, empeorando su nivel de educación que posteriormente les impide salir del círculo de la pobreza.

Con respecto a la reducción de las desigualdades, a nivel nacional, el 0,7% de los empleados son personas con discapacidad que tienen acceso a un trabajo decente. Otros indicadores de

desigualdad se centraron en el sector agrícola. A nivel de país, el 36% de los agricultores tienen propiedades de cinco o menos hectáreas. A nivel local, en Manabí, el 9% de la superficie cultivable es utilizada por pequeños agricultores y la concentración de propiedades de la tierra se encuentra en un pequeño grupo de agricultores, como se refleja en el coeficiente de Gini de la tierra de 0,76. Tal coeficiente puede alcanzar un valor de como máximo 1, lo que significa que existe una desigualdad extrema. Por lo tanto, debido a las desigualdades en la concentración y el acceso a la tierra, sumadas a la baja calidad de la tierra, se concluye que los productores de jatropha son vulnerables a ser excluidos de las cadenas de producción agrícola, y así acrecentar su pobreza.

v. **Categoría de Paz**

La Tabla 8 muestra las vulnerabilidades de los actores, a partir del análisis de indicadores relacionados con los ODS: Paz, justicia e instituciones sólidas.

Tabla 8 Análisis de riesgos y vulnerabilidades para la categoría Paz

Paz	Fases	Extracción MP	Refinería	Generación de electricidad	Referencia
Riesgo	Nivel	Empleados agrícolas	Empleados de refinería	Empleados de electricidad y usuarios	
Riesgo total de corrupción	P	MA	MA	MA	(SHDB, 2016)
Riesgo total de fragilidad en el sistema legal	P	MA	MA	MA	(SHDB, 2016)
Riesgo que tiene un país para ser clasificado pobremente para la percepción de la corrupción	P	A	A	A	(SHDB, 2016)
Riesgo que tiene un país para que la corrupción sea un obstáculo para hacer negocios	P	A	A	A	(SHDB, 2016)
P=País; A=Riesgo alto, MA=Riesgo muy alto.					

A nivel país, las tres fases del ciclo de vida vinculadas a los sectores económicos tienen un riesgo muy alto asociado a la corrupción, así como a la fragilidad del sistema legal. Adicionalmente, existe un alto riesgo de que el país tenga una clasificación pobre para la percepción de la corrupción, así como también de que la corrupción se convierta en un obstáculo para hacer

negocios. En este sentido, (Donoso, Montalvo, & Orcés, 2010) analizan la percepción de corrupción en el sector público y señala que el 73,9% de los ecuatorianos piensan que la corrupción está algo generalizada en el sector público, además, el 21,1% de los encuestados declararon haber sido víctima de alguna forma de corrupción. De acuerdo con los riesgos de corrupción analizados, se concluye que los actores involucrados en las fases del ciclo de vida son vulnerables a eventos de corrupción, lo que significa que enfrentan obstáculos para los procesos de negociación; dificultad para implementar medidas sostenibles, riesgos en la inversión social, debilidad institucional y consecuente alejamiento de los objetivos de sostenibilidad.

vi. ***Categoría de Alianzas***

La Tabla 9 muestra las vulnerabilidades, estimadas mediante el análisis de indicadores asociados con los ODS: Alianzas para lograr los objetivos.

Tabla 9 Análisis de riesgos y vulnerabilidades para la categoría Alianzas

Alianzas	Fases	Extracción MP			Refinería	Generación de electricidad	Referencia
Riesgo	Nivel	Productor	Recolector & Acopiador	Empleados agrícolas	Empleados de refinería	Empleados de electricidad y usuarios	
Riesgo que tiene un país para perder o no hacer cumplir los derechos de negociación colectiva	P	A	A	A	A	A	(SHDB, 2016)
Riesgo que tiene un país para perder o no hacer cumplir los derechos de libertad sindical	P	A	A	A	A	A	(SHDB, 2016)
P=País; A=Riesgo alto.							

A nivel país, existe un alto riesgo de perder o no hacer cumplir los derechos de negociación colectiva, así como el riesgo de perder o incumplir los derechos de libertad sindical. Dichos resultados están alineados a las estadísticas nacionales, que muestran una reducción gradual en el número de organizaciones sindicales formadas entre 2008 y 2015, disminuyendo de 94 a 1, respectivamente (MDT, 2015).

De acuerdo con el nivel local, en el sur de Manabí, hasta el año 2000 las organizaciones eran creadas para cumplir con actividades de producción, pero a partir de entonces se enfocaron en resolver problemas sociales, además de las actividades productivas (Guerrero, 2013). Sin embargo, estas organizaciones se enfrentan con frecuencia a situaciones tales como conflictos de liderazgo, integración conflictiva, dificultad para establecer relaciones con las estructuras organizativas y una participación sindical temporal que está solo vinculada a los beneficios económicos. Sumado a lo anterior, se identificaron otros factores debilitantes, como la falta de comunicación entre los diferentes niveles de niveles jerárquicos, la no renovación de los gerentes y la dificultad para incorporar organizaciones dirigidas por jóvenes o mujeres. En este sentido, Hollenstein & Carrión (2013) indican que el éxito de las políticas públicas dirigidas a reducir la pobreza rural está fuertemente asociado al grado de asociatividad de los hogares rurales. Sobre esa base, se concluye que los proveedores de jatropha son vulnerables a la desintegración organizacional debido al pobre y débil contexto para formar alianzas.

4.3.2. Contribuciones e impactos del proyecto

A continuación, se muestran las contribuciones del proyecto, junto con sus impactos sociales, que están vinculados a las vulnerabilidades y los ODS.

i. Categoría Personas

La estructura social del proyecto está formada principalmente por la participación de proveedores y acopiadores, quienes viven en un contexto rural desfavorable. La Tabla 10 muestra las principales contribuciones e impactos sociales identificados en la categoría personas.

Tabla 10 Contribuciones e impactos de la categoría Personas

Grado de vulnerabilidad	Categoría Personas - Contribuciones	Impacto	Alineación con los ODS
EV	3.000 ² hogares rurales son proveedores de jatropa	+	Fin de pobreza y hambre cero (ODS 1,2)
EV	61 ² acopiadores locales	+	
EV	Participación de productores bajo la línea de pobreza y en extrema pobreza, (76,6% y 24,3%)	+	
EV	Participación de recolectores bajo la línea de pobreza y en extrema pobreza, (98,2% y 21,4%)	+	
EV	Proveedores que usan el ingreso de jatropa para cubrir necesidades del hogar, (92,4%)	+	
EV	Proveedores que reciben entre \$25 a \$80 por venta de jatropa, (70%)	+	
EV	Proveedores que consideran muy importante los ingresos de jatropa, (84,3%)	+	
EV	Acopiadores reciben \$1,5 por quintal acopiado ³	+	
EV	Un proveedor se beneficia con \$37 por cada Mwh generado ¹	+	
EV	Proveedores que usan las cercas vivas de jatropa previenen la degradación de suelos, evitan la pérdida de productividad de tierras y no amenaza la seguridad alimentaria.	+	
EV	Los proveedores declararon que uno o más niños de la familia colaboraron en la cosecha de jatropa (33,3)	-	Educación de calidad (ODS 4)
V	Mujeres productoras de jatropa, (4,7%)	+	Igualdad de género (ODS 5)
V	Mujeres que participan en la cosecha de jatropa como ayudantes de los proveedores, (41,5%)	-	
V	Mujeres empleadas en el proyecto (10,5%)	+	

Sistema de electricidad a partir de jatropa (20% Jatropa-80% Diesel)¹; INIAP, 2013²

Se identificaron contribuciones e impactos enfocados a mitigar la pobreza y el hambre. Por un lado, el 24,3% de los productores y el 21,4% de los coleccionistas viven en la pobreza extrema. Sin embargo, el 92,4% de los proveedores usan los ingresos adicionales de jatropa para satisfacer sus necesidades diarias, por lo tanto, el 84,3% de ellos considera que los ingresos de jatropa son muy importantes para su economía familiar. En este sentido, el 70% de los proveedores recibe entre \$ 25 y \$ 80 por la venta de jatropa, mientras que los acopiadores reciben \$ 1,5 por cada quintal de jatropa almacenado (IICA, 2013). Además, dado que la tierra es un factor de producción esencial para la economía de los hogares rurales, el uso del sistema de cercas vivas de jatropa les ayuda a prevenir la degradación del suelo, evita la pérdida de productividad y no es una amenaza para la seguridad alimentaria.

En relación con el ODS igualdad de género, el proyecto tiene un ligero impacto positivo en la desigualdad, ya que el 10,5% de los empleados son mujeres y el 4,7% son productoras de jatropha. Sin embargo, tales participaciones son bajas y deberían aumentarse. Por el contrario, la participación de las mujeres que ayudan al 41,5% a los proveedores a cosechar la jatropha se considera un impacto negativo, porque esta participación no es formal y no contribuye a la igualdad de género o empoderamiento de la mujer

Respeto a los ODS de educación de calidad. La participación de los niños, aquellos que ayudan al 33,3% a los proveedores a cosechar la jatropha se considera un impacto negativo, porque, Manabí muestra vulnerabilidad al trabajo infantil y el bajo nivel de educación. Por lo tanto, los niños podrían aumentar el riesgo de abandono escolar temprano, y continuar así el círculo de la pobreza.

ii. Categoría Planeta

La Tabla 11 muestra las contribuciones e impactos, asociados a los ODS, vida de ecosistemas terrestres y acción por el clima.

Tabla 11 Contribuciones e impactos de la categoría Planeta

Categoría Planeta - Contribuciones	Impacto	Alineación con los ODS
Las cercas vivas de jatropha evitan procesos de degradación de tierras y fijan CO₂	+	Vida de ecosistemas terrestres (ODS 10)
Uso de variedades mejoradas de jatropha	+	
Conservación de la biodiversidad en Galápagos y ecosistema rural de Manabí	+	Acción por el clima (ODS 8)
Aplicación de medidas de mitigación, por los compromisos adquiridos ante la CMNUCC	+	
Reducción de las emisiones contaminantes de la bioelectricidad a partir del aceite de jatropha, (130 kg CO₂ eq /MWh)¹	+	
Menor riesgo de derrame de combustible fósil en reserva marina	+	Vida submarina (ODS 9)

CMNUCC=Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, ¹Sistema de producción (20Jatropha-80Diesel).

Fuente: Elaboración propia

El principal objetivo de este proyecto de bioenergía se centra en generar impactos sociales positivos a través de la implementación de medidas ambientales que permitan mejorar el bienestar de los actores involucrados. El ODS vida de los ecosistemas terrestres está vinculado al uso de las cercas vivas de jatropha como medida para evitar la desertificación y ayudar a la rehabilitación de tierras degradadas (IICA, 2013; Wani et al., 2012), además de contribuir al almacenamiento y captura de carbono (Wani et al., 2012). Cabe señalar que para expandir la producción de jatropha se han sembrado variedades mejoradas con mejores rendimientos y más resistentes (INIAP, 2013).

Los ODS, la acción climática y la vida bajo el agua se asociaron a la medida de generación de bioelectricidad a partir del aceite de jatropha, que reduce los gases de efecto invernadero (Muñoz, M; Herrera, I; Lechón, Y; Caldés, N; Iglesias, 2017) y también reduce el riesgo de derrames de combustibles fósiles en áreas marinas protegidas (IICA, 2013). Los impactos positivos de estas contribuciones reducen la vulnerabilidad al cambio climático que tienen los proveedores y usuarios de las zonas rurales de Manabí y Galápagos, por lo tanto, se obtienen resultados consistentes con los compromisos asumidos bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas

sobre el Cambio Climático (UN, 2015).

iii. Categoría de prosperidad

La Tabla 12 muestra las contribuciones e impactos sociales alineados con los ODS relacionados con la categoría prosperidad.

Tabla 12 Contribuciones e impactos de la categoría Prosperidad

Grado de vulnerabilidad	Categoría Prosperidad - Contribuciones	Impacto	Alineación con los ODS
EV	Número empleados: 19	+	Trabajo decente y crecimiento económico (ODS 12)
EV	Fortalecimiento económico de 3000 familias, por ingresos adicionales de jatropha ¹	+	
EV	Proveedores de jatropha con menor probabilidad de migrar hacia zonas urbanas	+	
EV	Proveedores que reciben incentivos para mejorar la producción de jatropha (30,2%)	+	
EV	El sistema de cercas vivas de jatropha no reduce la pérdida de productividad de las tierras cultivables	+	
EV	Proveedores que tienen ayuda de niños para la cosecha de jatropha, (33,3%)	-	
V	Hogares de la IF, que declaran que el servicio eléctrico genera crecimiento económico (64,5%)	+	
EV	Productores con ≤ 10 hectáreas, (50,5%),	+	Reducción de desigualdades (ODS 14)
EV	Personas empleadas con discapacidad, (9,1%)	+	
EV	Infraestructura tecnológica de la Central Térmica de Floreana	+	Industria, innovación e infraestructura (ODS 13)
EV	Infraestructura tecnológica de la Planta de Refinería	+	
V	Acceso a una electricidad menos contaminante durante las 24 horas del día en la Isla Floreana	+	Energía asequible y no contaminante (ODS 11)
V	Uso de aceite vegetal de jatropha para la producción de bioelectricidad	+	
-	Isla rural Floreana	+	Ciudades y comunidades sostenibles (ODS 15)
-	Zona rural de Manabí	+	

IF=Isla Floreana, Año 2016¹. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los ODS, trabajo decente y crecimiento económico. El empleo generado por el proyecto, aunque es bajo, tiene un impacto positivo, dado que beneficia al 47,4% de los empleados con un contrato de empleo anual.

Otro impacto positivo es el fortalecimiento económico de las familias de los proveedores a través de los ingresos adicionales de la venta de jatropha y los incentivos para la producción de jatropha, tales como variedades mejoradas de jatropha, kits de cosecha, alambre de púas para mantener las cercas vivas. Además, cabe destacar que para las extensiones recientes de cercas vivas de

jatropha se han utilizado variedades mejoradas de jatropha, que mejoran la productividad de jatropha y evitan la pérdida de productividad del suelo, factores clave para mantener la economía de la proveedores. Estos argumentos pueden llevar a una menor probabilidad de que los proveedores migren a las áreas urbanas.

Por el contrario, la participación de los niños en la cosecha de jatropha fue considerada como un posible impacto negativo, porque si se consideran las vulnerabilidades a la pobreza y la baja educación de la zona rural, los niños en un futuro previsible podrían comprometer su desarrollo educativo, de modo que podrían reducir su probabilidad de obtener un trabajo decente y contribuir al crecimiento económico.

Además, alineado con algunos ODS de prosperidad, se identificó que en Floreana, el 64,5% de los hogares encuestados afirmó que el crecimiento económico surgió debido al aumento en el turismo derivado del servicio de bioelectricidad. Otro impacto positivo que obtienen los actores involucrados es la adquisición de nuevos conocimientos a través de la adopción y el uso de las infraestructuras tecnológicas implementadas en las etapas de generación eléctrica y refinería que contribuyen al progreso y la innovación en la industria de los biocombustibles

De acuerdo con los ODS de las desigualdades reducidas, aunque el proyecto no tiene un impacto positivo directo en la desigualdad relacionada con la concentración de la propiedad de la tierra. El 50,5% de los productores de jatropha, aquellos que declararon poseer 10 hectáreas o menos de tierra, podrían reducir las brechas de desigualdad en términos de capital humano y social debido a su participación en el proyecto. Además de lo anterior, otro impacto social positivo asociado con las desigualdades es la integración laboral de las personas con discapacidad que constituyen el 9,1% de los empleados

iv. Categoría de Paz

De acuerdo con la categoría de paz, no se identificaron las contribuciones ni los impactos del proyecto, y tampoco se encontró información relacionada. Sin embargo, se identificaron algunos factores que podrían constituir una limitación para la aparición de eventos de corrupción, tales como el precio de jatropha fijado por el Estado, la trazabilidad de los lotes de jatropha, la ausencia de intermediarios en la cadena de valor y las características e intereses comunes de los proveedores que son miembros de la cooperativa jatropha. A pesar de esto, las medidas de control para actividades logísticas o procesos relacionados con la producción, comercialización y distribución se consideran necesarios para establecer un sistema de trazabilidad a lo largo del ciclo de vida, que permita identificar y actuar en posibles situaciones de corrupción.

v. Categoría Alianzas

Algunas contribuciones e impactos asociados con la categoría de Alianzas se muestran en la Tabla 13. Se identificaron las contribuciones para fortalecer la asociatividad, como la implementación de dos nuevas cooperativas de jatropha (FOMIN 2016), escuelas de campo, talleres técnicos y asistencia técnica, que generan impactos en el desarrollo del capital humano y social de los proveedores.

Estos impactos mejoran la percepción del proveedor sobre la cohesión social, ya que el 81,8% declaró estar interesado en unirse a una cooperativa de jatropha y el 89,3% manifestó que está dispuesto a continuar participando como proveedor en el proyecto.

Tabla 13 Contribuciones e impactos de la categoría Alianzas

Grado de vulnerabilidad	Contribuciones – Categoría Alianzas	Impacto	Alineación con los ODS
EV	Implementación de cooperativas de jatropa	+	Alianzas para lograr los objetivos (ODS 17)
	Desarrollo de capital humano y social de los proveedores: escuelas de campo, asistencia técnica, talleres	+	
EV	Proveedores que tienen la voluntad de seguir participando en el proyecto, (89,3%)	+	
EV	Proveedores que están dispuestos a formar una cooperativa de jatropa, (81,8%)	+	

Fuente: Elaboración propia

4.4. Conclusiones

A través del marco analítico, ACVS-MN se identificó las contribuciones y los impactos sociales de la bioelectricidad a partir del AJ. Los proveedores y acopiadores viven en pobreza y pobreza extrema, a pesar de que los proveedores son los más vulnerables del ACV debido a su posición socioeconómica más baja en la comunidad.

La participación de los proveedores en el proyecto es un medio clave para que estos puedan reducir su pobreza y desigualdad que son características del contexto socioeconómico de las zonas rurales. Los proveedores se benefician de una serie de contribuciones que generan mayormente impactos positivos, los que se alinean con el alcance de los ODS. A este respecto, cabe señalar que los ingresos adicionales de la venta de jatropa se utilizan para satisfacer necesidades básicas, el sistema de cercas vivas de jatropa se considera un capital natural que ayuda a combatir la pobreza y aumentar la resistencia de los productores ante eventos climáticos adversos. No obstante lo anterior, se requieren medidas para combatir la pobreza de manera más sostenible, a través de programas enfocados en la construcción de capacidades, especialmente para mujeres y jóvenes. Para ello, se proponen medidas, como el establecimiento de máquinas descascaradoras de jatropa en comunidades estratégicas, acceso al crédito para mejorar la producción de jatropa, capacitación y monitoreo de buenas prácticas agrícolas y uso eficiente de

subproductos de jatropha. Otras medidas especialmente relacionadas con las mujeres podrían ser la implementación de guarderías comunitarias y cooperativas artesanales. Si bien para proponer medidas relacionadas con el bienestar de los niños, es necesario analizar su participación en la cosecha de jatropha para brindar alternativas que no comprometan su desarrollo escolar sino que aumenten sus capacidades para lograr el abandono del ciclo de pobreza.

En referencia a las alianzas, las contribuciones destinadas a aumentar la cohesión social generaron impactos positivos sobre la asociatividad de los proveedores y desarrollo de su capital humano y social. Sin embargo, para fortalecer las redes sociales es necesario promover la cohesión social desde los niveles más básicos y vulnerables de la comunidad a fin de generar una estructura de empoderamiento y participación que mejore la posición del proveedor en la cadena de valor. Otra relación importante se refiere a la vinculación entre los proveedores y los usuarios de bioelectricidad que debe fortalecerse para mejorar la conectividad entre la oferta y la demanda. En relación con los empleados, aunque representan un grupo minoritario, se benefician con un trabajo decente.

Con respecto a la población de Floreana, reciben una electricidad menos contaminante, que permite reducir el riesgo de derrames de diésel en áreas protegidas y ayuda a conservar la biodiversidad de Galápagos. En este sentido, los beneficios ambientales de la bioelectricidad van más allá y están asociados con el bienestar social porque permiten fortalecer el turismo rural y, en consecuencia, el crecimiento económico.

Se concluye que los biocombustibles son una piedra angular para el desarrollo de políticas sostenibles que consideran alcanzar objetivos globales (CMNUCC y ODS), dado que tienen una importante capacidad para contribuir al desarrollo social de las zonas desfavorecidas.

Finalmente, para mejorar la sostenibilidad social del proyecto analizado y explotar todo su potencial, es importante considerar los siguientes factores clave: fortalecimiento del capital social, acciones que maximicen el empoderamiento de las mujeres rurales, desarrollo de actividades que incrementen la educación de los niños, la asociatividad de los proveedores desde sus comunidades y el fortalecimiento del vínculo entre proveedores y usuarios.

5. ANÁLISIS DE LA DECISIÓN DE PARTICIPAR

5.1. Introducción

Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), el sector de la energía es responsable de alrededor del 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero (IRENA, 2016). Una posible forma de combatir el cambio climático dentro de este sector consiste en apoyar el despliegue de energías renovables, como los biocombustibles, como una forma de sustituir los combustibles fósiles convencionales. Además de ser una estrategia de mitigación del cambio climático, promover la bioenergía también puede contribuir al desarrollo sostenible.

Si bien la seguridad alimentaria y el suministro de energía están entre los desafíos más serios que enfrentan los países en desarrollo, la bioenergía moderna sostenible puede promover el desarrollo agrícola, social y económico que ayudará a enfrentar estos desafíos (GBEP, 2011).

En este contexto, algunos países en desarrollo promueven la producción de bioenergía mediante el uso de *Jatropha curcas* como una fuente energética, debido a sus potenciales efectos positivos sociales, económicos y ambientales en los modelos de producción a pequeña escala (Wouter M J Achten et al., 2010; Eckart & Henshaw, 2012; A. Kumar & Sharma, 2008). Ejemplos de tales proyectos de electrificación rural se pueden encontrar en países en desarrollo como Indonesia, Tanzania, Mali e India (Bouffaron et al., 2012; Gaul, 2012; Gmünder et al., 2010; Grimsby et al., 2012; Portugal-Pereira et al., 2015).

En este sentido, el gobierno ecuatoriano, preocupado por la sostenibilidad ambiental de su sistema energético, lanzó el programa ERGAL, cuyo objetivo es erradicar el uso de combustibles fósiles en las Islas Galápagos. Para este propósito, se implementó el proyecto piloto JPG, cuyo

objetivo es usar aceite de jatropha para producir electricidad en las Islas Galápagos, reducir la dependencia de combustibles fósiles de las islas y disminuir el riesgo de derrame de diésel en el área marina protegida de Galápagos. En la Isla Floreana, la electricidad actualmente se produce al mezclar diésel y aceite de jatropha (AJ), con un porcentaje aproximado de mezcla de 80% y 20%, respectivamente.

El proyecto JPG tiene como objetivo aumentar el porcentaje de AJ en la mezcla para mejorar la sostenibilidad ambiental de la producción de electricidad. Tal objetivo requiere un aumento en la producción de cercas vivas de jatropha (Ergal, 2008), que son actualmente aprovechadas por los proveedores de Jatropha. Dichos proveedores se dividen en pequeños productores que cosechan jatropha de las cercas vivas en sus propiedades y recolectores que los cosechan de propiedades de terceros, con el consentimiento previo de los propietarios de las tierras. En ambos casos, los frutos de jatropha se venden a centros de acopio que son parte del proyecto JPG y están ubicados en áreas rurales de Manabí.

La comercialización de Jatropha todavía se encuentra en una etapa incipiente, actualmente es comercializada por proveedores y recolectores locales utilizando los precios fijados por el proyecto JPG. Así, en 2013, el precio de la semilla fue de \$ 0,26/kg, mientras que el precio de la fruta fue de \$ 0,20/kg (IICA, 2013). La jatropha se comercializa comúnmente como fruta (85%) ya que el proceso de descascarado consume mucho tiempo que no es compensado por el aumento de precio de la semilla en comparación con el precio de la fruta (información obtenida a través del trabajo de campo). Por lo tanto, los proveedores llevan a cabo las actividades de producción y comercialización de jatropha, pero en última instancia no son los beneficiarios de la bioelectricidad que se produce. Esto no es una situación común, como se puede observar en proyectos similares de electrificación rural (Bouffaron et al., 2012; Gaul, 2012; Gmünder et al.,

2010; Grimsby et al., 2012; Portugal-Pereira et al., 2015; Tokunaga & Konan, 2014).

En este sentido, la disposición de los proveedores de *jatropha* para participar en el proyecto no está motivada por el acceso a la electricidad, sino por el ingreso adicional que se obtiene de la venta de *jatropha*. Desde este punto de vista, los proveedores de *jatropha* son actores clave, y su disposición a participar es una piedra angular para la sostenibilidad del proyecto y, lo que es más importante, para aumentar la producción de aceite de *jatropha*. Por lo tanto, es de suma importancia comprender e identificar los factores que pueden influir en su decisión de participar. Así, este estudio tiene como objetivo identificar los factores socioeconómicos que determinan la toma de decisión de si continuar participando en el proyecto o abandonarlo.

Estudios similares han analizado la participación de los agricultores en determinados proyectos o la adopción de prácticas agroambientales. La mayoría de estos estudios han utilizado modelos de elección discreta, como el modelo logit binario, ya que este marco de modelización permite hacer estimaciones de la probabilidad de que un individuo decida entre una alternativa y otra (Jeffrey M. Wooldridge, 2009). En particular, el modelo logit binario es ampliamente usado para analizar la decisión de los agricultores de participar en programas ambientales (Jin, Wang, & Gao, 2015; Unay Gailhard & Bojnec, 2015), así como para adoptar paquetes tecnológicos (Banerjee et al., 2008; Iqbal, Ireland, & Rodrigo, 2006; Jogo, Karamura, Tinzaara, Kubiriba, & Rietveld, 2013; Mariano, Villano, & Fleming, 2012). Sin embargo, la aplicación de estos modelos ha recibido menos atención para estudiar la sostenibilidad a largo plazo o el abandono de un proyecto. Un ejemplo de tal aplicación se encuentra en (Walton Jonathan C; Lambert Dayton M; Roberts Roland R K; Larson J A; English Burton C; Larkin Sherry L; Martin Steven W; Marra Michele C; Paxton Kenneth W; Reeves Jeanne M., 2008), donde se identificaron los factores que influyen en la adopción y abandono de la agricultura de precisión para la producción de algodón. Del mismo

modo, la adopción y abandono de la agricultura orgánica se analizaron en (Läpple, 2010), a través de los factores económicos y no económicos que influyen en la decisión de participar o abandonar las prácticas agrícolas orgánicas. Otros estudios similares emplearon modelos logit para analizar la voluntad de los agricultores de participar en un programa de capacitación para la creación de un humedal y para analizar la participación de pequeños agricultores en un proyecto de desarrollo rural comunitario (Alhaji Jamilu, Atala, Akpoko, & Sanni, 2015; Söderqvist, 2003).

Los resultados de dichos estudios indican que la decisión de adoptar o participar a menudo se relacionan con las características de los participantes (Iqbal et al., 2006; Jin et al., 2015; Walton Jonathan C; Lambert Dayton M; Roberts Roland R K; Larson J A; English Burton C; Larkin Sherry L; Martin Steven W; Marra Michele C; Paxton Kenneth W; Reeves Jeanne M., 2008), el capital social (Alhaji Jamilu et al., 2015; Jogo et al., 2013; Läpple, 2010; Soto, Achten, Muys, & Mathijs, 2015; Unay Gailhard & Bojnec, 2015), las características de producción (Alhaji Jamilu et al., 2015; Banerjee et al., 2008; Jogo et al., 2013; Soto et al., 2015; Unay Gailhard & Bojnec, 2015; Walton Jonathan C; Lambert Dayton M; Roberts Roland R K; Larson J A; English Burton C; Larkin Sherry L; Martin Steven W; Marra Michele C; Paxton Kenneth W; Reeves Jeanne M., 2008), y las características del proyecto (Arifin, Swallow, Suyanto, & Coe, 2009; Jogo et al., 2013).

Por consiguiente, en este proyecto, se analizó la decisión de los proveedores de *jatropha* de participar considerando variables explicativas relacionadas con las características de los proveedores, el capital social, las características de producción y las percepciones sobre las características del proyecto.

En este contexto, este estudio contribuye a ampliar el conjunto de conocimientos existente mediante el uso de un modelo logit para identificar y analizar los factores que influyen en la toma

de decisiones de los proveedores de jatropha para participar en un proyecto rural de bioenergía.

Por lo tanto, una mejor comprensión de los factores subyacentes que determinan su voluntad de participar puede contribuir a mejorar la sostenibilidad del proyecto.

Los resultados obtenidos en esta investigación pueden ayudar a los responsables de la toma de decisiones a desarrollar medidas para garantizar, e incluso aumentar, la participación de los proveedores de Jatropha en el proyecto (JPG), así como en proyectos similares.

5.2. Metodología

Se propone un modelo de elección discreta para identificar los factores socioeconómicos que influyen en la decisión de los proveedores de participar en el proyecto JPG. La hipótesis a verificar en este estudio fue: "Las percepciones de los precios, los incentivos para la producción de jatropha, las características de producción, así como la participación en redes sociales y las características de los proveedores influyen en su decisión de participar en el proyecto".

El modelo de elección discreta se basa en la teoría de utilidad aleatoria desarrollada por Thurstone y McFadden (McFadden, 1973; Thurstone, 1927). Este marco asume que el individuo i decide entre el conjunto de alternativas C_j donde $j = 1$ (*participar*) y $j = 0$ (*no participar*) y la utilidad U_{ij} , que el individuo i obtiene al elegir una determinada alternativa j se define como sigue:

$$U_{ij} = v_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

La ecuación (1) establece que la utilidad U_{ij} tiene dos componentes, un componente determinístico $v_{ij} = X_{ij}\beta$, donde X_{ij} es un conjunto de variables observadas que reflejan las características de la alternativa y las características socioeconómicas del individuo; y β es el parámetro vector que queremos estimar. El segundo componente ε_{ji} es desconocido y el investigador lo trata como aleatorio.

U_{ij} es la utilidad (o beneficio neto) que obtiene el individuo i al tomar una medida (en contraste de no tomarla). La utilidad que la persona obtiene al elegir la alternativa j depende de las características de la persona y de las características de la alternativa j .

En esta aplicación, denotamos U_{i1} , como la utilidad que el individuo obtiene si el individuo decide participar ($j = 1$) y U_{i0} , la utilidad que el individuo obtiene si el individuo decide abandonar el proyecto. Suponemos que el individuo elige la alternativa que proporciona la mayor utilidad o satisfacción. Debido a que la utilidad de un individuo no se puede observar directamente, la decisión individual o la decisión de participar o abandonar se define mediante una variable binaria Y_i de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Y_i \begin{cases} = 1 & \text{if } U_{i1} > U_{i0} \\ = 0 & \text{if } U_{i1} < U_{i0} \end{cases} \quad (2)$$

Para el conjunto de alternativas C_j : $\{j = 1 \text{ participa}, j = 0 \text{ no participata}\}$.

De las ecuaciones (1) y (2), podemos definir la probabilidad de que el individuo i elija participar como:

$$P(y_i = 1 | x_1, \dots, x_k) = P(U_{i1} \geq U_{i0}) = Pr(\varepsilon_{i1} - \varepsilon_{i0} \geq v_{i1} - v_{i0}) \quad (3)$$

Suponiendo que el término de error ($\varepsilon_{i1} - \varepsilon_{i0}$) sigue una distribución logística, podemos modelar la decisión de participar a través de un modelo logístico donde β es un vector ($\beta_0, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$) que representa los parámetros de regresión a ser estimados usando el método de máxima verosimilitud.

$$P_i(y_i = 1 | x_1, \dots, x_k) = \frac{e^{x_i \beta}}{\sum_{k=0}^j e^{x_i \beta}} \quad (4)$$

5.2.1. Diseño de encuesta y recopilación de datos

Se realizó una encuesta para recopilar información de los proveedores de jatropha y el proyecto

con el propósito de analizar la decisión de los proveedores de jatropha de participar en el proyecto JPG, teniendo en cuenta que dicha decisión está sujeta a su utilidad o satisfacción. Se llevaron a cabo entrevistas preliminares semiestructuradas y abiertas con varias partes interesadas para identificar información socioeconómica relevante sobre los proveedores de jatropha, así como también información relacionada con las características del proyecto. En base a esta información y a estudios de casos revisados de la literatura se diseñó un cuestionario.

El cuestionario fue estructurado en cuatro bloques de preguntas. El primer bloque recopiló información sobre las características sociodemográficas de los proveedores. El segundo bloque incluía preguntas relacionadas con las redes sociales del proveedor. Dada la importancia de la agricultura familiar en el área rural, se preguntó explícitamente sobre la participación de los adultos y niños miembros de la familia en las actividades de cosecha de jatropha. El tercer bloque incluyó preguntas relacionadas con las características de la finca, la actividad agrícola y las prácticas de jatropha. Finalmente, el cuarto bloque recolectó información económica de los proveedores y sus percepciones sobre las características del proyecto y su voluntad de continuar participando o abandonar el proyecto.

El cuestionario se probó en varias comunidades para evitar ambigüedades y mejorar su diseño. En 2014, se registró la participación de proveedores de jatropha de 12 comunidades. Para este trabajo se realizaron 159 entrevistas cara a cara con los proveedores de jatropha durante abril y mayo. La Figura 14 presenta la ubicación de las 10 comunidades encuestadas en la provincia de Manabí en 2015. El muestreo de la encuesta se basó en un método probabilístico simple al azar para poblaciones finitas, con un total de 724 proveedores de jatropha, una probabilidad de ocurrencia de 0.5, un porcentaje de error de 7% y un intervalo de confianza del 95%.

Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Comunidades productoras de jatropha en Manabí

5.2.2. Estadística descriptiva

La Tabla 14 presenta la definición y descripción estadística de las variables independientes consideradas en el modelo. Estas variables se clasifican de acuerdo con cuatro categorías: características del proveedor, capital social, características de la finca y de producción, y características del proyecto.

Además, a modo de hipótesis, los signos (+/-) representan el signo que se espera que el coeficiente de cada variable tenga en el modelo. Por lo tanto, un signo positivo (o negativo) muestra que se espera que la variable tenga una influencia positiva (o negativa) sobre la decisión de participar del proveedor.

Tabla 14 Estadísticas descriptivas de las variables independientes

Variables independientes	Definición	Estadísticas				Signo esperado
		Media	Sd.	Min	Max	
<i>Categoría: Características del proveedor</i>						
Edad	Edad (años) del proveedor (1 to 5 ; 1= 18-28, 2=29-39, 3=40-50, 4=51-61, 5 = ≥ 62 años)	3,1	1,33	1	5	-
Seguridad social	Beneficiario de seguridad social (1=If the supplier has social security, 0= other wise)	0,48	0,5	0	1	-
Salario	Salario del proveedor en dólares	211,32	80,14	80	400	-
Uso del ingreso de jatropa	Uso del dinero obtenido por la venta de jatropa; Categorías 1=necesidades básicas, 0= otro caso	0,92	0,26	0	1	+
Productor de jatropa	1= Si el proveedor es productor de jatropa, 0=otro caso	0,67	0,47	0	1	+
Experiencia	Participación en el proyecto. (>3 años=1, 0=otro caso)	0,68	0,47	0	1	+
<i>Categoría: Capital social</i>						
Miembro de una organización	1=Si el proveedor es miembro de una organización local, 0= otro caso	0,38	0,49	0	1	+
Participación de mujeres	1= Si mujeres participan en la cosecha de jatropa, 0=otro caso	0,42	0,49	0	1	+/-
Participación de niños	1= Si niños participan en la cosecha de jatropa, 0= otro caso	0,33	0,47	0	1	+/-
<i>Categoría: Características de la producción</i>						
Inicio de cosecha de jatropa	Mes en que inicia la cosecha de jatropa en la comunidad del proveedor; 1=Abril, 0= otro caso.	0,64	0,48	0	1	-
Producción de jatropa	Producción anual (quintal) de frutos de jatropa de un proveedor	10,5	13,5	1	98	+
Distancia	Distancia (km) entre la granja de jatropa y el centro de acopio de jatropa	14,42	6,87	4	21	-
<i>Categoría: Características del proyecto</i>						
Incentivos	Incentivos para la producción de jatropa. 1=Si el proveedor de jatropa ha recibido incentivos del proyecto, 0= otro caso	0,69	0,46	0	1	+
Percepción del precio	Percepción de la satisfacción del precio de jatropa; Categories: 1=muy satisfecho, 0= otro caso	0,31	0,46	0	1	+

Las variables independientes incluidas en el modelo se seleccionaron con el objetivo de explicar la decisión de los proveedores de participar en el proyecto JPG. La selección de las variables independientes se realizó teniendo en cuenta dos criterios complementarios: primero, se consideraron variables clave usadas en estudios similares; y segundo, se agregaron variables relevantes considerando las especificidades y objetivos del proyecto JPG.

En este sentido, las variables seleccionadas a partir de la revisión de la literatura fueron salario, edad, pertenencia a una asociación, y percepción sobre precios de jatropa. Es importante observar que estas variables fueron significativas en algunos de los estudios revisados. Además, se agregaron otras variables de interés para este estudio, como seguridad social, participación laboral familiar, tipo de proveedor de jatropa, el uso de ingresos de jatropa, el inicio de la cosecha de jatropa, incentivos para la producción de jatropa y la distancia entre el área de

jatropha producción y colección del centro de jatropha. Las estadísticas descriptivas relacionadas con las variables y los signos esperados se detallan a continuación.

El 89% de los proveedores declararon su decisión de participar en el proyecto JPG; con las estadísticas descriptivas de la categoría de características de los proveedores se muestra que casi la mitad de los proveedores (44,6%) tienen entre 40 y 61 años, el 34,6% tienen entre 18 y 39 años, y el 20,8% tienen 62 o más. Aquellos proveedores que alcanzan la vejez podrían enfrentar mayores limitaciones para desarrollar actividades que requieren esfuerzos físicos como la cosecha de jatropha, por lo que se espera que las personas de mayor edad estén relacionadas negativamente con la participación.

Adicionalmente, menos de la mitad de los proveedores (47,8%) afirman tener un seguro social. En el contexto rural, ser beneficiario de la seguridad social significa tener una mejor calidad de vida en términos socioeconómicos. Por lo tanto, se espera que la seguridad social se asocie negativamente con la participación.

Se preguntó el salario mensual de los proveedores en cinco rangos de valores. La mayoría declaró recibir (76,7%) un salario mensual de entre 120 y 280 dólares, mientras que el 7,5% recibe \$ 120 dólares o menos. El 92,4% recibe menos de 360 dólares, que es un poco más alto que el salario básico mensual nacional (\$ 354), según se registró en 2015 (MDT, 2015). Solo el 7,5% declaró recibir 360 dólares o más. Considerando que la población rural de Manabí es vulnerable a la pobreza, se espera que los proveedores con salarios más altos estuvieran vinculados negativamente con la participación, lo que significa que podrían estar menos interesados en participar.

De acuerdo a las características del proveedor, estos no están obligados a comprometer inversiones importantes o asumir costos irre recuperables para producir jatropha dado que no poseen un contrato formal para suministrar un nivel mínimo de producción. El 67,3% de los proveedores declaró que eran productores que cosechaban jatropha de cercas vivas en su propiedad, mientras que el 32,7% declaró que eran recolectores que cosechaban jatropha de propiedades ajenas. Se espera que la variable productor se relacione positivamente con la decisión de participar, dado que tienen cercas vivas de jatropha en sus fincas.

Con respecto a la experiencia en el proyecto JPG, el 68% de los proveedores tienen una participación de tres a seis años, mientras que el resto son miembros de dos o menos años. Por lo tanto, la mayoría de los participantes que se unieron al proyecto en los primeros años pudieron haber adquirido experiencia y adaptado a las actividades de jatropha y, por lo tanto, se espera que la experiencia se asocie positivamente con la participación.

La categoría de capital social muestra información sobre las redes sociales y la participación de los miembros de la familia en actividades de jatropha. En este sentido, el 38% de los proveedores declaró ser miembro de una organización social local. Se espera entonces que ser miembro de una organización esté relacionado positivamente con la participación, dado que si un proveedor es miembro de una organización, podría tener una mayor probabilidad de convertirse en miembro de una nueva organización o participar en redes sociales.

Desde el punto de vista social, la agricultura familiar es poco analizada con los modelos logit. Sin embargo, la participación familiar fue considerada teniendo en cuenta el alcance social del proyecto. Los resultados del cuestionario muestran que la cosecha de jatropha a menudo involucra a miembros de la familia del proveedor, ya que el 41,5% de los proveedores declaró que

una o más mujeres de la familia participan en la cosecha de jatropha. Además, el 33,3% de los proveedores declaró que uno o más niños de la familia colaboran en las actividades de cosecha de jatropha. Dada la limitada información de este tema social, su posible relación con la probabilidad de participación es incierta.

Con respecto a la categoría de características de producción, la jatropha comúnmente se cosecha durante los meses de marzo a mayo, aunque el inicio de la cosecha varía según las condiciones agroclimáticas en las diferentes áreas. El 63,5% de los proveedores declaró que la cosecha de jatropha en sus comunidades comienza en abril. Por lo tanto, la jatropha, junto con otros cultivos de ciclo corto se cosechan en invierno, lo que podría limitar la disponibilidad de los proveedores para recolectar jatropha. Por esta razón, se espera que la variable inicio de la cosecha de jatropha estuviera relacionada negativamente con la participación.

La escala de la producción de jatropha que es suministrada al proyecto cada año es muy variable; dado que a veces se ve afectada por condiciones climáticas desfavorables o infestaciones de insectos. Los resultados muestran que el 69,8% de los proveedores cosechan entre 1 y 10 quintales, mientras que el 18,9% cosechan entre 11 y 20 quintales, y el 9,4% cosechan entre 21 y 98 quintales, y solo el 1,9% de los proveedores cosechan menos de 1 quintal. Si bien la mayoría de los proveedores tienen una pequeña producción anual de jatropha que revela su vulnerabilidad a la pobreza, existe una pequeña minoría de participantes con elevadas producciones. Por lo tanto, todos los proveedores se benefician en diversos grados de la producción de jatropha. Por lo tanto, se esperaba que la producción de jatropha se asocie positivamente con la probabilidad de participación.

La distancia entre las áreas de producción de jatropha y los centros de acopio de jatropha donde

se venden los frutos de jatropha varía de 7 a 21 km. Estas distancias son importantes, no solo por su relación con aspectos técnicos, sino que también podrían revelar información vinculada a problemas sociales de los proveedores quienes viven en áreas distantes y que comúnmente son más vulnerables a la exclusión social, y por ello, tienen más probabilidades de sufrir pobreza extrema. Además, con distancias más grandes, los proveedores podrían tener más dificultades para transportar la jatropha. Por esta razón, se espera que la distancia se relacione negativamente con la participación.

La categoría características del proyecto recopila información sobre las contribuciones y beneficios del proyecto. Con respecto a los incentivos recibidos para aumentar la producción anual de jatropha, el 30,2% de los proveedores declaró haber recibido uno o más incentivos.

Entre los incentivos más comunes se encuentran el material vegetal de jatropha, rollos de alambre y kits para la cosecha de jatropha. Cabe señalar que la producción de jatropha solo se promueve a través del sistema de cercas vivas para cumplir con el enfoque de sostenibilidad adoptado por el proyecto. Dado que el principal objetivo de los incentivos es aumentar la producción de jatropha y la participación de los proveedores, se espera que la variable incentivos se vincule positivamente con la participación.

Además, se información acerca de la percepción del precio de los frutos y semillas de jatropha, y el 31,4% de los proveedores declaró estar muy satisfechos con el precio de jatropha. El 64,2% de los proveedores declaró estar satisfecho y el 4,4% declaró estar poco satisfecho. Como el precio a menudo es un factor de motivación importante, se espera que la percepción del precio se asocie positivamente con la probabilidad de participación.

5.3. Resultados

Se llevaron a cabo algunas pruebas estadísticas para validar el modelo. Primero, se consideró una prueba de multicolinealidad para medir la fuerza de las interrelaciones entre las variables independientes. Para este propósito, se usaron dos indicadores: Tolerancia ($1 - R^2$) que indica la cantidad de colinealidad que puede tolerar un análisis de regresión y el Factor de Inflación de Varianza (VIF), que es $1/\text{Tolerancia}$ e indica que tanto de la inflación del error estándar podría ser causado por la colinealidad. Como referencia, los valores de Tolerancia menores a 0,1 y los valores de VIF mayores que 10, sugieren que la multicolinealidad es un problema (Jin et al., 2015). La Tabla 15 muestra los indicadores de Tolerancia y VIF para las variables explicativas del modelo e indican que la multicolinealidad no es un problema.

Tabla 15 Indicadores de Tolerancia y VIF

Variables	VIF	Tolerancia
Edad	1,18	0,85
Seguridad social	1,50	0,67
Salario	1,63	0,61
Uso del ingreso de jatropha	1,10	0,91
Productor de jatropha	1,45	0,69
Experiencia	1,21	0,82
Miembro de una organización	1,44	0,69
Participación de mujeres	1,69	0,59
Participación de niños	1,53	0,65
Inicio de cosecha de jatropha	1,20	0,83
Producción de jatropha	1,41	0,71
Distancia	2,25	0,45
Incentivos	1,21	0,82
Percepción del precio	1,25	0,80

Los resultados del modelo logístico que analiza la decisión de los proveedores de jatropha de participar se muestran en la Tabla 16, donde se exponen los coeficientes, odds-ratio y efectos marginales de todas las variables. La interpretación de los resultados se realiza a través de efectos marginales que se describen más adelante.

Tabla 16 Resultados de la decisión de participar de los proveedores de jatropa

Variables	Coef.	Std. Err.	z	P>z	Odds ratio	Efectos marginales
Edad	-0,176	0,268	-0,650	0,513	0,839	-0,0035
Seguridad social	-1,218	0,992	-1,230	0,219	0,296	-0,0261
Salario	-0,011**	0,005	-2,310	0,021	0,989	-0,0002
Uso del ingreso de jatropa	-0,668	1,155	-0,580	0,563	0,513	-0,0102
Productor de jatropa	0,008	0,826	0,010	0,993	1,008	0,00015
Experiencia	2,218***	0,712	3,120	0,002	9,191	0,07518
Miembro de una organización	1,716*	0,937	1,830	0,067	5,560	0,03122
Participación de mujeres	-0,086	0,758	-0,110	0,910	0,918	-0,0017
Participación de niños	2,230**	0,886	2,520	0,012	9,302	0,03697
Inicio de cosecha de jatropa	-3,922**	1,658	-2,370	0,018	0,020	-0,0778
Producción de jatropa	-0,010	0,023	-0,430	0,668	0,990	-0,0002
Distancia	0,139**	0,055	2,510	0,012	1,149	0,00275
Incentivos	1,593	1,270	1,250	0,210	4,919	0,02558
Percepción del precio	2,093***	0,784	2,670	0,008	8,109	0,03345
Constante	4,499*	2,555	1,760	0,078	89,956	

*p < 0,1; **p < 0,05; ***p < 0,01; Ratio de probabilidad: $\chi^2 = 28,53$. Prob > $\chi^2 = 0,01$. (gl=14); Pseudo $R^2 = 0,37$; Capacidad predictiva=91,8%. N=159

El estadístico chi-cuadrado revela que la razón de verosimilitud es significativa, lo que indica que el modelo tiene un fuerte poder explicativo y confirma que la decisión de los proveedores de participar se basa en las variables identificadas.

El valor del pseudo R^2 indica el grado en que una función logit se ajusta a los conjuntos de datos. A este respecto, un valor igual a 1 significa un ajuste perfecto y un valor igual a 0 significa que no hay relación (Jin et al., 2015). El valor de pseudo R^2 estimado fue 0,37 y los valores superiores a 0,2 representan un ajuste relativamente bueno (Banerjee et al., 2008; Jin et al., 2015). El estadístico capacidad predictiva de éxito indica el porcentaje de observaciones que el modelo puede predecir correctamente, que para este trabajo fue del 91,8%. En cuanto a posibles errores de especificación, se realizó la prueba link test de Stata para verificar si existe un error de especificación del modelo. Los resultados no muestran evidencia de un error de especificación. Además, para verificar la significación estadística del modelo, se realizó la prueba de Hosmer-Lemeshow en grupos de 10 (Hosmer David W., Lemeshow, & Sturdivant, 2013) y se obtuvo un

Prob> chi2 = 0,67, que indica que el modelo es estadísticamente significativo.

En cuanto a las características de los proveedores, el efecto marginal del “salario” sugiere que por cada dólar que se incrementa en el salario, la probabilidad de participación en el proyecto se reduce en un 0,02%. Esto implica que los proveedores con salarios más altos tienen menos probabilidad de participar porque su costo de oportunidad es mayor y la jatropha les supondría una alternativa no rentable. Por el contrario, para aquellos proveedores con salarios más bajos, la jatropha representa una oportunidad para mejorar su economía familiar. Estos resultados están alineados con el objetivo social del proyecto, que es fomentar la participación de los grupos más vulnerables de la zona rural de Manabí.

Estos resultados también están en línea con estudios previos destinados a comprender mejor la adopción de tecnología por parte de pequeños agricultores, donde se encontró que los niveles salariales eran un impulsor en la adopción de un sistema de asociación de cultivos en fincas de caucho (Iqbal et al., 2006), así como en la adopción de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (GIS) (Banerjee et al., 2008).

En cuanto a la “experiencia”, su efecto marginal es positivo en la decisión de participar. A este respecto, los proveedores que tienen tres o más años dentro del proyecto tienen un 7,52% más de probabilidad de continuar participando, que aquellos que tienen menos años de experiencia. Los años de experiencia de los proveedores en el proyecto aumentan sus conocimientos sobre las prácticas agrícolas y la comercialización de la jatropha. Además, estos pueden fortalecer su grado de confianza y familiaridad con el proyecto. Algunos estudios también han demostrado que el efecto de la experiencia del productor en actividades agrícolas aumenta la probabilidad de adopción de medidas relacionadas con el cultivo de jatropha (Soto et al., 2015), la adopción de

medidas relacionadas con el cambio climático (Jin et al., 2015) y la adopción de prácticas de conservación agrícola (Knowler & Bradshaw, 2007).

Los resultados también muestran que el efecto marginal de los proveedores que son "miembros de una organización" en la comunidad tiene un efecto positivo ya que tienen un 3,12% más de probabilidad de participar en el proyecto en comparación con aquellos que no eran miembros de una organización. Este resultado confirma otros estudios que muestran que los agricultores que son miembros de organizaciones sociales tienen más probabilidades de participar en proyectos de desarrollo rural y proyectos agrícolas comunitarios (Alhaji Jamilu et al., 2015). Un estudio adicional también analizó la adopción de la agricultura de conservación a través de 31 estudios de casos y concluyó que la membresía de la organización influye significativamente en la probabilidad de adoptar la agricultura de conservación (Knowler & Bradshaw, 2007).

El efecto marginal de la variable "participación de niños en la cosecha de jatropha" muestra que los proveedores cuyos hijos (uno o más) colaboran en la recolección de frutas de jatropha tienen un 3,70% más de probabilidad de participar en el proyecto que aquellos que no reciben ayuda de sus hijos. En este sentido, es importante señalar que un tercio de los proveedores recibió asistencia de niños para las actividades de cosecha de jatropha. Si bien este tipo de participación se puede enmarcar dentro del concepto de agricultura familiar y es una práctica común en el contexto rural de los países en desarrollo, podría tener un efecto indeseable en las tasas de escolaridad, y por lo tanto, exacerbar la vulnerabilidad de los niños rurales a tener resultados educativos pobres, dado que el área rural de Manabí tiene un bajo promedio de años de escolaridad. A este respecto, es importante señalar que existe un período de superposición entre la cosecha de jatropha y el inicio del año escolar.

Además, la UNESCO indica que los niños pertenecientes a familias vulnerables, especialmente en

las zonas rurales, se inician en actividades laborales desde una edad muy temprana con el fin de contribuir al sustento de la familia, y por esta razón, muchos de ellos deciden abandonar la escuela (OREALC/UNESCO, 2013). También cabe mencionar que este estudio no analiza ni mide el tipo de participación o contribución que los niños realizan dentro del proyecto.

El efecto marginal del "inicio de la cosecha de jatropha" indica que los proveedores que indicaron que la cosecha de jatropha comienza en abril en sus comunidades tienen un 7,78% menos de probabilidad de continuar participando en comparación con el resto. Una posible explicación es la superposición de los calendarios de cosecha. Mientras que los cultivos de ciclo corto (maíz, cacahuetes, arroz y frijoles, entre otros) se siembran en enero (Cartro, 2015). y se cosechan a partir de abril, el período de recolección de la jatropha es de marzo a mayo (IICA-INIAP, 2013). Esto podría provocar a que los proveedores se alejen de la jatropha y destinen su tiempo a cultivos de ciclo corto que sean más rentables.

En cuanto a la "distancia desde el área de producción de jatropha al centro de acopio de jatropha", su efecto marginal influye en la decisión de continuar participando en el proyecto, pero no de la manera que se esperaba inicialmente. El efecto marginal sugiere que por cada kilómetro incrementado, la probabilidad de participar en el proyecto aumentaría en un 0,28%.

Si bien este resultado puede parecer sorprendente, debemos tener en cuenta que los centros de acopio de jatropha normalmente se encuentran en áreas rurales con una mayor concentración de habitantes, como el centro de los pueblos. Por lo tanto, los proveedores cercanos a los pueblos tienen más oportunidades de trabajo en comparación con los proveedores que están más alejados de los pueblos. Estos últimos proveedores se encuentran comúnmente en áreas aisladas de actividades económicas, con menos oportunidades laborales y por estas razones pueden ver al cultivo de jatropha como una oportunidad para obtener un ingreso adicional. Este hallazgo

implica la necesidad de considerar una cobertura geográfica estratégica por parte del proyecto; centrándose especialmente en áreas aisladas para involucrar a proveedores que estén dispuestos a participar con el fin de ampliar el suministro de jatropha.

Finalmente, la “percepción de los proveedores sobre el precio de la jatropha” tiene un efecto marginal positivo en la decisión de participar. En particular, aquellos proveedores que consideran que el precio de la jatropha es muy satisfactorio tuvieron un 3,35% más de probabilidad de participar en el proyecto que aquellos que declararon diferentes percepciones. Por lo tanto, un mayor número de proveedores con una percepción muy satisfactoria del precio de jatropha podría contribuir a aumentar el suministro de jatropha y expandir el uso del aceite de jatropha a otras islas de Galápagos.

5.4. Conclusiones

La producción de jatropha se lleva cabo por los proveedores del proyecto JPG con el propósito de producir bioelectricidad en las Islas Galápagos. Iniciativa que ayuda a generar impactos sociales y ambientales positivos en Manabí y Galápagos. Sin embargo, el trabajo de campo reveló que el interés de los proveedores en la cosecha de jatropha se ha mantenido estable o incluso disminuido en los últimos años. Por esta razón, se deben implementar medidas para promover la producción de jatropha que está asociada a la participación de los proveedores de jatropha, a fin de expandir el uso de energía renovable en Galápagos y garantizar la sostenibilidad a largo plazo de proyecto. A partir de los resultados obtenidos, se pueden sugerir varias recomendaciones para promover la participación futura de los proveedores.

En primer lugar, los resultados indican que los proveedores más vulnerables y aquellos con salarios más bajos tienen más probabilidades de participar en el proyecto. Estos resultados

ilustran la relevancia del alcance social del proyecto, que beneficia a segmentos de la población que son extremadamente vulnerables a la pobreza, y que genera una fuente adicional de ingresos para satisfacer sus necesidades básicas.

Además, la experiencia de los proveedores en el proyecto y la pertenencia a una organización local son factores que influyen positivamente en la decisión de participar. En consecuencia, esta información sugiere que las medidas para promover el capital social y el fortalecimiento de las cooperativas de proveedores de *jatropha* son elementos clave para mejorar la posición de los agricultores en la cadena de valor, aumentando así la confianza y su disposición a participar en el proyecto.

Segundo, si bien la agricultura familiar es un elemento central del proyecto, la participación o contribución de los niños en la cosecha de *jatropha* merece un mayor análisis para prevenir el trabajo infantil y el abandono escolar temprano, dado que es una situación común para los niños que pertenecen a hogares rurales en los países en desarrollo. Por lo tanto, se recomienda que se implementen las medidas necesarias para prevenir el trabajo infantil. Esto es particularmente relevante durante el período de cosecha de *jatropha*, que se superpone parcialmente con el período de escolaridad. Además, sería aconsejable implementar mecanismos que involucren actividades educativas para los niños a fin de mejorar el bienestar de los miembros de la comunidad.

En tercer lugar, el desarrollo de variedades de *jatropha* con períodos de cosecha más largos evitaría la superposición con el calendario de cultivos de ciclo corto, y crearía empleos durante períodos de inactividad. Además, estrategias destinadas a mejorar el rendimiento se traducirían en una mayor rentabilidad, haciendo que la *jatropha* sea más atractiva para los agricultores. Además, nuestros resultados muestran que los proveedores de lugares económicamente

desfavorecidos y distantes tienen más probabilidad de participar en el proyecto. Por lo tanto, se recomienda estudiar estrategias de recolección óptimas y ubicar centros de acopio más cerca de las áreas remotas donde los proveedores están más dispuestos a participar.

En cuarto lugar, como se esperaba, el precio de *jatropha* ha demostrado ser un factor relevante con respecto a la decisión de los proveedores de participar. Un aumento en el precio de la *jatropha* haría que la cosecha sea más atractiva para los proveedores y promovería la expansión de la producción de *jatropha*. Sin embargo, cabe señalar que un aumento del precio también puede obstaculizar la competitividad de la *jatropha* como fuente de energía para sustituir el diésel en las Islas Galápagos y puede amenazar la viabilidad económica del proyecto.

Finalmente, nuestros hallazgos pueden ofrecer directrices para impulsar la participación de los proveedores de *jatropha*, y mejorar el impacto social del proyecto. Por último, aunque este estudio ha identificado algunos de los factores que influyen en la decisión de los proveedores de participar, es necesario ir un paso más allá y utilizar estos resultados para desarrollar e implementar estrategias que mejoren la participación de los proveedores para contribuir a la sostenibilidad del proyecto JPG, y garantizar sus objetivos.

6. CONCLUSIONES GENERALES

Desde el punto de vista sistemático, las metodologías usadas son complementarias y aportan una plataforma adecuada para realizar un estudio profundo de los aspectos ambientales y sociales de la sostenibilidad. La aplicación de estas metodologías a un estudio de caso supone una contribución en el avance del estado del arte de la sostenibilidad de las energías limpias y su implementación para la conservación de patrimonios naturales mundiales como es el caso de las Islas Galápagos donde se produce la bioelectricidad.

El análisis ambiental se desarrolló mediante la metodología de ACVA, y ha permitido identificar las entradas de materia y energía que causan las mayores cargas ambientales en cada fase del ciclo de vida de los tres sistemas eléctricos (SM, SJ, SR) analizados. La cuantificación de los impactos ambientales permitió identificar puntos ambientales críticos y proponer vías alternativas para minimizar los impactos negativos y maximizar los impactos positivos a fin de mejorar el perfil ambiental de la bioelectricidad generado con AJ con el propósito de mitigar el cambio climático y contribuir a la conservación de los ecosistemas de la Isla Floreana y la zona rural de Manabí.

Respecto al análisis social, en un inicio se intentó aplicar la metodología de ACVS convencional para analizar el proyecto JPG, pero debido a algunas dificultades estructurales, su aplicación no fue posible. Una de las dificultades fue que el ACVS convencional sostiene a los empleados como actores principales mientras que nuestro estudio de caso sostiene como actores principales a grupos vulnerables de diferentes zonas rurales. A partir de las diferentes limitaciones surgió la propuesta metodológica ACVS-MN que conserva el enfoque de ciclo de vida y que se deriva del ACV convencional. La metodología ACVS-MN permitió identificar las vulnerabilidades de los actores involucrados y las contribuciones del proyecto y sus consecuentes impactos, los mismos

que fueron vinculados a los ODS. La consideración de los ODS, además de ampliar la visión de sostenibilidad social, también permite reconocer la efectividad de las políticas que son implementadas a través de programas o proyectos comprometidos el desarrollo sostenible e identificar que el progreso de algunos ODS podría limitar el progreso de otros.

Además de lo anterior, uno de los resultados más significados del análisis social es que los proveedores son los actores más vulnerables del ciclo de vida social, sumado a ello, también se reconoce que la continuidad del proyecto a largo plazo está sujeta a la disponibilidad de la producción anual de *jatropha* que es suministrada por los proveedores, por lo tanto, se encontró esencial analizar de la decisión de los proveedores de participar en el proyecto JPG. Para ello, se usó un modelo logit binario mediante el cual se identificaron las variables socioeconómicas que influyen en la decisión de continuar participando en el proyecto JPG. Los resultados obtenidos permiten establecer estrategias para fomentar la participación de los proveedores, garantizar el suministro de materia prima y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Desde un punto de vista integral, se concluye que los impactos positivos ambientales y sociales responden principalmente y en diferente medida a los siguientes ODS, energía asequible y no contaminante, lucha contra el cambio climático, conservación de vida terrestre y marina, ciudades y comunidades sostenibles, fin de la pobreza, hambre cero y crecimiento económico.

Aunque, si se toma en cuenta conjuntamente los resultados del análisis social y análisis de decisión de participar, estos revelan un punto común que merece mayor atención, como es la participación de los niños en la cosecha de *jatropha* que, por un lado, es una variable que influye positivamente en la decisión de los proveedores de seguir participando en el proyecto, mientras que por otro lado, es un potencial impacto negativo para no lograr una educación de calidad,

futuro empleo digno y consecuente crecimiento económico de la zona rural de Manabí.

No obstante lo anterior, se señala que el estado actual de la producción de la bioelectricidad genera notables e importantes impactos ambientales y sociales positivos, sin embargo, también se admite la identificación de algunos impactos ambientales y sociales negativos, que si se considera un incremento del porcentaje de AJ en la producción de electricidad, esto conllevaría a una mayor demanda no solo de insumos sino también de participación social rural, por lo tanto, es necesario dar importancia y mejorar los puntos críticos sociales y ambientales identificados en el ciclo de vida de la bioelectricidad a fin de incrementar la sostenibilidad al ritmo en que se expanden los objetivos y alcance del proyecto.

Mediante el análisis de sostenibilidad realizado en este trabajo de tesis, se señala que el proyecto JPG aporta a la conservación del Patrimonio Natural Mundial de las Islas Galápagos, e impulsa el progreso de los grupos rurales involucrados, los que presentan vulnerabilidades económicas, ambientales y sociales derivadas de los efectos del cambio climático. Sin embargo, el potencial del proyecto tiene la capacidad de adoptar un enfoque de sostenibilidad más amplio cuyo propósito sea cumplir con los compromisos sociales y ambientales trazados por los objetivos de desarrollo sostenible.

Finalmente, a partir de la información levantada y resultados obtenidos del trabajo de tesis han surgido temas para futuros trabajos que siguen el interés de profundizar el análisis de la sostenibilidad de la bioelectricidad con AJ. Para complementar el análisis social y ambiental desarrollado se prevé desarrollar un análisis económico mediante la metodología de Ciclo de Vida de los Costes (LCC, por sus siglas en inglés). Analizar el pilar económico es oportuno dado que el proyecto JPG muestra una reconocida inviabilidad económica por los altos costos la de electricidad producida con aceite de jatropha que no son competitivos comparados la electricidad generada con diésel. Sin embargo, la estimación del coste de las externalidades ambientales

evitadas mediante la bioelectricidad permitiría realizar un análisis completo de los costes y beneficios que el proyecto aporta a la sociedad en comparación con la electricidad convencional.

Otra futura investigación es la decisión de los agricultores de adoptar paquetes tecnológicos y firmar un contrato formal a fin de incrementar el rendimiento y garantizar la producción de jatropha para poder cumplir con los objetivos de expansión del proyecto JPG.

Una última e interesante propuesta es el desarrollo de un marco metodológico para el análisis de ciclo de vida institucional que identifique y evalúe la contribución de las instituciones internacionales, nacionales y locales para el cumplimiento de los objetivos del proyecto y su compromiso con los ODS.

BIBLIOGRAFÍA

- Achten, W. M. J., Almeida, J., Fobelets, V., Bolle, E., Mathijs, E., Singh, V. P., ... Muys, B. (2010). Life cycle assessment of Jatropha biodiesel as transportation fuel in rural India. *Applied Energy*, 87(12), 3652–3660.
<http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.07.003>
- Achten, W. M. J., Maes, W. H., Aerts, R., Verchot, L., Trabucco, A., Mathijs, E., ... Muys, B. (2010). Jatropha: From global hype to local opportunity. *Journal of Arid Environments*, 74(1), 164–165. <http://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.08.010>
- Achten, W. M. J., Mathijs, E., Verchot, L., Singh, V. P., Aerts, R., & Muys, B. (2007). Jatropha biodiesel fueling sustainability? *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 1(4), 283–291. <http://doi.org/10.1002/bbb.39>
- AENOR. Análisis de Ciclo de Vida, Principios y Marco de Referencia. ISO 14040. (2006).
- Agarwal, D., & Agarwal, A. K. (2007). Performance and emissions characteristics of Jatropha oil (preheated and blends) in a direct injection compression ignition engine. *Applied Thermal Engineering*, 27(13), 2314–2323.
<http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2007.01.009>
- Alava, J. J., Palomera, C., Bendell, L., & Ross, P. S. (2014). Pollution as an Emerging Threat for the Conservation of the Galapagos Marine Reserve: Environmental Impacts and Management Perspectives. In J. Denkinger & L. Vinueza (Eds.), *The Galapagos Marine Reserve: A Dynamic Social-Ecological System* (pp. 247–283). Cham: Springer International Publishing. http://doi.org/10.1007/978-3-319-02769-2_12

- Alhaji Jamilu, A., Atala, T. K., Akpoko, J. G., & Sanni, S. A. (2015). Factors Influencing Smallholder Farmers Participation in IFAD-Community Based Agricultural and Rural Development Project in Katsina State. *Journal of Agricultural Extension*, 19, 93.
- Almeida, J., Moonen, P., Soto, I., Achten, W. M. J., & Muys, B. (2014). Effect of farming system and yield in the life cycle assessment of Jatropha-based bioenergy in Mali. *Energy for Sustainable Development*, 23, 258–265.
<http://doi.org/10.1016/j.esd.2014.10.001>
- Antamba, L., Quintuisaca, L., Santillan, L., & Villacrés, D. (2015). *Estadística Educativa*. Retrieved from https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Publicaciones/PUB_EstadisticaEducativaVol1_mar2015.pdf
- Arifin, B., Swallow, B. M., Suyanto, S., & Coe, R. D. (2009). A conjoint analysis of farmer preferences for community forestry contracts in the Sumber Jaya Watershed, Indonesia. *Ecological Economics*, 68(7), 2040–2050.
<http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.12.007>
- Astudillo, J. (2011). *Estudio De Impacto Ambiental Y Plan de Manejo Ambiental. Productos y servicios Industriales*. Galápagos-Ecuador. Retrieved from http://www.galapagospark.org/documentos/EIAs/EIA_Floreana_EnergiaElectrica_jun2011.pdf
- Banerjee, S. (Ban), Martin, S. W., Roberts, R. K., Larkin, S. L., Larson, J. A., Paxton, K. W., ... Reeves, J. M. (2008). A Binary Logit Estimation of Factors Affecting Adoption of GPS Guidance Systems by Cotton Producers. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 40(1), 345–355. <http://doi.org/10.1017/S1074070800028157>

Benoit-Norris, C., Cavan, D. A., & Norris, G. (2012). Identifying social impacts in product supply chains: Overview and application of the social hotspot database. *Sustainability*, 4(9), 1946–1965. <http://doi.org/10.3390/su4091946>

Blom, M., & Solmar, C. (2009). *How to Socially Assess Biofuels - A Case Study of the UNEP/SETAC Code of Practice for social- economical LCA. Quality and Environmental Management*. Retrieved from <http://itu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1019458/FULLTEXT01>

BMUB. (2015). *Renewable Energy Resources for the Galápagos Islands*. Retrieved from www.international-climate-initiative.com

Born, A. F., Espinoza, E., Murillo, J. C., Nicolaides, F., & Edgar, G. J. (2003). Effects of the Jessica oil spill on artisanal fisheries in the Galápagos. *Marine Pollution Bulletin*, 47(7–8), 319–324. [http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(03\)00161-9](http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(03)00161-9)

Bouffaron, P., Castagno, F., & Herold, S. (2012). Straight vegetable oil from *Jatropha curcas* L. for rural electrification in Mali – A techno-economic assessment. *Biomass and Bioenergy*, 37, 298–308. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.11.008>

Cañadas, L. (1983). *Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Ecuador: MAG-PRONAREG.

Cartro, M. (2015). *Rendimientos de maíz duro seco en el Ecuador invierno 2015*. Quito-Ecuador. Retrieved from http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_maiz_duro_seco_invierno2016.pdf

Cayot L J, Cruz D, Knab R, Alvarez M F, Perlmutter M, Jaramillo P, M. (2013). *Informe galápagos 2011 - 2012*. Galápagos-Ecuador. Retrieved from http://www.darwinfoundation.org/media/filer_public/88/9b/889b7fd7-0a35-4811-91b7-0ad0e04a38db/informe_galapagos_2011-2012_spanish.pdf

CEDAW. (2014). *Informe Sombra al Comité de la Cedaw*. Ecuador. Quito-Ecuador. Retrieved from http://tbinternet.ohchr.org/Treaties/CEDAW/SharedDocuments/ECU/INT_CEDAW_NGO_ECU_18897_S.pdf

Cepal. (2013). *Desarrollo sostenible en AMERICA Latina y el Caribe. Seguimiento de la agenda de las Naciones Unidas para el desarrollo post-2015 y Río+20*. Retrieved from http://www.cepal.org/rio20/noticias/paginas/5/48925/2013-122Desarrollo_sostenible_en_America_Latina_y_el_Caribe_WEB.pdf

Chauhan, B. S., Kumar, N., Jun, Y. Du, & Lee, K. B. (2010). Performance and emission study of preheated Jatropha oil on medium capacity diesel engine. *Energy*, 35(6), 2484–2492. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2010.02.043>

CI and WWF. (2011). *Climate Change Vulnerability Assessment of the Galápagos Islands*. Quito-Ecuador. Retrieved from <https://www.cbd.int/doc/lifeweb/Ecuador/images/ClimateChangeReport.pdf>

CONADIS. (2013). *Agenda Nacional para la Igualdad en Discapacidades 2013-2017*. Retrieved from <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/Agenda-Nacional-para-Discapacidades.pdf>

CONELEC. (2013). Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental. Plan Mestro de Electrificación 2013-2022, IV.

CRE. Constitución de la República del Ecuador (2008). Retrieved from http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/leytransparencia/literal_a/normasderegulacion/constitucion_republica_ecuador_2008.pdf

Donoso, J. C., Montalvo, D., & Orcés, D. (2010). Cultura política de la democracia en Ecuador , 2010 Consolidación democrática en las Américas en tiempos difíciles, 1–355. Retrieved from http://www.vanderbilt.edu/lapop/ecuador/2010_Ecuador_Country_Report.pdf

Eckart, K., & Henshaw, P. (2012). *Jatropha curcas* L. and multifunctional platforms for the development of rural sub-Saharan Africa. *Energy for Sustainable Development*, 16(3), 303–311. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.esd.2012.03.002>

Ekener-Petersen, E., Höglund, J., & Finnveden, G. (2014). Screening potential social impacts of fossil fuels and biofuels for vehicles. *Energy Policy*, 73, 416–426. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.05.034>

Elbehri, Aziz; Segerstedt, Anna; Liu, P. (2013). *Biofuels and the sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks*. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/017/i3126e/i3126e.pdf>

Elcgalapagos. (2012). *Informe de administración año 2012*. Galápagos-Ecuador.

Elcgalapagos. (2014). *Informe de rendición de cuentas*. Galápagos-Ecuador. Retrieved from [uentas](#)

Ergal. (2008). *Sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles en la generación de energía eléctrica en la Isla Floreana*. Retrieved from

http://www.ergal.org/imagesFTP/7734.Estudio_de_Factibilidad_para_el_Uso_de_Bicombustibles.pdf

FAO. (2016). Boletín Informativo, FAO-Ecuador. Retrieved July 7, 2017, from <http://www.fao.org/ecuador/recursos/publicaciones/es/>

Ferreire, C., Garcia, K., L, M., A, P., & Tomshic, C. (2010). *Mujeres y Hombres del Ecuador en Cifras III*. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Socioeconomico/Mujeres_y_Hombres_del_Ecuador_en_Cifras_III.pdf

Franze, J. (2013). Working with the Social Hotspots Database in openLCA.

Gaul, M. (2012). An analysis model for small-scale rural energy service pathways - Applied to Jatropha-based energy services in Sumbawa, Indonesia. *Energy for Sustainable Development*, 16(3), 283–296.

<http://doi.org/10.1016/j.esd.2012.05.001>

GBEP. (2011). *Indicadores de Sostenibilidad para la Bioenergía de la Asociación Global para la Energía*.

Gmünder, S. M., Zah, R., Bhattacharjee, S., Classen, M., Mukherjee, P., & Widmer, R. (2010). Life cycle assessment of village electrification based on straight jatropha oil in Chhattisgarh, India. *Biomass and Bioenergy*, 34(3), 347–355.

<http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.11.006>

Granda, M., & Choez, G. (2013). Población y migración en Galápagos.

GreenDelta. (2013). Green Delta. Retrieved from <https://www.greendelta.com/>

Grimsby, L. K., Aune, J. B., & Johnsen, F. H. (2012). Human energy requirements in Jatropha oil production for rural electrification in Tanzania. *Energy for Sustainable*

Development, 16(3), 297–302. <http://doi.org/10.1016/j.esd.2012.04.002>

Gruber, G. (2014). Pure Jatropha Oil for Power Generation on Floreana Island/Galapagos: Four Years Experience on Engine Operation and Fuel Quality. *Journal of Energy and Power Engineering*, 8, 929–938.

Guerrero, F. (2013). Proceso organizativo del campesinado en el sur de Manabí y desarrollo rural. *Íconos.Revista de Ciencias Sociales*, 127–140.

Henning, R. (2009). *The Jatropha System. An integrated approach of rural development. The Jatropha Book*. Weissensberg, Germany.

HLPE. (2013). *Los biocombustibles y la seguridad alimentaria*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i2952s.pdf>

Hollenstein, P., & Carrión, D. (2013). *Las Prioridades de Política Pública para la Reducción de la Pobreza Rural en Ecuador. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural*. Manabí-Ecuador. Retrieved from http://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1366387354EcuadorPrioridadespoliticapublicareduccionpobrezaruralHollensteinCarrion2011.pdf

Hosmer David W., J., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). Introduction to the Logistic Regression Model. In *Applied Logistic Regression* (pp. 1–33). John Wiley & Sons, Inc. <http://doi.org/10.1002/9781118548387.ch1>

Hou, J., Zhang, P., Yuan, X., & Zheng, Y. (2011). Life cycle assessment of biodiesel from soybean, jatropha and microalgae in China conditions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 5081–5091.
<http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.048>

IAES-SEMPLADES. (2014). *Diagnóstico y análisis biofísico para evaluación y*

formulación de escenarios de desarrollo en el Archipiélago de Galápagos. Informe Técnico Consolidado. Centro de Prospectiva Estratégica.

IEA. (2015). *World Energy Outlook. Energy Agency. Secure Sustainable Together.*

Resumen Ejecutivo. Retrieved from

https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015ES_SPAN

ISH.pdf

IEA. (2016). *World Energy Outlook. Electricity Access Database.* International

Energy Agency. Retrieved from

<http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energydevelopment/energyaccess>

database/

IICA. (2008). *Cadena Piñón, Manabí-Galápagos. Producción local de aceite de piñón procedente de cercas vivas para ser utilizado en un plan piloto de generación eléctrica en la Isla Floreana.*

IICA. (2013). *Sistematización de Experiencias del Proyecto Piñón para Galápagos.*

IICA. (2017). *Términos de Referencia. Proceso de selección de consultoría.*

Preparacion de una propuesta de proyecto para la consolidación de la iniciativa

Gubernamental “Cero Combustibles Fósiles para Galápagos”, a ser presentada al

Fondo Verde para el Clima.

IICA-INIAP. (2013). *MANUAL DE COSECHA Y POST COSECHA DE PIÑON.* Retrieved

from [http://legacy.iica.int/Esp/regiones/andina/Ecuador/Documentos de la](http://legacy.iica.int/Esp/regiones/andina/Ecuador/Documentos%20de%20la%20Oficina/Manual_de_poscosecha.pdf)

[Oficina/Manual_de_poscosecha.pdf](http://legacy.iica.int/Esp/regiones/andina/Ecuador/Documentos de la Oficina/Manual_de_poscosecha.pdf)

IJR. (2015). *International Jobs Report.* Retrieved from <http://www.ocppc.ma>

INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda (CPV).* Retrieved from

<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

INEC. (2010). *III Censo Nacional Agropecuario*.

INEC. (2012a). El Empleo Indígena en el Ecuador, una Mirada a su Situación y Estado de Ánimo Laboral. *Análisis Revista Coyuntural*. Retrieved from

<http://www.inec.gob.ec/inec/revistas/e-analisis3.pdf>

INEC. (2012b). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.

Retrieved from www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/

INEC. (2014). *Compendio Estadístico*. Retrieved from

[http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Compendio/Compendio-2014/COMPENDIO_ESTADISTICO_2014.pdf)

[inec/Bibliotecas/Compendio/Compendio-](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Compendio/Compendio-2014/COMPENDIO_ESTADISTICO_2014.pdf)

[2014/COMPENDIO_ESTADISTICO_2014.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Compendio/Compendio-2014/COMPENDIO_ESTADISTICO_2014.pdf)

INEC. (2014). Encuesta de Condiciones de Vida (ECV). Retrieved from

<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/vdatos/>

INEC. (2015). *Panorama Laboral y Empresarial del Ecuador 2009-2013*. Retrieved

from [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/Panorama Laboral/LanzamientoPanor_Laboral(Libro).pdf)

[inec/EMPLEO/Panorama Laboral/LanzamientoPanor_Laboral\(Libro\).pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/Panorama Laboral/LanzamientoPanor_Laboral(Libro).pdf)

INIAP. (2013). *Programa de Agroenergía del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. Manabí-Ecuador.

Iqbal, S. M. M., Ireland, C. R., & Rodrigo, V. H. L. (2006). A logistic analysis of the factors determining the decision of smallholder farmers to intercrop: A case study involving rubber-tea intercropping in Sri Lanka. *Agricultural Systems*, 87(3), 296–312. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.02.002>

IRENA. (2015). *Energías Renovables en América Latina 2015 : Sumario de Políticas*.

IRENA. (2015). *ID+D para las Tecnologías de Energías Renovables: Cooperación en América Latina y el Caribe*. Retrieved from http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_IDD_America_Latina_y_el_Caribe_2015_ES.pdf

IRENA. (2016). *Roadmap for a Renewable Energy Future*. Retrieved from http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REmap_2016_edition_report.pdf

IUNC. (2017). No Title. Retrieved November 15, 2017, from <http://www.worldheritageoutlook.iucn.org/>

Janssen, R., & Rutz, D. D. (2011). Sustainability of biofuels in Latin America: Risks and opportunities. *Energy Policy*, 39(10), 5717–5725. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.01.047>

Jeffrey M. Wooldridge. (2009). *Introductory Econometrics* (4e ed.).

Jessen, C., Bednarz, V., Rix, L., Teichberg, M., & Wild, C. (2015). Marine Eutrophication. *Environmental Indicators*. http://doi.org/10.1007/978-94-017-9499-2_11

Jin, J., Wang, X., & Gao, Y. (2015). Gender differences in farmers' responses to climate change adaptation in Yongqiao District, China. *Science of the Total Environment*, 538, 942–948. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.027>

Jingura, R. M. (2011). Technical options for optimization of production of *Jatropha* as a biofuel feedstock in arid and semi-arid areas of Zimbabwe. *Biomass and Bioenergy*, 35(5), 2127–2132. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.02.015>

- Jogo, W., Karamura, E., Tinzaara, W., Kubiriba, J., & Rietveld, A. (2013). Determinants of Farm-Level Adoption of Cultural Practices for Banana Xanthomonas Wilt Control in Uganda. *Journal of Agricultural Science*, 5(7), p70. <http://doi.org/10.5539/jas.v5n7p70>
- JRC. (2012). *Characterisation factors of the ILCD Recommended Life Cycle Impact Assessment methods*. Luxembourg. <http://doi.org/10.2788/60825>
- Kingston, P. F., Runciman, D., & McDougall, J. (2003). Oil contamination of sedimentary shores of the Galápagos Islands following the wreck of the Jessica. *Marine Pollution Bulletin*, 47(7–8), 303–312. [http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(03\)00159-0](http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(03)00159-0)
- Knowler, D., & Bradshaw, B. (2007). Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food Policy*, 32(1), 25–48. <http://doi.org/10.1016/j.foodpol.2006.01.003>
- Kumar, A., & Sharma, S. (2008). An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. *Industrial Crops and Products*, 28(1), 1–10. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.01.001>
- Kumar, S., Chaube, A., & Jain, S. K. (2012). Sustainability issues for promotion of *Jatropha* biodiesel in Indian scenario: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2), 1089–1098. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.014>
- Läpple, D. (2010). Adoption and Abandonment of Organic Farming: An Empirical Investigation of the Irish Drystock Sector. *Journal of Agricultural Economics*, 61(3), 697–714. <http://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2010.00260.x>
- León, X., Bravo, A. L., Templeton, R., Bonilla, M., Bravo, E., Chérrez, C., & Ruales, G.

(2012). *Dialogo de Mujeres sobre Soberania Alimentaria*.

Lim, B. Y., Shamsudin, R., Baharudin, B. T. H. T., & Yunus, R. (2015). A review of processing and machinery for *Jatropha curcas* L. fruits and seeds in biodiesel production: Harvesting, shelling, pretreatment and storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 991–1002.

<http://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.077>

Macombe, C., Leskinen, P., Feschet, P., & Antikainen, R. (2013). Social life cycle assessment of biodiesel production at three levels: A literature review and development needs. *Journal of Cleaner Production*, 52, 205–216.

<http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.026>

Manik, Y., Leahy, J., & Halog, A. (2013). Social life cycle assessment of palm oil biodiesel: A case study in Jambi Province of Indonesia. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(7), 1386–1392. <http://doi.org/10.1007/s11367-013-0581-5>

Mariano, M. J., Villano, R., & Fleming, E. (2012). Factors influencing farmers' adoption of modern rice technologies and good management practices in the Philippines. *Agricultural Systems*, 110, 41–53.

<http://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.010>

Marshall, P. A., & Edgar, G. J. (2003). The effect of the Jessica grounding on subtidal invertebrate and plant communities at the Galápagos wreck site. *Marine Pollution Bulletin*, 47(7), 284–295. [http://doi.org/10.1016/S0025-326X\(03\)00157-7](http://doi.org/10.1016/S0025-326X(03)00157-7)

McFadden, D. (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. *Frontiers in Econometrics*, 105–142. <http://doi.org/10.1108/eb028592>

MCPEC. (2011). *Agendas para la Transformación Productiva Territorial. Provincia*

de Manabí. Retrieved from <http://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/AGENDA-TERRITORIAL-MANABI.pdf>

MCSE. (2016). *Agenda Nacional de Energía 2016-2040*.

MDT. (2015). *Plan Estratégico Institucional 2015-2018*. Quito-Ecuador. Retrieved from http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/Plan-Estrategico_Final-2015-2018.pdf

MEER. (2015). *Producción de aceite de piñón para plan piloto de generación eléctrica en Galápagos*.

MIES. (2014). REGISTRO INTERCONECTADO DE PROGRAMAS SOCIALES. Retrieved February 6, 2017, from <http://www.inclusion.gob.ec/programas-y-servicios/>

Muñoz, M; Herrera, I; Lechón, Y; Caldés, N; Iglesias, E. (2017). Environmental Assessment of electricity based on Straight Jatropha Oil in the Floreana Island, Ecuador. *BioEnergy Research*.

Muñoz, M., Iglesias, E., & Caldés, N. (2017). Jatropha Suppliers as Contributors to the Sustainability of the Production of Bioelectricity in Ecuador. *Sustainability*, 9(11). <http://doi.org/10.3390/su9111946>

Navarro-Pineda, F. S., Baz-Rodríguez, S. A., Handler, R., & Sacramento-Rivero, J. C. (2016). Advances on the processing of Jatropha curcas towards a whole-crop biorefinery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 247–269. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.009>

OREALC/UNESCO. (2013). *Situación Educativa De América Latina Y el Caribe. Hacia la educación de calidad para todos al 2015*. Orealc/Unesco. Retrieved from <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Santiago/images/SITIE>

D-espanol.pdf

OTG. (2015). *Estadísticas de Movimientos Inter-Islas, Temporalidad de turistas, Ecuador. Observatorio de Turismo Galápagos*. Retrieved from <http://www.observatoriogalapagos.gob.ec/>

Petroecuador. (2013). *El petróleo en el Ecuador, la nueva era petrolera*. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/233513588/El-Petroleo-Ecuador-en-La-Nueva-Era>

PNBV. Plan Nacional del Buen Vivir (2013). Ecuador.

PNUD. (2014). *Informe sobre Desarrollo Humano 2014. Sostener el Progreso Humano: Reducir vulnerabilidades y contruir resiliencia*. New York. USA. Retrieved from <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14-summary-es.pdf>

PNUD-GEF. (2014). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. País: Ecuador. Tercera Comunicación Nacional (3CN) y Primer Informe Bienal de Actualización (BUR)*. Ecuador.

Portugal-Pereira, J., Nakatani, J., Kurisu, K. H., & Hanaki, K. (2015). Comparative energy and environmental analysis of Jatropha bioelectricity versus biodiesel production in remote areas. *Energy*, 83, 284–293.

<http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.02.022>

Pramanik, K. (2003). Properties and use of jatropha curcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. *Renewable Energy*, 28(2), 239–248.

[http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0960-1481\(02\)00027-7](http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0960-1481(02)00027-7)

ProEcuador. (2013). *Biocombustibles*. Retrieved from <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/Perfiles-de->

Inversiones-Promocion-de-Inversiones/Perfiles-de-Inversion/Biocombustibles.pdf

Sala, S., Vasta, A., Mancini, L., Dewulf, J., & Rosenbaum, E. (2015). *Social Life Cycle Assessment - State of the Art and Challenges for Supporting Product Policies*. JRC Technical Reports. <http://doi.org/doi:10.2788/253715>

Salazar, S. (2003). Impacts of the Jessica oil spill on sea lion (*Zalophus wolfebaeki*) populations. *Marine Pollution Bulletin*, 47, 313–318.

SEMPLEDES. (2014). *Dictamen de prioridad proyecto "Gestión Integrada para la lucha contra la desertificación de la tierra y adaptación al cambio climático"*. DIZE-SZ6A. Cuenca.

SHDB. (2016). Social Hotspot Database. Retrieved from <http://socialhotspot.org/>

Söderqvist, T. (2003). Are farmers prosocial? Determinants of the willingness to participate in a Swedish catchment-based wetland creation programme. *Ecological Economics*, 47(1), 105–120. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2002.09.004>

Soto, I., Achten, W. M. J., Muys, B., & Mathijs, E. (2015). Who benefits from energy policy incentives? The case of jatropha adoption by smallholders in Mexico. *Energy Policy*, 79, 37–47. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.12.028>

Thurstone, L. L. (1927). A law of comparative judgment. *Psychological Review*, 34(4), 273–286. <http://doi.org/10.1037/h0070288>

Tokunaga, K., & Konan, D. E. (2014). Home grown or imported? Biofuels life cycle {GHG} emissions in electricity generation and transportation. *Applied Energy*, 125, 123–131. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.03.026>

UN. (2013). Global Education Monitoring Report. Retrieved from <http://www.education->

inequalities.org/indicators/edueyears#?sort=mean&dimension=all&group=all&age_group=edueyears_20&countries=%7CARG%7CBRB%7CBLZ%7CBOL%7CBRA%7CCHL%7CCOL%7CCRI%7CDOM%7CECU%7CGTM%7CGUY%7CHTI%7CHND%7CJAM%7CG-LAC%7CMEX%7CNIC%7CPAN%7CPER%7CLCA%7CSUR%7CTTO%7CURY

UN. (2014). *The Millennium Development Goals Report 2014*. New York.USA.

Retrieved from

<http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/mdg/the-millennium-development-goals-report-2014.html>

UN. (2015). *Asamblea General, Proyecto de documento final de la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015*. Retrieved from

http://www.cooperacionespanola.es/sites/default/files/agenda_2030_desarrollo_sostenible_cooperacion_espanola_12_ago_2015_es.pdf

UN. Convención Marco sobre el Cambio Climático. Conferencia de las Partes, 21er periodo de sesiones, Aprobación del Acuerdo París. Proyecto de decisión -/CP.21 (2015). Paris. Retrieved from

<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>

UN. (2015). *Latin America and the Caribbean: looking ahead after the Millennium Development Goals. Regional monitoring report on the Millennium Development Goals in Latin America and the Caribbean, 2015*. Retrieved from

http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38924/6/S1500708_en.pdf

UN. (2016). The Sustainable Development Goals Report. *United Nations*, 1–56.

<http://doi.org/10.18356/3405d09f-en>

Unay Gailhard, I., & Bojnec, S. (2015). Farm size and participation in agri-environmental measures: Farm-level evidence from Slovenia. *Land Use Policy*, 46, 273–282. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.03.002>

UNEP-SETAC. (2006). *Guide to Life Cycle Management. A bridge to sustainable products*. Retrieved from http://www.unep.fr/shared/publications/cdrom/DTIx0889xPA/UNEP SETAC Life Cycle Initiative/Other publications/UNEP_Background_document_LCM_2006_Febr.pdf

UNEP-SETAC. (2009). *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products*. Retrieved from http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1164xPA-guidelines_sLCA.pdf

UNEP-SETAC. (2011). *Towards a Life Cycle Sustainability Assessment. Making informed choices on products*. Retrieved from http://www.uncclean.org/sites/default/files/unep_lifecycleinit_dec_final_1.pdf

UNESCO. Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage (2007).

UNICEF. (2013). *Impact of Unpaid Household Services on the Measurement of Child Labour*. New York, USA. Retrieved from http://data.unicef.org/wp-content/uploads/2015/12/Child_labour_paper_No.2_FINAL_163.pdf

van Eijck, J., Romijn, H., Balkema, A., & Faaij, A. (2014). Global experience with jatropha cultivation for bioenergy: An assessment of socio-economic and environmental aspects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 869–889. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.028>

Volterra, L., Boualam, M., Duguet, J. P., Bonnefoy, X., Ménesguen, A., & Duchemin, J. (2002). *Eutrophication and health. Report from European Union and World Health Organization*. [http://doi.org/ISBN 92-894-4413-4](http://doi.org/ISBN%2092-894-4413-4)

Walton Jonathan C; Lambert Dayton M; Roberts Roland R K; Larson J A; English Burton C; Larkin Sherry L; Martin Steven W; Marra Michele C; Paxton Kenneth W; Reeves Jeanne M. (2008). Adoption and Abandonment of Precision Soil Sampling in Cotton Production. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/46534264_Factors_Influencing_Farmer_Adoption_of_Portable_Computers_for_Site-Specific_Management_A_Case_Study_for_Cotton_Production

Wani, S. P., Chander, G., Sahrawat, K. L., Srinivasa Rao, C., Raghvendra, G., Susanna, P., & Pavani, M. (2012). Carbon sequestration and land rehabilitation through *Jatropha curcas* (L.) plantation in degraded lands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 161(2012), 112–120. <http://doi.org/10.1016/j.agee.2012.07.028>

Wellman. (2014). CompacTropa. Retrieved May 14, 2016, from http://www.wellmann-engineering.eu/de/referenz-seiten/referenz_compactropa

WorldBank. (2014). Data Bank. Retrieved February 25, 2017, from <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS>

Zamagni, A. (2012). Life cycle sustainability assessment . *Int J. International Jornal Life Cycle Assess*, (17), 373–376. <http://doi.org/10.1007/s11367-012-0389-8>