

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

**ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DEL ACEITE DE PIÑÓN (*Jatropha
curcas*) UTILIZADO COMO COMBUSTIBLE**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
QUÍMICA**

JEANNETH CRISTINA ARROYO HUERTA

jcrisarh@hotmail.com

DIRECTOR: ING. ERNESTO OSWALDO PROAÑO BORJA

oeborja@yahoo.es

Quito, agosto 2012

© Escuela Politécnica Nacional 2012
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Jeanneth Cristina Arroyo Huerta, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Jeanneth Cristina Arroyo Huerta

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Jeanneth Cristina Arroyo Huerta, bajo mi supervisión.

Ing. Oswaldo Proaño B.
DIRECTOR DE PROYECTO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	xiv
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Características y propiedades del piñón	1
1.1.1. Etimología	1
1.1.2. Clasificación taxonómica del piñón	1
1.1.3. Descripción botánica	1
1.1.4. Toxicología	2
1.1.5. Usos	3
1.1.6. Variación genética importante	5
1.1.7. Objetivos de la reproducción	5
1.1.8. Ecología	6
1.1.9. Agronomía	6
1.1.9.1 Crecimiento y desarrollo	6
1.1.9.2 Métodos de propagación	7
1.1.9.3 Limitaciones de la cosecha	7
1.2. Análisis del ciclo de vida	8
1.2.1. Principios generales de la evaluación del ciclo de vida	9
1.2.2. Usos de la evaluación del ciclo de vida	10
1.2.3. Limitaciones de la evaluación del ciclo de vida	10
1.2.4. Fases de la evaluación del ciclo de vida	11
1.2.4.1 Definición del objetivo y alcance	12
1.2.4.2 Análisis del inventario del ciclo de vida	13
1.2.4.3 Evaluación de impacto ambiental	13
1.2.4.4 Interpretación del ciclo de vida	14
1.3. Evaluación de impacto ambiental	14
1.3.1. Definición de impacto ambiental	15
1.3.2. El proceso de evaluación de impacto ambiental	15
1.3.3. Estudios de línea base	17
1.3.4. Métodos para la identificación y evaluación de impactos ambientales	18
1.3.5. Gestión ambiental	20
1.3.5.1 Gestión ambiental correctiva	21
1.3.5.2 Gestión ambiental restauradora	21
1.3.5.3 Gestión ambiental preventiva	21
1.3.6. Ventajas del sistema de gestión medioambiental	22
1.3.7. Elementos necesarios para desarrollar un sistema de gestión medioambiental	23

1.3.7.1 Fuerzas externas	23
1.3.7.2 Procesos y clientes internos	24
1.3.7.3 Marketing	24
1.3.7.4 Mejora continua	25
1.3.8. Bonos de carbono	25
2. PARTE EXPERIMENTAL	27
2.1. Identificación de los procesos desde el cultivo de piñón hasta su uso como biocombustible	27
2.2. Análisis del inventario de cada uno de los procesos identificados	31
2.2.1. Análisis del inventario del cultivo de piñón	31
2.2.2. Análisis del inventario del transporte de semillas de piñón desde el sitio de cultivo hasta las plantas productoras de aceite	32
2.2.3. Análisis del inventario de la extracción de aceite	34
2.2.4. Análisis del inventario del transporte aceite desde las plantas de extracción hasta la planta productora de energía eléctrica	35
2.2.5. Análisis del inventario del uso final del aceite de piñón	37
2.3. Evaluación de los impactos ambientales	37
2.4. Determinación de las ventajas del aceite de piñón en comparación con combustibles fósiles	40
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
3.1. Identificación de los procesos desde el cultivo de piñón hasta su uso como biocombustible	42
3.2. Análisis del inventario de los procesos identificados	45
3.2.1. Análisis del inventario del cultivo de piñón	45
3.2.2. Análisis del inventario del transporte de semilla de piñón desde el sitio de cultivo hasta las plantas productoras de aceite	45
3.2.3. Análisis del inventario de la extracción de aceite	46
3.2.4. Análisis del inventario del transporte aceite desde las plantas de extracción hasta la planta productora de energía eléctrica	47
3.2.5. Análisis del inventario del uso final del combustible	48
3.3. Evaluación de los impactos ambientales	49
3.4. Determinación de las ventajas del aceite de piñón en comparación con combustibles fósiles	70

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
4.1. Conclusiones	73
4.2. Recomendaciones	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.	Entradas y salidas consideradas para el análisis del inventario del cultivo de piñón	32
Tabla 2.	Entradas y salidas consideradas para el análisis del inventario de la extracción de aceite	35
Tabla 3.	Entradas y salidas consideradas para el análisis del inventario del uso final de aceite	37
Tabla 4.	Escala de valoración de intensidad de impactos	38
Tabla 5.	Escala de valoración de la extensión de impactos	38
Tabla 6.	Escala de valoración de la duración de impactos	39
Tabla 7.	Escala de valoración de la reversibilidad de impactos	39
Tabla 8.	Escala de valoración de riesgo de impactos	40
Tabla 9.	Escala de jerarquización de impactos de acuerdo al índice de impacto ambiental.	40
Tabla 10.	Etapas que tienen un impacto ambiental significativo	43
Tabla 11.	Cuantificación de las salidas del proceso de cultivo de piñón	45
Tabla 12.	Necesidades de transporte y consumo de energía primaria en el proceso de transporte de semilla	46
Tabla 13.	Consumo de materias primas, generación de subproductos y consumo de energía primaria en el proceso de extracción de aceite	47
Tabla 14.	Necesidades de transporte y consumo de energía primaria en el transporte de aceite de piñón	48
Tabla 15.	Emisiones de CO ₂ al ambiente durante el transporte de aceite de piñón	48
Tabla 16.	Características de los grupos electrógenos	49
Tabla 17.	Matriz causa efecto para la evaluación de impactos ambientales	53
Tabla 18.	Matriz de carácter de impactos ambientales	57
Tabla 19.	Matriz de intensidad de impactos	59

Tabla 20.	Matriz de extensión de impactos	60
Tabla 21.	Matriz de duración de impactos	62
Tabla 22.	Matriz de irreversibilidad de impactos	64
Tabla 23.	Matriz de riesgo de impactos	65
Tabla 24.	Matriz de valor de índice ambiental de impactos	66
Tabla 25.	Matriz de calificación de impactos	67
Tabla 26.	Matriz de jerarquización de impactos	68
Tabla 27.	Porcentaje de diesel que se dejaría de transportar a las Islas Galápagos	71
Tabla 28.	Bonos de carbono obtenidos con la realización del proyecto	71
Tabla 29.	Número de familias a las que se genera empleo con la ejecución del proyecto.	72
Tabla A.	Hoja de recolección de datos del proceso de cultivo de piñón	82
Tabla B.	Hoja de recolección de datos del proceso de transporte de las semillas	83
Tabla C.	Hoja de recolección de datos del proceso de extracción de aceite de piñón	84
Tabla D.	Hoja de recolección de datos para el proceso de transporte de aceite de piñón	84
Tabla E.	Hoja de recolección de datos para el proceso del uso final del combustible	85
Tabla F.	Sitios seleccionados para la extracción y procesamiento de aceite de piñón	89
Tabla G.	Sitios seleccionados para el acopio de las semillas de piñón	90
Tabla H.	Factores de transformación a energía primaria	91
Tabla I.	Datos necesarios para el cálculo de la unidad funcional	92
Tabla J.	Datos necesarios para el cálculo de la producción potencial de semilla	92
Tabla K.	Datos necesarios para el cálculo de las necesidades de energía primaria	94
Tabla L.	Necesidades de transporte de la semilla	95

Tabla M.	Energía utilizada en el transporte de la semilla	96
Tabla N.	Emisiones de CO2 a la atmósfera en el transporte de la semilla	97
Tabla O.	Datos necesarios para el cálculo del porcentaje de diesel que se deja de transportar	99
Tabla P.	Datos necesarios para el cálculo de la cantidad de familias a los que se genera empleo	100
Tabla Q.	Estimación de equipos de las plantas extractoras de aceite	101

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Usos principales del piñón	4
Figura 2. Métodos de propagación del piñón	7
Figura 3. Fases de la evaluación del ciclo de vida	11
Figura 4. Procedimiento metodológico de la EIA	16
Figura 5. Pasos realizados para la identificación de los procesos en el análisis del ciclo de vida	28
Figura 6. Identificación de procesos y subprocesos	29
Figura A. Búsqueda de un lugar por su nombre en Google Maps Distance Calculator	86
Figura B. Búsqueda de un lugar con coordenadas geográficas en Google Maps Distance Calculator	86
Figura C. Ubicación de un punto en Google Maps Distance Calculator	87
Figura D. Distancia Tres Charcos – Montañita	87
Figura E. Distancia Pozo de Agua – Guayaquil	87
Figura F. Distancia total desplegada en Google Maps Distance Calculator	88

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Hojas de recolección de datos	82
ANEXO II	
Estimación de distancias en Google Maps Distance Calculator	86
ANEXO III	
Centros de acopio de semillas y de extracción y procesamiento de aceite de piñón en la provincia de Manabí	89
ANEXO IV	
Factores de transformación a energía primaria	91
ANEXO V	
Ejemplos de cálculos realizados	92
ANEXO VI	
Estimación de los equipos principales y auxiliares de las plantas de extracción de aceite	101

RESUMEN

Debido a la contaminación por combustibles fósiles, actualmente se contemplan nuevas alternativas para la producción de energía. Los biocombustibles, en un futuro, pueden ser una fuente de energía importante.

En este proyecto se realizó un Análisis del Ciclo de Vida del Aceite de Piñón utilizado como combustible, el mismo que se dividió en tres etapas.

La primera etapa fue la identificación de los procesos que tienen un impacto ambiental significativo, de tal forma que, se reconocieron cinco procesos: cultivo de piñón, transporte de las semillas hasta las plantas extractoras de aceite, extracción del aceite, transporte del aceite a la planta de generación de energía y el uso final del aceite. Para llevar a cabo esta etapa se utilizó la metodología propuesta en la norma ISO 14044.

El análisis del inventario constituye la segunda etapa, la misma que se realizó para cada uno de los procesos identificados en la etapa anterior.

En el análisis del inventario del cultivo de piñón se determinó que existe una producción de semilla sin cáscara de 247,1 kg/km lineal y que la fijación del CO₂ por la biomasa es 4 t/km. En el proceso de transporte de la semilla la energía primaria utilizada fue 0,12 MJ/kg aceite y las emisiones de CO₂ se estimaron en $1,4 \times 10^{-6}$ t/kg aceite. En la extracción de aceite se determinó un consumo de energía primaria de 1,2 MJ/kg aceite. En el proceso de transporte del aceite se estimó un consumo de energía primaria de $5,6 \times 10^{-2}$ MJ/kg aceite y las emisiones de CO₂ en $3,92 \times 10^{-4}$ t/kg aceite. El uso final del aceite determinó que cada t de aceite de piñón utilizada para la producción de energía reduce la emisión de 4 t de CO₂.

Al comparar estos resultados se determinó que las etapas de cultivo y uso final del aceite, son las determinantes en la disminución de emisiones de CO₂ al ambiente. Las etapas de transporte generan emisiones, pero que son muy

pequeñas en comparación con la disminución de emisiones de CO₂ de las otras etapas del proyecto.

La tercera etapa es la evaluación de los impactos ambientales, la que se realizó mediante matrices causa - efecto simples y de criterios relevantes integrados, lo que determinó que la operación de la planta generadora de energía, constituye el mayor impacto ambiental del proyecto, sin embargo, se considera que tiene un efecto positivo. No existen impactos críticos durante la implementación y realización del proyecto.

Se concluyó que la sustitución del diesel por aceite de piñón para la producción de energía eléctrica en las Islas Galápagos, presenta ciertas ventajas como la reducción del transporte de combustibles fósiles en un 3,2%, lo que equivale al 4% del diesel transportado a las Islas, la generación de trabajo para 31 623 familias en la provincia de Manabí y la obtención aproximada de 48 948,1 bonos de carbono.

INTRODUCCIÓN

Debido al creciente daño al ecosistema, la generación de energía actualmente constituye un tema de preocupación a nivel mundial. El crecimiento demográfico aumenta la demanda de energía y, a su vez, incrementa la generación de desechos y emisiones al medio ambiente. Por esta razón, se estudian alternativas que logren abastecer la demanda creciente de energía y sean más amigables con el medio ambiente. [Bessou, Ferchaud, Gabrielle y Mary, 2010; ICCA, 2007; McKibben, 2007; Bourne, 2007]

La Región Insular del Ecuador constituye el mayor atractivo turístico del país. El 96,7 % de la superficie terrestre del archipiélago, es parte del área protegida y el 3,3% restante es destinado al uso de los asentamientos humanos. (PSI, 2011).

Para abastecer la demanda de energía en las zonas pobladas de las islas, actualmente se utilizan combustibles fósiles, lo que ha ocasionado problemas en el transporte de los combustibles por derrames y la emisión de contaminantes al medio ambiente. Debido a esto, se ha estudiado la posibilidad de implementar energías limpias para las Islas Galápagos, mediante un proyecto impulsado por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador (MEER): “Cero combustibles fósiles para las Islas Galápagos”.

El uso de energías alternativas en Ecuador, no solamente contribuye al medio ambiente, sino también a la economía del país, ya que disminuye la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles desde otros países. [McKibben, 2007; Bourne, 2007]

Para llevar a cabo el proyecto se ha propuesto el aprovechamiento de tres tipos de energías limpias: energía eólica, energía solar y biocombustibles.

En el Ecuador, muchas oleaginosas se destinan para la alimentación de las personas, por lo que su uso en la producción de biocombustibles altera el equilibrio agroalimentario.

En la provincia de Manabí se produce piñón (*Jatropha curcas*), que es una planta que crece en tierras áridas y semiáridas. (Gobierno Provincial de Manabí, 2011)

El cultivo de piñón no afecta a las tierras fértiles potenciales para la producción de otras plantas. Por otro lado, el piñón, presenta en su composición un alcaloide conocido con el nombre de curcina, lo que hace a la planta tóxica, y por ello, no se puede destinar para la alimentación animal. [Becker, Makkar y Devappa, 2010; Heller, 1996]

El uso del aceite de piñón como biocombustible es una alternativa de energía limpia, que además se proyecta como ayuda social, por la generación de fuentes de trabajo para familias que se encuentran en la pobreza. (ICCA, 2007)

Por tanto, con el fin de reducir el uso de los combustibles fósiles en las Islas Galápagos, en este proyecto se realizó en Análisis del Ciclo de Vida del Aceite de Piñón utilizado como Combustible para la generación de energía eléctrica en la Isla Floreana.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL PIÑÓN

1.1.1. ETIMOLOGÍA

El nombre genérico *Jatropha* deriva del griego *iatrós* (doctor) y *trophé* (comida). La etimología del nombre indica que la planta se usa con fines medicinales. (Heller, 1996)

1.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL PIÑÓN

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Euphorbiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Jatropha*

Especie: *Curcas* [Eguiluz, 2012; Torres, 2011]

1.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El piñón es una especie arbustiva cuya altura varía de 3 - 4 metros, sin embargo, puede alcanzar alturas mayores a los cinco metros, dependiendo de su lugar de origen y de sus condiciones de cultivo. [BiodieselSpain, 2007; Heller, 1996, Torres, 2011]

Es una planta que puede crecer en tierras áridas o semiáridas, por su resistencia a la sequía. Se encuentra ampliamente en climas cálidos. [BiodieselSpain, 2007; Heller, 1996, Torres, 2011]

"Presenta un crecimiento articulado con discontinuidad morfológica en cada incremento. Generalmente, se forman 5 raíces de las plántulas, una central y cuatro periféricas."

"El piñón es una planta monoica y las flores son unisexuales, pero ocasionalmente existen flores hermafroditas."

El piñón puede autopolinizarse si se trata de una planta que presenta flores hermafroditas, sin embargo, en caso de no ser así se requiere una polinización por insectos o manual dependiendo de las condiciones. (Heller, 1996)

Debido a que se trata de una planta resistente a la sequía y a que no constituye un alimento para el ganado porque muchas de sus partes son tóxicas para muchos animales, se la puede cultivar en forma de cerca viva, lo que sirve de protección a cultivos y no deja tierras en desuso, además se puede utilizar para reforestar tierras áridas y semiáridas [Heller, 1996, Torres, 2011]

1.1.4. TOXICOLOGIA

La semilla del piñón está constituida por una proteína llama curcina y por ésteres de diterpeno, que son sustancias altamente tóxicas para el ser humano y para muchos animales. Sin embargo, existen otras partes de la planta que se utilizan para medicina tradicional, además, con un tratamiento adecuado, la torta de extracción del aceite se puede usar como abono. Por estas propiedades, el piñón no se considera una planta alimenticia, de tal forma, que no afecta el equilibrio agro-alimentario al ser utilizado con otros fines. [Becker *et al.*, 2010; Heller, 1996]

1.1.5. USOS

El piñón es una planta altamente resistente a la sequía por lo que se considera una planta productivamente rápida, lo que la hace ideal para la reforestación de tierras áridas o semiáridas. También se puede usar en su cultivo como cerca viva, para protección de otras plantas. [Abhilash, Jamil, Singh y Srivastava, 2010; Francis, Li, Makkar y Me, 2009; Heller, 1996; Jha, Johnson, Mukherjee y Varshney, 2011; Ospina, 2011]

El cultivo del piñón ayuda a disminuir la contaminación por gases de efecto invernadero y debido a que es una planta tóxica, no puede ser utilizada como alimento, por lo tanto, no afecta el equilibrio agroalimentario.

Las partes del piñón presentan también usos variados, dependiendo de su tratamiento y desarrollo.

La semilla presenta un alto contenido de aceite que se puede obtener de forma física con una prensa o extrusor o química utilizando solventes. Es necesario evaluar la forma de extracción adecuada para los diferentes usos que se le pueda dar. (Heller, 1996)

Una vez que se ha extraído el aceite se le pueden dar diferentes usos como la producción de jabón. Debido a su alto poder calorífico el aceite puro o transesterificado se puede utilizar en motores como sustituto del diesel.

En el proceso de extracción de aceite se obtiene como subproducto la torta de presión. Debido a que las semillas son altamente tóxicas, estas le confieren la misma propiedad a la torta de presión, de tal forma que no puede ser usado para ningún tipo de alimentación. La torta de presión presenta altos niveles de nitrógeno, por lo que luego de un tratamiento adecuado, se puede usar como abono. (Torres, 2011)

En la figura 1 constan los principales usos del piñón.

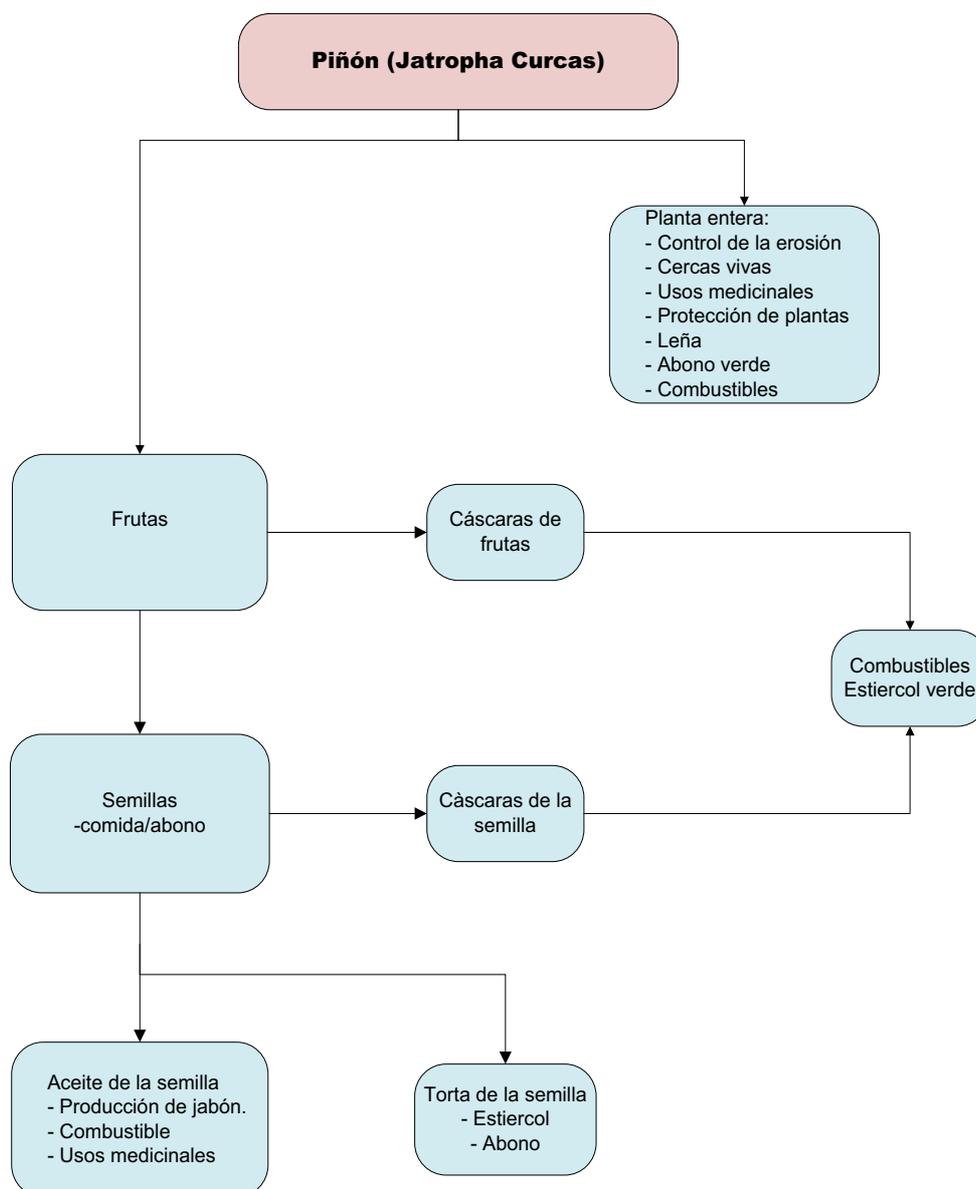


Figura 1. Usos principales del piñón.

(Heller, 1996)

Debido a su alto contenido calórico, las cáscaras del fruto y los caparzones de las semillas se pueden usar eventualmente como combustible. También pueden ser usadas como abono orgánico.

El aceite de la semilla, los extractos de las semillas y los ésteres del aceite de piñón presentan propiedades insecticidas, por lo que se usan para controlar plagas obteniéndose resultados favorables.

Con un tratamiento adecuado, muchas partes del piñón pueden ser usadas en la medicina tradicional porque sirven para preparar infusiones que pueden ser utilizadas en el ámbito de la medicina humana y veterinaria. El aceite es usado como purgante y puede ser usado para el tratamiento de enfermedades de la piel y calmar algunos dolores reumáticos. [Heller, 1996; Torres, 2011]

1.1.6. VARIACIÓN GENÉTICA IMPORTANTE

“Se ha descubierto una variedad de genotipos específicamente adaptados a condiciones marginales o que muestran un crecimiento muy fuerte durante su juventud. Estos son de importancia para establecer vegetación en sitios muy áridos”. (Heller, 1996)

1.1.7. OBJETIVOS DE LA REPRODUCCIÓN

Los objetivos de la reproducción dependen en gran parte del uso que se le va a dar a la planta. Generalmente, lo que se requiere de la planta es el aceite, por lo que es necesario favorecer y optimizar su rendimiento desde la reproducción.

Los componentes que contribuyen al rendimiento de aceite de piñón por hectárea son:

- Número de flores por inflorescencia
- Número de cápsulas por arbusto
- Número de semillas por cápsula
- Peso de 1000 semillas
- Contenido de aceite de las semillas (%)
- Plantas por hectárea (Heller, 1996)

Se debe tomar en cuenta que para favorecer el rendimiento de aceite existen factores que son más difíciles de cambiar, por ejemplo, el máximo número de semillas por cápsula es limitado o la densidad de plantación depende en gran parte del terreno, por lo que no ofrece mucha flexibilidad para el incremento del rendimiento en la extracción de aceite. (Heller, 1996)

La poda es otro factor que ayuda durante la etapa de cultivo del piñón. La reducción de la altura de la planta facilita el proceso de cosecha.

Existen especies de piñón que presentan propiedades no tóxicas. Esto depende del lugar de origen, sin embargo, se pueden llevar a cabo algunos procesos que disminuyen la toxicidad de la planta y de tal forma que se pueda usar como alimento de algunos animales. (Torres, 1996)

1.1.8. ECOLOGÍA

El piñón presenta las siguientes características ecológicas:

- Presenta una gran distribución en climas tropicales
- Crece mejor durante la época seca
- Se adapta a tierras áridas y semiáridas con mucha facilidad
- Presenta un desarrollo rápido y es resistente a condiciones extremas
- Se desarrolla en partes bajas
- Se adapta a temperaturas altas [BiodieselSpain, 2007; Torres, 2011]

1.1.9. AGRONOMÍA

1.1.9.1. Crecimiento y desarrollo

Si se tienen condiciones adecuadas de cultivo, la germinación de la planta ocurrirá rápidamente. La cáscara de la semilla germinada se separa y emerge una pequeña radícula que da paso a la formación de 4 raíces pequeñas periféricas.

Se desarrollan las primeras hojas dando paso a un crecimiento simpodial de la planta. (Heller, 1996)

1.1.9.2. Métodos de propagación

En la figura 2 constan los métodos de propagación del piñón.

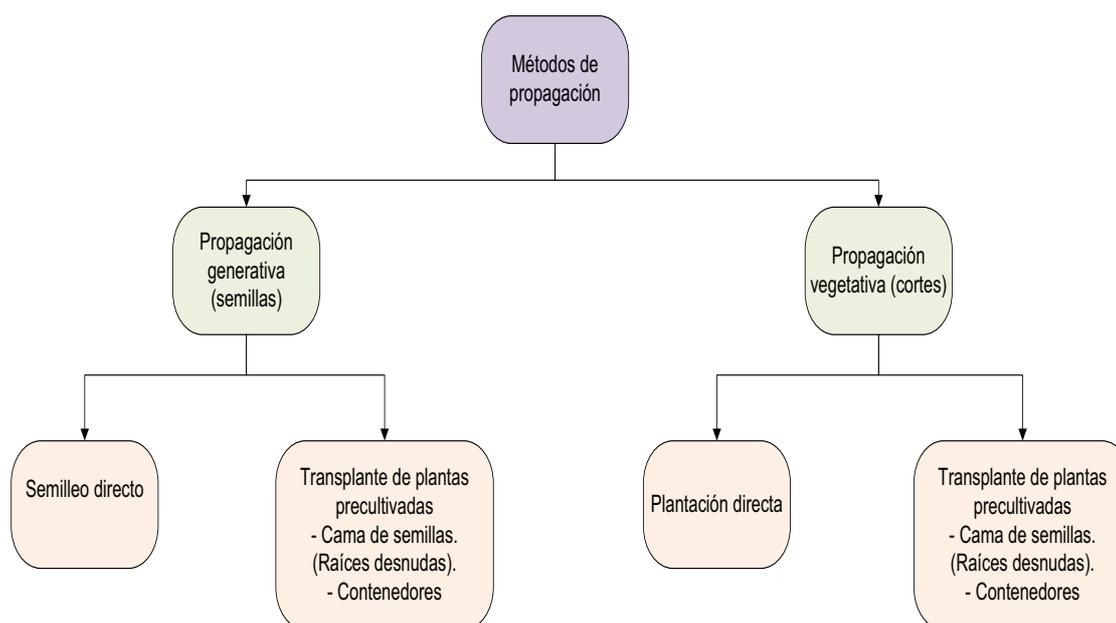


Figura 2. Métodos de propagación del piñón.

(Heller, 1996)

“Las plantas propagadas por cortes muestran una longevidad menor y poseen una menor resistencia a la sequedad y a las enfermedades que las plantas que son propagadas por semillas”. (Heller, 1996)

1.1.9.3. Limitaciones de la cosecha.

La toxicidad de la semilla de la planta, impide que se pueda usar como alimento, sin embargo, existen especies poco tóxicas que pueden utilizarse para este fin. (Becker *et al.*, 2010)

1.2. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

El análisis del Ciclo de Vida de un producto incluye los impactos ambientales, desde que el producto nace hasta que muere. [Hayashi y Gaillard, 2006; INEN, 2000; ISO, 2006]

El ciclo de vida incluye todos los procesos de un producto desde su fabricación hasta su uso final, esto quiere decir las materias primas usadas para la elaboración del producto, así como el transporte y procesos intermedios hasta llegar al uso final del producto. [INEN, 2000; ISO, 2006]

La evaluación o análisis del ciclo de vida, es una técnica para evaluar los aspectos ambientales y los impactos potenciales asociados con un producto. Esta técnica, tal como está especificada en la norma ISO 14044, consta de algunas actividades:

- Definir los objetivos y el alcance de la evaluación del ciclo de vida, que se realizará a un proyecto, producto o servicio. Es importante tener en claro los objetivos de la evaluación del ciclo de vida para al finalizarlo poder realizar las conclusiones adecuadas de dicho análisis.
- Conformar un inventario de entradas y salidas de los sistemas que están involucrados en el proyecto del ciclo de vida del producto en cuestión. El análisis del inventario se realiza con datos conocidos acerca de la fabricación del producto, es importante, una cuantificación de las entradas y salidas durante esta etapa.
- Evaluar los impactos ambientales potenciales asociados a los procesos en los que se realizó el análisis del inventario. Los impactos ambientales que se pueden producir en cada una de las etapas van a ser determinantes para la fabricación de un nuevo producto o la realización de un nuevo proyecto.
- Interpretar los resultados del análisis del inventario y las fases de la evaluación del impacto, en relación con los objetivos y el alcance propuesto. La interpretación de los resultados nos va a dar una idea clara del impacto final del proyecto o producto a realizarse. (ISO, 2006)

La evaluación del ciclo de vida puede ser útil para establecer un sistema de gestión medioambiental en una institución.

La evaluación del ciclo de vida, no sigue una metodología fija, no hay una única manera de realizar este análisis, por lo que se tienen varias alternativas.

Una persona que lleve a cabo un análisis del ciclo de vida debe tener un buen criterio, mucho sentido común y conocer técnicas y metodologías científicas que le ayuden a cumplir con el objetivo planteado. [Hayashi y Gaillard, 2006; INEN, 2000; ISO, 2006]

1.2.1. PRINCIPIOS GENERALES DE LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA

La evaluación del ciclo de vida constituye una ayuda importante para las instituciones o empresas que elaboran productos o brindan servicios, ya que, es importante mantener una buena imagen ante los clientes potenciales, siendo precavidos y tomando medidas para tener un sistema de gestión medioambiental que vaya acorde con las ideas de los clientes. (Cabal, De La Rúa, Izquierdo, Lago, Lechón, Sáenz y San Miguel, 2006)

Todas las actividades de producción tienen un impacto sobre el medio ambiente. El impacto sobre el medio ambiente puede ser favorable o desfavorable, de tal forma que, con la evaluación del ciclo de vida se pueda tener una idea clara del beneficio o perjuicio global de un proyecto, producto o servicio.

Con la evaluación de impacto ambiental se hace un inventario y un análisis de esos impactos. Esto servirá para tomar decisiones y llevar los resultados a discusiones o debates. La evaluación del ciclo de vida sirve también para mejorar el impacto ambiental que tienen ciertos procedimientos ya establecidos dentro de una empresa o institución. [Cabal *et al.*, 2006; Hayashi y Gaillard, 2006]

El concepto de evaluación del ciclo de vida es bastante nuevo, sin embargo, se ha observado que promete mucho, porque tiene muchas aplicaciones en un sistema de gestión ambiental. [Cabal *et al.*, 2006; Hayashi y Gaillard, 2006; INEN, 2000; ISO, 2006]

1.2.2. USOS DE LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA

La Evaluación del Ciclo de Vida, ayuda en muchos aspectos en un proyecto o en procesos que están previamente establecidos en una empresa ya constituida. La ayuda que brinda a un proyecto puede manifestarse de diferentes formas:

- Identificación de oportunidades para mejorar aspectos ambientales de un producto
- Toma de decisiones en organizaciones industriales
- Selección de indicadores de desempeño ambiental
- Mercadeo
- Buena imagen de una empresa
- Elaboración de nuevas técnicas y procedimientos
- Acreditaciones internacionales, etc. [Owen, 1998; Romero, 2003, Weidema, 1998]

1.2.3. LIMITACIONES DE LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA

Aunque la evaluación del ciclo de vida puede ser muy útil, se debe considerar que tiene algunas limitaciones, que dependerán del tipo de proceso y de los datos que se encuentren disponibles y de la calidad de los mismos.

Se han encontrado algunas limitaciones de la evaluación del ciclo de vida:

- Las selecciones y suposiciones que se hacen pueden ser subjetivas.
- Los modelos utilizados están limitados por sus propios supuestos.
- Las condiciones regionales o mundiales, pueden no representar de manera adecuada las condiciones locales.

- La exactitud de los resultados, se ve limitada por los datos.
- Existe en muchos casos, la falta de dimensiones temporales y espaciales en los datos del inventario. [INEN, 2000; ISO, 2006]

1.2.4. FASES DE LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA

La evaluación del ciclo de vida incluye cuatro etapas:

- Definición del objetivo y el alcance
- Análisis del inventario
- Evaluación de impactos
- Interpretación de los resultados. [INEN, 2000; ISO, 2006]

En la figura 3 se puede observar más claramente las fases de la evaluación del ciclo de vida:

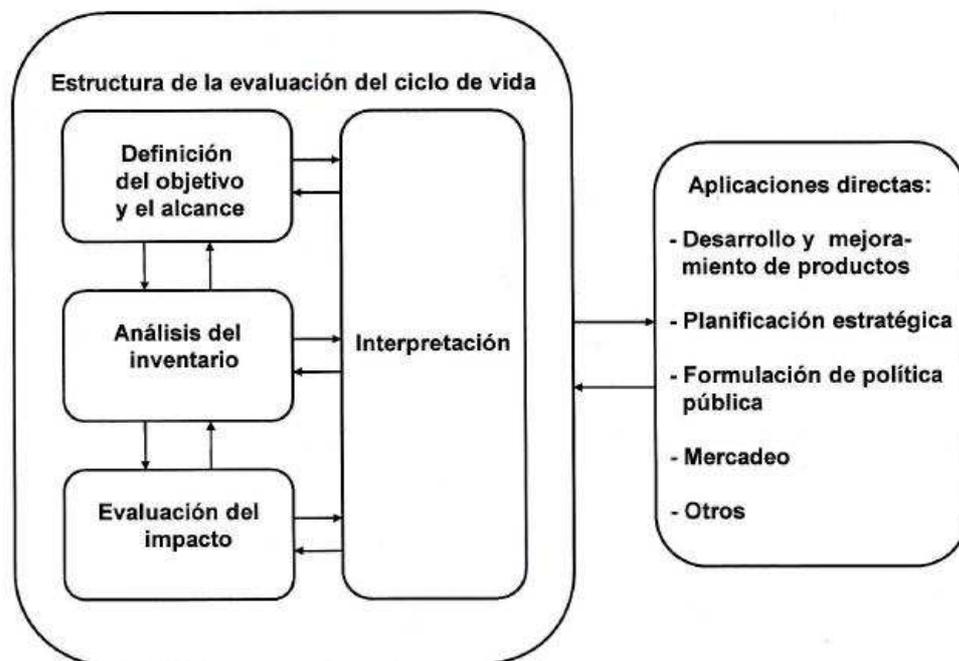


Figura 3. Fases de la Evaluación del Ciclo de Vida

(INEN, 2000)

1.2.4.1. Definición del objetivo y alcance

En esta etapa de la evaluación del ciclo de vida se definen los objetivos globales del estudio: el producto implicado, la audiencia a la que se dirige, el alcance del estudio, los datos necesarios y el tipo de revisión crítica. La definición del objetivo y del alcance debe ser clara y concisa.

El objetivo de estudio es la meta que se desea obtener al realizar la Evaluación del Ciclo de Vida.

El alcance indica las actividades que se van a llevar a cabo para poder cumplir el objetivo propuesto. (INEN, 2000)

En esta parte del análisis del ciclo de vida, en dependencia de la información disponible, se escoge el grupo de productos y/o servicios, la identificación de los productos y/o servicios que se deben incluir y excluir del análisis y los impactos que deben ser investigados.

En esta parte del análisis según la norma ISO 14040, se debe determinar una unidad funcional que es una base de cálculo sobre la que se va a realizar la Evaluación del Ciclo de Vida. La unidad funcional se utiliza para poder realizar una comparación entre productos que puedan usarse con un mismo fin, es decir, una Evaluación del Ciclo de Vida Comparativa. (ISO, 2006)

La unidad funcional depende de los parámetros que se vayan a incluir dentro de la evaluación del ciclo de vida. La toma de la unidad de la unidad funcional puede afectar al resultado final, por eso, es necesario tomar la unidad funcional con criterio. (Matheys, Van Autenboer, Timmermans, Van Mierlo, Van Den Bossche y Maggetto, 2007)

1.2.4.2. Análisis del inventario del ciclo de vida

Es una lista de los procesos y sistemas, de sus limitaciones y del impacto potencial de cada uno de los procesos y sistemas.

Durante esta etapa de la evaluación del ciclo de vida se deben recolectar datos y llevar a cabo procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y las salidas de los sistemas implicados.

El análisis del inventario puede ser determinante, debido a que a veces ya no es necesaria la evaluación de impacto ambiental propiamente dicha, sino que, se realiza directamente la interpretación de los resultados. [INEN, 2000; ISO, 2006]

El análisis del inventario puede resultar particularmente importante en análisis del ciclo de vida comparativos, debido a que, al cuantificar las entradas y las salidas, se tiene una idea clara de la utilización y el rendimiento de las materias primas en cada una de las opciones que se tienen para realizar un producto o llevar a cabo un servicio (Weidema, 1998)

1.2.4.3. Evaluación de impacto ambiental

Consiste en evaluar los impactos potenciales, con referencia en el análisis del inventario realizado y relacionar con impactos ambientales específicos que puedan ser interpretados. (Morris, 2004)

Muchas veces el análisis de impacto ambiental viene implícito en el análisis del inventario, por lo que se puede condensar los dos procesos en uno solo, dependiendo de los objetivos y el alcance planteado. Muchas veces suele condensarse estas dos etapas en análisis comparativos que implican una decisión rápida sobre procedimientos, técnicas o proyectos a realizarse. [INEN, 2000; ISO, 2006]

Durante la evaluación de impacto ambiental, los datos disponibles pueden ser usados para comparaciones internas o para pedidos simples de mejora. (Morris, 2004)

1.2.4.4. Interpretación del ciclo de vida

Después de realizar el análisis del inventario y la evaluación de los impactos, esta etapa combina los hallazgos de las dos etapas previas, tomando en cuenta el alcance y los objetivos definidos previamente, para encontrar soluciones, mejoras y recomendaciones al proyecto al que se ha realizado la evaluación de impacto ambiental.

Durante la fase de interpretación los datos obtenidos se utilizan principalmente para verificar el cumplimiento de los objetivos del estudio.

La interpretación del ciclo de vida debe incluir conclusiones y recomendaciones de mejora, es importante que incluya recomendaciones para mejoras futuras de análisis similares o análisis comparativos. (Morris, 2004)

1.3. EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

“La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se define como la identificación y valoración de los impactos potenciales de proyectos, planes, programas o acciones normativas relativos a los componentes físico-químicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno”. (Canter, 1998).

Existen varias metodologías para realizar una evaluación de impacto ambiental, y con el cambio social que vemos día a día, es necesario innovar las formas de evaluación de impacto ambiental vigentes. Existe una tendencia de incluir la opinión pública en las evaluaciones de impacto ambiental. La opinión pública se ha vuelto importante, porque da una idea más clara de la percepción del impacto

potencial, sabiendo que el medio lo constituyen también las personas que en el viven. (UICN, 2004).

En un principio, los impactos ambientales, se referían a la contaminación en sí, sin embargo, se sabe que los impactos ambientales producen cambios en el hábitat natural de muchas especies de animales y plantas y que producen también cambios en los asentamientos humanos. Debido a esto, el impacto ambiental potencial puede ser beneficioso en algunos aspectos, pero, perjudicial en otros, por ello, la Evaluación de Impacto Ambiental constituye una importante guía para tomar decisiones acerca de llevar a cabo un proyecto o realizar un cambio en una empresa o institución. (Espinoza, 2001).

1.3.1. DEFINICIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Un impacto ambiental se define como una alteración que se produce al medio ambiente por la ejecución de una acción. El impacto puede ser positivo o negativo y puede tener una percepción diferente en distintos ámbitos. (Espinoza, 2001).

1.3.2. EL PROCESO DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Se distinguen los siguientes componentes secuenciales del proceso de EIA:

- Acción: Proyecto que tiene implicaciones ambientales
- Cambio: Alteración natural o elaborada del medio ambiente a través de una acción
- Efecto: La consecuencia, sobre las características del medio ambiente, del cambio inducido por una acción
- Impacto: La variación en la calidad ambiental como resultado de la secuencia anterior (Canter, 1998)

En la figura 4 se muestra el procedimiento metodológico de la Evaluación de impacto ambiental.

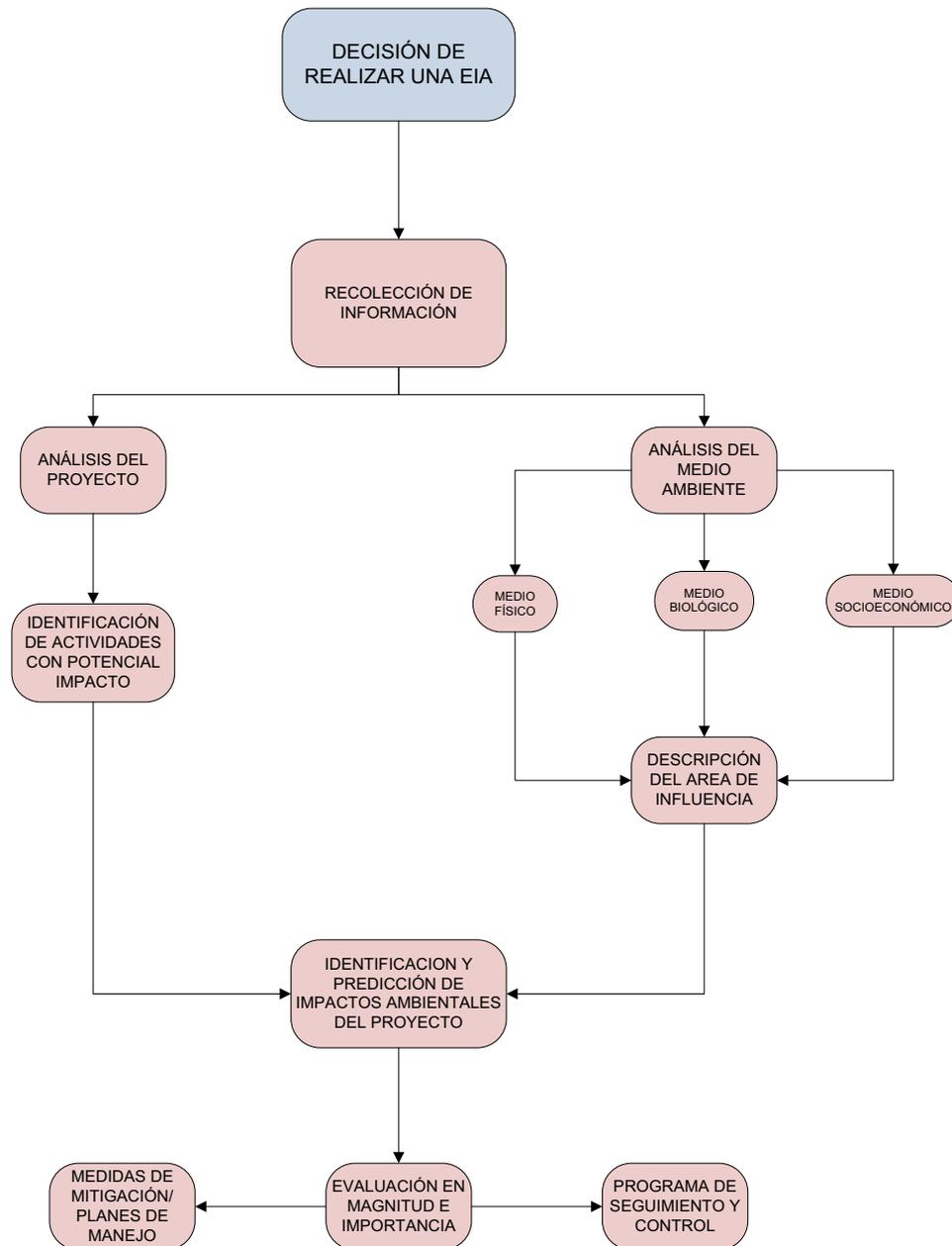


Figura 4. Procedimiento metodológico de la EIA

(Canter, 1998)

Para realizar una evaluación de impacto ambiental, se debe realizar una identificación del proyecto a realizarse. Una vez que se tenga bien definido el proyecto se puede proceder con los pasos siguientes.

La evaluación de impactos ambientales debe contar con un análisis imparcial del proyecto, tomando en cuenta, todos los puntos de vista posibles y no las conveniencias de un grupo específico.

Una vez definido el proyecto, se debe identificar el medio en el que se lo realiza, es decir, el área de influencia del proyecto. Para esto es necesario hacer un estudio de línea base. Se debe tomar en cuenta que el medio no solo implica la naturaleza, sino que, también están inmersas las personas y que se pueden producir cambios sociales, económicos y culturales. (Espinoza, 2001).

Cuando ya se hayan realizado estas dos etapas, se procede a la identificación de impactos potenciales, estos impactos deben ser los que afectan de una manera significativa al medio. [Espinoza, 2001, OPS e ILPES, 1998]

Después de que los impactos hayan sido identificados, se debe escoger una forma adecuada de medir estos impactos, para esto, existen varias metodologías aceptadas para asignar una magnitud a los impactos.

Una vez culminada la evaluación de los impactos ambientales es importante proponer medidas de mitigación, medidas preventivas, correctivas, etc., dependiendo del estado en el que se encuentre la ejecución del proyecto. Se deben preferir las medidas que causen un impacto positivo en la mayoría de ámbitos. (Espinoza, 2001).

1.3.3. ESTUDIOS DE LÍNEA BASE

Los estudios de línea base son necesarios para la descripción del medio en el que se va a realizar un proyecto.

Los estudios de línea base, son descripciones y análisis de algunos aspectos del medio ambiente.

Los estudios de línea base pueden incluir revisiones bibliográficas, visitas de campo, estudios y análisis técnicos, encuestas, entrevistas, etc., de tal forma que se tenga una visión más amplia del ambiente que va a ser evaluado. (OPS e ILPES, 1998)

Para llevar a cabo los estudios de línea base, se debe conocer el área de influencia del proyecto que se trata y de los límites dentro de los cuales, se deben estudiar los impactos para un proyecto específico. (OPS e ILPES, 1998)

Un estudio de línea base debe contener información sobre al menos los siguientes elementos:

- Medio físico
- Medio biológico
- Medio socioeconómico [OPS e ILPES, 1998; UICN, 2004]

El medio físico, tal como su nombre lo indica, incluye las características físicas del medio, por ejemplo, calidad del agua, calidad del aire, suelos, etc.

El medio biológico incluye las formas de vida presentes como la flora y la fauna que se pueden ver afectadas.

El medio socioeconómico incluye las características sociales y económicas del medio, por ejemplo, la generación de empleo, destierro de comunidades indígenas, expropiación, etc. [Espinoza, 2001; OPS e ILPES, 1998]

1.3.4. MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Existen algunos pasos que se siguen en toda metodología de evaluación de impacto ambiental.

- Primer paso: identificación de los procesos físicos, biológicos, socioeconómicos y culturales que pueden ser afectados por la acción propuesta
- Segundo paso: selección en los impactos identificados aquellos que efectivamente pueden ocurrir y merecen una preocupación especial
- Tercer paso: Evaluación de los impactos, lo que significa calcular o estimar, la magnitud e importancia de cada impacto (OPS e ILPES, 1998)

Se debe tomar en cuenta que existen muchos criterios con los que se debe evaluar un impacto ambiental. Los criterios más importantes son:

- El carácter del impacto que indica si se trata de un impacto positivo o negativo
- La intensidad del impacto
- La extensión o área espacial del impacto
- La duración del impacto, que indica su comportamiento en el tiempo
- La reversibilidad del impacto
- El riesgo de ocurrencia del impacto
- El significado del impacto
- El tipo de impacto

Una vez que se hayan analizado varios criterios y utilizando una metodología aceptada para la cuantificación de los impactos, se los puede clasificar de la siguiente forma:

- Impacto compatible: No necesita de medidas mitigadoras
- Impacto moderado: Necesita medidas simples de mitigación
- Impacto severo: Se requieren medidas de mitigación especiales y en un tiempo relativamente grande
- Impacto crítico: es imposible recuperar su estado inicial (Espinoza, 2001)

Los métodos de EIA disponibles se pueden dividir en dos grandes categorías:

- Métodos de identificación de impactos
 - Listas de chequeo

- Diagramas de flujo
 - Matrices de causa-efecto simples
 - Cartografía ambiental
 - Métodos ad-hoc
-
- Métodos de evaluación de impactos
 - Matrices de causa-efecto
 - Cartografía ambiental
 - Redes

Las metodologías suelen ser útiles, sin embargo, no son requeridas en todo el proceso de evaluación del impacto, sino más bien, son de gran utilidad en determinadas tareas del proceso. No es necesario entonces usar una sola metodología en un estudio de impacto, sino que puede ser mejor utilizar distintas partes de varias metodologías para ciertas tareas. [Canter, 1998; OPS e ILPES, 1998]

1.3.5. GESTIÓN AMBIENTAL

La emergencia continua de nuevos riesgos ambientales ha generado leyes regulatorias designadas para proteger la salud pública y el medio ambiente.

Las leyes regulatorias varían de país en país. Estas regulaciones han hecho que se mejore el sistema de gestión medioambiental, porque existen penalizaciones para diferentes formas de violar estas leyes.

Se debe tomar en cuenta que la gestión medioambiental ayuda a prevenir costos a largo plazo, aunque en un futuro inmediato tenga un costo mayor. (Cahill, Gold, Kane, Mauch, Meloy, Michelin, Riedel y Vetrano, 2001)

Los estándares que tienen probablemente la mayor duración y confiabilidad, son los que han sido creados por la Organización Internacional de Estandarización (ISO).

La gestión ambiental constituye un grupo de reglas, normas, medidas que se utilizan para conducir un sistema ambiental.

Dentro de la gestión ambiental existen las siguientes categorías:

- Gestión ambiental correctiva
- Gestión ambiental restauradora
- Gestión ambiental preventiva (Clementes, 1997)

1.3.5.1. Gestión ambiental correctiva

La gestión ambiental correctiva busca remediar ciertos comportamientos que están afectando de manera negativa al medio ambiente, a través de normas de calidad ambiental, multas y sanciones a los infractores de las normas, medidas de restricción a ciertas actividades, auditorías ambientales, incentivos económicos para los que cumplen de mejor manera los requerimientos. La gestión ambiental correctiva debe ir acompañada por una campaña de concientización, de modo que las personas entiendan la importancia de las acciones hacia el medio ambiente. [Clementes, 1997, Morris, 2004]

1.3.5.2. Gestión ambiental restauradora

La gestión ambiental restauradora intenta componer ciertas degradaciones ambientales, que han provocado problemas de gravedad, lo que se puede lograr a través de la formulación de planes de descontaminación o planes de restauración ambiental. (Clementes, 1997)

1.3.5.3. Gestión ambiental preventiva

La gestión ambiental preventiva se orienta a evitar que en un futuro se produzcan problemas ambientales, para evitar revertir condiciones críticas. Las herramientas

para lograr este objetivo son: evaluación del impacto ambiental de proyectos, planes de prevención y evaluaciones estratégicas. La evaluación de impacto ambiental hoy en día incluye también el medio socio-económico que debe también estar en armonía con los objetivos del proyecto. [Clementes, 1997; OPS e ILPES]

1.3.6. VENTAJAS DEL SISTEMA DE GESTION MEDIOAMBIENTAL

Un sistema de gestión medioambiental proporciona muchas ventajas a una institución. [Cahill *et al.*, 2001; Romero, 2003]

Al aplicar un sistema de gestión medioambiental se establece la conformidad con las regulaciones que pueden ser nacionales, regionales o internacionales. Se puede observar que hoy en día están de moda las acreditaciones, si una institución o empresa que brinda un producto o servicio, no presenta una acreditación dentro de su área, compite en total desventaja con las empresas acreditadas. (Cahill *et al.*, 2001)

Otra ventaja de la aplicación de un sistema de gestión medioambiental es la conformidad con las exigencias de los consumidores. Los consumidores se consideran como las personas más próximas en el proceso de desarrollo y producción. Los consumidores o clientes son quienes tienen posicionado en su mente a la empresa y de un buen manejo de la imagen de ella depende que se mantenga o se deteriore.

Ventajas como la optimización de recursos, la reducción de costos y la mejora de la calidad del producto o servicio, vienen implícitas al aplicar un sistema de gestión medioambiental. [Cahill *et al.*, 2001; Clementes, 1997]

El sistema de gestión medioambiental es importante para la mejora de la parte administrativa de la institución, lo que ayuda a la mejora de la comunicación entre los diferentes departamentos de la institución y que las políticas de la institución

tengan consistencia y que puedan ser aplicables. La comunicación es importante entre todos los empleados de la institución para que se direccionen adecuadamente a sus actividades en beneficio de la institución. Con esto también existe la ventaja de una mejora de los sistemas de seguridad de la empresa. La salud ocupacional y la seguridad industrial son importantes para el buen desempeño de los empleados.

La capacitación es una buena herramienta dentro del sistema de gestión medioambiental, eso hace que todas las personas dentro de la institución tengan la información correcta acerca de sus funciones y de la interacción que deben tener con otras personas ya sea dentro de la empresa o fuera de ella. [Cahill *et al.*, 2001; Clementes, 1997; Romero, 2003].

La innovación y la actualización son también ventajas importantes dentro del sistema de gestión medioambiental. Los requerimientos de la sociedad cambian con el pasar de los años, por ello, una institución debe estar actualizada en los productos y servicios que brinda de tal forma que pueda seguir en el mercado por mucho tiempo. (Romero, 2003)

1.3.7. ELEMENTOS NECESARIOS PARA DESARROLLAR UN SISTEMA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

1.3.7.1. Fuerzas externas

Se pueden considerar tres fuerzas externas para el desarrollo de un sistema de gestión medioambiental.

La primera fuerza externa son las regulaciones vigentes. Las regulaciones pueden ser locales, estatales, comunitarias o internacionales y depende mucho de los objetivos de la institución a que reglamentación debe someterse.

La segunda fuente de preocupación son las demandas de los consumidores. Depende del producto o servicio que ofrezca la institución la forma de relacionarse con los consumidores o clientes. Es importante que los consumidores se sientan satisfechos con la institución y que la posicionen como una de las principales. (Clementes, 1997)

La tercera fuente de preocupación es la comunidad. Se debe tomar en cuenta que la comunidad es sensible a los cambios que se dan. Es importante que la empresa o institución mantenga una buena relación con la comunidad, para poder llevar sus proyectos de la forma adecuada, a su vez, es necesario concientizar a la comunidad para que sea participe de los proyectos existentes (UICN, 2004)

1.3.7.2. Procesos y clientes internos.

Los empleados y todos los procesos en una empresa, impulsan un sistema de gestión medioambiental ya que estos son sensibles a las regulaciones medioambientales. Se debe dar al empleado la seguridad adecuada y debe gozar de un ambiente de trabajo apropiado. Se deben evitar todo tipo de accidentes para lo que es necesario optimizar el uso del espacio y proveer al personal la equipo de protección adecuado y dar una capacitación para que los empleados de la empresa se desenvuelvan en el cuidado del medio ambiente. Los procesos que lleva a cabo la empresa deben ser los que mejor se adapten a las necesidades de la empresa y se debe realizar una revisión periódica de los mismos y cambiarlos o modificarlos si es necesario. [Clementes, 1997; Romero, 2003]

1.3.7.3. Marketing

El marketing es importante en cualquier empresa. Es necesario cuidar la imagen de una empresa o institución, lo que le hará posicionarse y ganarse la confianza de los clientes. Hoy en día la concientización de la gente, lleva consigo el cuidado del medio ambiente, por ello, es necesario que la institución brinde esta imagen lo

que se logra imagen con un sistema de gestión medioambiental. [Cahill *et al*, 2001, Clementes, 1997]

1.3.7.4. Mejora continua

Al implementar un sistema de gestión de calidad, se busca mejorar la calidad de los productos o servicios, para que la empresa tenga un mayor prestigio y logre posicionarse en el mercado como un referente de calidad. (Clementes, 1997)

1.3.8. BONOS DE CARBONO

El sistema de bonos de carbono es un mecanismo que se encuentra contemplado en el Protocolo de Kyoto, para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, sin embargo, existen todavía discusiones acerca de la eficiencia de este método, ya que se aduce que las empresas que los compran, están pagando el derecho a contaminar con la emisión de gases de efecto invernadero. [Counsell, Grubb, Laing y Willan, 2010; McKibben]

El sistema de bonos de carbono, busca beneficiar a las entidades que realicen un proyecto que reduzca las emisiones de gases de efecto invernadero, otorgándoles beneficios económicos a los que menos contaminen.

Las empresas contaminantes deben pagar una cantidad de dinero que les dé el derecho a emitir gases contaminantes, por lo tanto, un bono de carbono les otorga el privilegio de emitir una tonelada de CO₂ al ambiente. [Counsell *et al.*, 2010; Marland y Marland, 2009]

La institución encargada de entregar los bonos de carbono es la Organización de Naciones Unidas (ONU), que será la responsable de verificar que las empresas cumplan con los requisitos necesarios para poder acceder a los bonos. Los créditos también pueden ser comprados a las empresas que superen las metas

exigidas, dependiendo de la capacidad de negociación entre las dos partes. Generalmente, es más costosa la reducción de emisiones en los países industrializados que en los países subdesarrollados, por ello, los bonos de carbono representan un beneficio para los países pequeños. [Counsell *et al.*, 2010; Marland y Marland, 2009, McKibben, 2007].

2. PARTE EXPERIMENTAL

El análisis del ciclo de vida del aceite de piñón (*Jatropha curcas*) utilizado como combustible es parte del proyecto Energías Renovables para Galápagos (ERGAL), impulsado por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador (MEER).

ERGAL es un proyecto piloto cuyo objetivo es eliminar el consumo de combustibles fósiles en la producción de energía, destinada para las Islas Galápagos. Actualmente, se tienen datos preliminares y en un futuro pueden estar sujetos a cambios.

En este proyecto de titulación se realizó el análisis del ciclo de vida del aceite piñón en tres etapas principales:

- Identificación de los procesos que tienen un impacto ambiental significativo en el análisis del ciclo de vida del aceite de piñón utilizado como combustible
- Análisis del inventario de cada uno de los procesos identificados
- Determinación de la evaluación de los impactos ambientales

2.1. IDENTIFICACION DE LOS PROCESOS DESDE EL CULTIVO DE PIÑÓN HASTA SU USO COMO BIOCOMBUSTIBLE.

Para realizar esta etapa se empleó la metodología propuesta en la norma ISO 14044. En la figura 5 se puede observar un diagrama de los procesos simplificados de esta metodología.

Para llevar a cabo la identificación de los procesos se consideraron todas las actividades a realizarse en la obtención de aceite de piñón en una lista. Mediante un bosquejo se clasificaron como procesos y subprocesos tal como se puede observar en la figura 6.

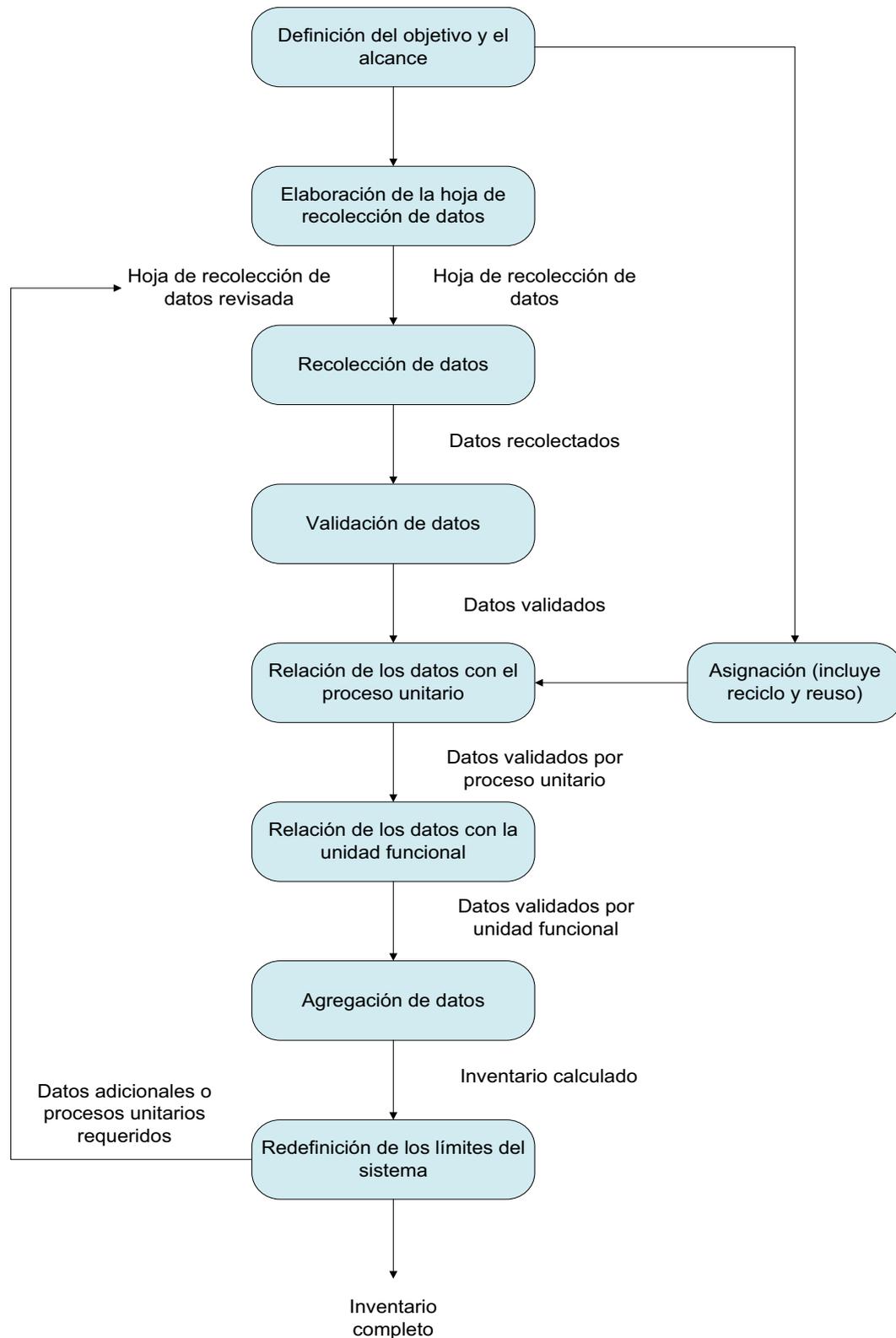


Figura 5. Pasos realizados para la identificación de los procesos en el análisis del ciclo de vida.
(ISO, 2006)

Se analizaron los datos proporcionados por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador (MEER).

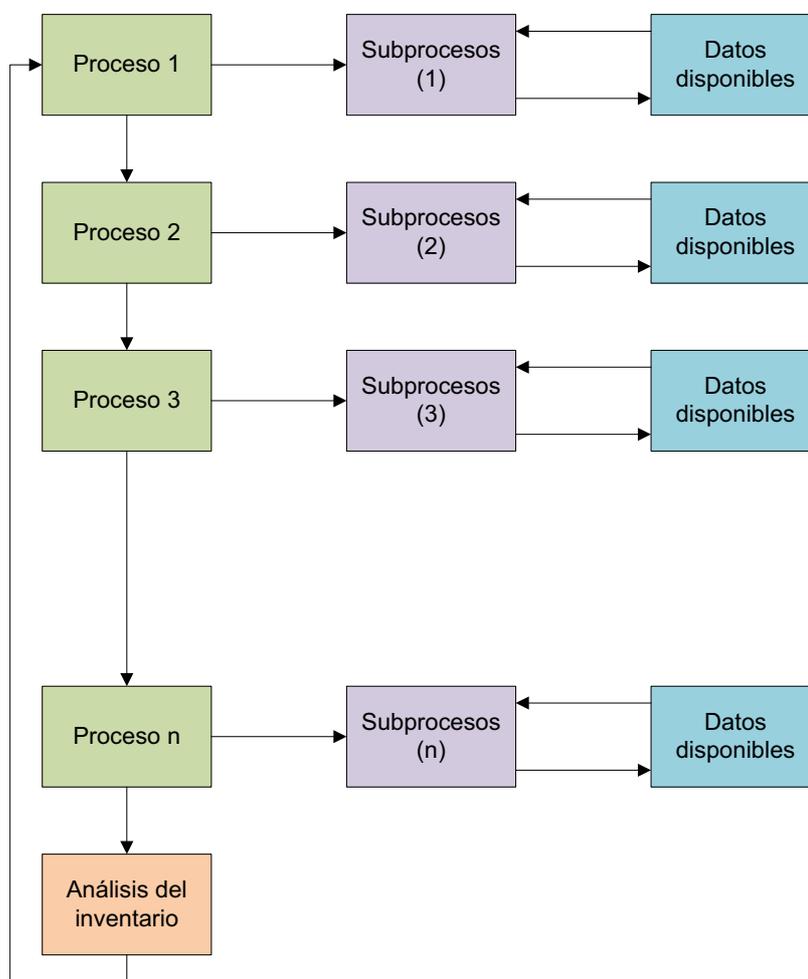


Figura 6. Identificación de procesos y subprocesos

Como se puede observar en la figura 6 con los subprocesos identificados se analizan los datos disponibles y viceversa, de tal forma que se descartaron algunos subprocesos que no afectaban significativamente al ciclo de vida global o los subprocesos en los que no se tenía datos disponibles o confiables. Con esto se realizó también un bosquejo del análisis del inventario, con lo que se procedió a revisar nuevamente los procesos y subprocesos, hasta que se obtuvo el análisis del inventario final.

Se elaboraron hojas de recolección de datos, que permitieron tener una visualización más amplia de los datos necesarios para cada proceso. Las hojas de recolección de datos se encuentran en el Anexo I de este documento.

Se procedió a llenar la hoja de recolección de datos con la información disponible. Se relacionaron los datos disponibles con el proceso unitario y posteriormente con la unidad funcional.

Para la validación de datos se consideraron los siguientes criterios:

- Confiabilidad de las fuentes
- Necesidad y utilidad de los datos

Si las fuentes de los datos no se consideraron confiables, los datos no fueron tomados en cuenta para los cálculos.

Algunos datos también fueron descartados cuando no se consideraron necesarios o se tenían previamente otros datos que ayudaban de manera adecuada al cálculo para el que pretendían ser utilizados.

La validación también implicó una revisión constante después de la realización del bosquejo del análisis del inventario, hasta que se obtuvo el análisis del inventario final.

Con la ayuda de la hoja de recolección de datos se pudieron conocer los datos faltantes. Para obtener estos datos, fue necesario utilizar fuentes de datos confiables ya existentes, diseños de ingeniería y estimaciones. Se completaron las hojas de recolección de datos y se revisaron nuevamente los procesos y subprocesos y se descartaron algunos. No fue necesaria una redefinición de los límites del sistema.

La unidad funcional se definió como la cantidad de combustible expresada en megajoules (MJ), que es necesaria para producir una hora de energía, con la consideración de uno de los grupos electrógenos que se va a instalar en las Islas Galápagos, si se sabe que cada grupo electrógeno consume aproximadamente

16 L/h de combustible. El cálculo de la unidad funcional para el aceite de piñón se encuentra en el Anexo VI de este documento.

2.2. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE CADA UNO DE LOS PROCESOS IDENTIFICADOS

2.2.1. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CULTIVO DE PIÑÓN

Con el fin de realizar este análisis se tomaron los datos del cultivo de piñón en Manabí proporcionados por el INIAP y el MEER.

Los datos utilizados fueron tomados de estudios realizados en cultivos de los años 2009 y 2010 por las entidades anteriormente mencionadas.

Los datos que se recolectaron para este análisis fueron:

- Distanciamiento entre plantas
- Población de plantas por kilómetro lineal
- Producción de semilla
- Cantidad de unidades de producción agropecuaria (UPAs) que poseen piñón
- Extensión promedio de las fincas
- Porcentaje de cáscara por semilla
- Fijación de CO₂ por la biomasa

La hoja de recolección de datos se encuentra en el Anexo I de este documento. A partir de estos datos se realizó el balance de masa de este proceso.

Para este proceso se consideraron las siguientes entradas y salidas que se pueden observar en la tabla 1:

Tabla 1. Entradas y salidas consideradas para el análisis del inventario del cultivo de piñón

ENTRADAS	Plantas de siembra	-----
SALIDAS	Semilla (sin cáscara)	Producto
	Cáscara	Subproducto

Con la fijación de CO₂ por la biomasa se pudo calcular la fijación de CO₂ por kilómetro de cerca durante la etapa de cultivo como se puede observar en el Anexo VI de este documento.

2.2.2. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL TRANSPORTE DE SEMILLAS DE PIÑÓN DESDE EL SITIO DE CULTIVO HASTA LAS PLANTAS PRODUCTORAS DE ACEITE

Para llevar a cabo este análisis fue necesario obtener datos de los sitios donde se encuentran los cultivos y las plantas extractoras de aceite. Estos datos fueron obtenidos mediante un análisis realizado por las entidades participantes, de los lugares que cumplen los requisitos para actuar como centros de acopio y/o plantas de extracción de aceite. Se despreciaron las distancias desde las fincas hasta los centros de acopio, por ser consideradas muy pequeñas y porque no se tenían datos certeros al respecto.

Para obtener el análisis del inventario final de este proceso se calcularon las necesidades de transporte.

Las necesidades de transporte se expresaron en toneladas por kilómetro (t km) y por kilogramo de aceite producido, para lo que fue necesario estimar el tonelaje de semilla por centro de acopio y la distancia en kilómetros que se deben recorrer para transportar la semilla desde el centro de acopio, hasta el centro de extracción más cercano.

Para estimar la cantidad de semilla se dividió el potencial de producción de piñón para la cantidad de centros de acopio como se puede observar en el Anexo VI de este documento.

Las distancias recorridas desde los centros de acopio hasta los centros de extracción se estimaron mediante el programa Google Maps Distance Calculator como se puede ver en el Anexo II de este documento. En el programa se encontraron algunos de los sitios buscados, sin embargo, para ubicar algunos sitios que no se encontraron directamente, fue necesario utilizar las coordenadas de latitud y longitud obtenidas de mapas de la provincia de Manabí del Instituto Geográfico Militar.

Los estudios de cultivo de piñón y extracción de aceite de piñón realizados han determinado que el proyecto requiera que se instale una planta de extracción de aceite en cada una de las tres zonas de Manabí: Norte, Centro y Sur. Las semillas serán transportadas a la planta de extracción más cercana. Los centros de acopio y las plantas extractoras de aceite se pueden observar en el Anexo III de este documento. De esta forma se estimaron las siguientes distancias:

Zona Norte:

- Convento – Boyacá
- San Isidro – Boyacá
- San Vicente – Boyacá
- Los Caras – Boyacá

Zona Centro:

- El Polvar – Montañita
- Tres charcos – Montañita
- Danzarín – Montañita
- Sarampión – Montañita
- Las balsas de miguelillo – Montañita
- San Miguel de Palo largo – Montañita

Zona Sur

- Agua amarga – Pozo de agua
- Sandia – Pozo de agua
- Jipijapa – Pozo de agua

- Guarango – Pozo de agua
- Sucre – Pozo de agua
- Noboa – Pozo de agua

Para estimar la energía primaria utilizada en el proceso, fue necesario obtener el tipo de transporte y el consumo promedio de combustible por km. Para transformar la energía fósil en energía primaria, se utilizó un índice de transformación con base en la eficiencia de las refinerías en el Ecuador en la producción del combustible como se puede ver en el Anexo IV de este documento. Estos datos fueron obtenidos de empresas auditoras ambientales. Se asumió que existen dos cosechas por año, debido a que no todas las semillas maduran al mismo tiempo.

Con todos estos datos se procedió a llenar la hoja de recolección de datos que se encuentra en el Anexo I de este documento.

La cuantificación de las emisiones de CO₂ al ambiente en este proceso se realizó a partir de datos conocidos de emisiones de motores con combustible diesel.

Los ejemplos de cálculo de la energía primaria y las emisiones de CO₂ al ambiente se encuentran en el Anexo V de este documento.

2.2.3. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE

Para el análisis del inventario de la extracción de aceite no fue posible obtener datos de las plantas extractoras, ya que todavía no se lleva a cabo la extracción. Además, el proyecto incluye la implementación de plantas extractoras de aceite de piñón.

Según la información proporcionada por el MEER, el método de extracción será mecánico, mediante el uso de expellers. La capacidad de producción de los expellers determinará la capacidad de producción de la planta. Se utilizaron datos de la producción de aceite por cantidad de semilla. Con estos datos se procedió a

realizar un balance de masa del proceso. Se consideraron aproximadamente dos cosechas por año en cada una de las diferentes zonas.

Para calcular la energía primaria necesaria se realizó una estimación de los equipos que necesita cada una de las plantas con el método de extracción que se pretende hacer. Se estimó la cantidad de energía eléctrica que consume cada uno de los equipos y para la transformación a energía primaria se utilizó un índice de transformación con base en la eficiencia de la generación eléctrica en el país. Los índices de transformación a energía primaria se pueden observar en el Anexo IV de este documento.

Las entradas y salidas de este proceso se pueden apreciar en la tabla 2.

Tabla 2. Entradas y salidas consideradas para el análisis del inventario de la extracción de aceite

ENTRADAS	Semilla (sin cáscara)	-----
SALIDAS	Aceite	Producto
	Torta de extracción	Subproducto

La hoja de recolección de datos de este proceso se encuentra en el Anexo I de este documento. La estimación de las necesidades de la planta se encuentra en el Anexo VI de este documento.

2.2.4. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL TRANSPORTE DEL ACEITE DESDE LAS PLANTAS DE EXTRACCIÓN HASTA LA PLANTA PRODUCTORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Para realizar este análisis, se obtuvieron datos de la localización de la planta de generación de energía eléctrica y los tipos de transporte que se van a utilizar.

Se calcularon las necesidades de transporte para este proceso.

Las necesidades de transporte se expresaron en tkm sobre kg de aceite, para lo que fue necesario obtener la cantidad de aceite producido en cada uno de los centros de extracción y las distancias de transporte. Las distancias de transporte terrestre se estimaron utilizando el programa Google Maps Distance Calculator.

Las distancias estimadas con el programa fueron:

- Boyacá – Guayaquil
- Montañita – Guayaquil
- Pozo de agua – Guayaquil

La estimación de distancias con el programa Google Maps Distance Calculator se encuentra en el Anexo II de este documento.

Las distancias de navegación se obtuvieron tomando con base en el trabajo presentado en el libro Derrotero publicado por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

Para el cálculo de las necesidades energéticas de este proceso se obtuvieron datos de la cantidad de combustible promedio consumida con cada una de las formas de transporte. El combustible utilizado es diesel.

Para la transformación a energía primaria se calculó un índice de transformación a energía primaria a partir de la eficiencia de la producción de los combustibles en el país. Los índices de transformación a energía primaria se encuentran en el Anexo IV.

El cálculo de las emisiones de CO₂ en el transporte del aceite se lo realizó con datos del consumo de combustible de los medios de transporte por kilómetro recorrido.

Ejemplos de cálculo de la energía primaria y las emisiones de CO₂ al ambiente se encuentran en el Anexo V de este documento.

2.2.5. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL USO FINAL DEL ACEITE DE PIÑÓN

Para realizar el análisis del inventario del uso final del combustible, se obtuvieron las características de los grupos electrógenos que van a ser usados para este propósito y con ello el consumo promedio de combustible en la producción de energía. Estos datos fueron proporcionados por el MEER.

Con datos bibliográficos se obtuvieron las emisiones de CO₂ al ambiente producidas por el aceite de piñón utilizado como combustible. Las entradas y salidas consideradas en este proceso se pueden observar en la tabla 3.

Tabla 3. Entradas y salidas consideradas para el análisis del inventario del uso final del aceite

ENTRADAS	Aceite de piñón
SALIDAS	Emisiones

2.3. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

En este análisis del ciclo de vida del aceite de piñón, no se utilizó el método de evaluación de impactos ambientales propuesto en la norma ISO 14044, porque esta no incluye los impactos socio - económicos que son muy importantes en la ejecución del proyecto.

Para realizar la evaluación de los impactos ambientales, se utilizaron matrices causa – efecto. Sin embargo, luego de realizar este análisis se pudo observar que era necesario un análisis más profundo, por lo que se realizó un análisis matricial, con el método de criterios relevantes integrados, que consiste en la valoración de impactos, mediante criterios considerados como los más importantes, para caracterizar un impacto.

Los impactos a valorar con el método de criterios relevantes integrados fueron los mismos que se identificaron en las matrices causa – efecto.

Con este método se caracterizaron los impactos de acuerdo con los siguientes criterios:

- *Carácter o signo (s)*: Para la caracterización de impactos con este criterio, se asignó a cada uno de los impactos un signo positivo si el impacto era benéfico y un signo negativo si el impacto era perjudicial.
- *Intensidad (In)*: De acuerdo con este criterio, se cuantificó la gravedad del impacto según las calificaciones de la tabla 4.

Tabla 4. Escala de valoración de intensidad de impactos

Intensidad baja	2
Intensidad media	5
Intensidad alta	10

- *Extensión (Ex)*: Con este criterio se valoró el alcance espacial que tiene el impacto sobre su entorno. Los valores asignados se encuentran en la tabla 5.

Tabla 5. Escala de valoración de la extensión de impactos

Puntual	2
Local	5
Regional	10

Puntual significa que el impacto abarca solamente una extensión pequeña. Para la evaluación de impacto ambiental de este proyecto, se tomó la extensión puntual como la planta y sus alrededores.

Local quiere decir que abarca un espacio de dimensión media. Para la evaluación de impacto ambiental en este proyecto la extensión local se tomó como las Islas Galápagos.

Regional quiere decir que abarca una extensión grande. En el proyecto se tomó la extensión regional la que supera los límites de las Islas Galápagos, es decir, el Ecuador continental.

- *Duración (Du)*: Con este criterio se valoró la persistencia del impacto en la escala temporal. La escala de valoración de este criterio se puede observar en la tabla 6.

Tabla 6. Escala de valoración de la duración de impactos

Corto plazo	2
Mediano plazo	5
Largo plazo	10

- *Reversibilidad (Ir)*: Con este criterio se evaluó la posibilidad que tiene el impacto de retornar a la situación inicial. La escala de valoración de este criterio, se puede apreciar en la tabla 7.

Tabla 7. Escala de valoración de la reversibilidad de impactos

Total	2
Parcial	5
Nula	10

Cuando se tiene la posibilidad total de retornar a la situación inicial, el impacto se considera como reversible o altamente reversible.

Cuando la posibilidad de retornar a la situación inicial es parcial, se considera al impacto como parcialmente reversible.

Si la posibilidad de retornar a la situación inicial es nula, el impacto es considerado como irreversible y por lo tanto adquiere el puntaje más alto.

- *Riesgo (R)*: Con este criterio se valoró la probabilidad de ocurrencia del impacto. La escala de valoración se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Escala de valoración del riesgo de impactos

Bajo	2
Medio	5
Alto	10

Una vez que fueron valorados los impactos de acuerdo con los criterios antes descritos, se calculó el índice de impacto ambiental (VIA) mediante las siguientes ecuaciones:

$$Mg = (In \times 0,50) + (Ex \times 0,30) + (Du \times 0,20) \quad [1]$$

$$VIA = (Mg \times 0,60) + (Ir \times 0,25) + (R \times 0,15) \quad [2]$$

Después del cálculo del VIA, los impactos se jerarquizaron según su criticidad de la siguiente manera:

Tabla 9. Escala de jerarquización de impactos de acuerdo al índice de impacto ambiental

VIA	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	BAJA			MEDIA		ALTA		MUY ALTA	
Cat	COMPATIBLE			MODERADO		SEVERO		CRÍTICO	

Donde:

C es la calificación que se le da al impacto

Cat es la categoría a la que pertenece el impacto

2.4. DETERMINACIÓN DE LAS VENTAJAS DEL ACEITE DE PIÑÓN EN COMPARACIÓN CON COMBUSTIBLES FÓSILES

Una vez que se realizaron las etapas anteriores, se comparó el proyecto a realizarse, con la realidad actual de la planta de producción de energía. El combustible utilizado en la producción de energía eléctrica en las Islas Galápagos es el diesel.

Los criterios que se consideraron para la determinación de ventajas fueron:

- Bonos de carbono
- Transporte de combustibles fósiles a las Islas
- Empleos generados en la provincia de Manabí

Los bonos de carbono que se pueden obtener con la realización de proyecto se estimaron con base en la disminución de las emisiones de CO₂.

El transporte de combustibles fósiles a las Islas se obtuvo a partir de datos proporcionados por el MEER y datos encontrados en el libro VII del régimen especial elaborado por el Instituto Nacional Galápagos.

Los empleos generados en la provincia de Manabí se obtuvieron a partir de datos proporcionados por el MEER.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DESDE EL CULTIVO DE PIÑÓN HASTA SU USO COMO BIOCOMBUSTIBLE

Previo a realizar el análisis del ciclo de vida del aceite de piñón se identificaron las etapas o procesos que pueden tener un impacto significativo. Se encontraron cinco etapas.

En la tabla 10 se pueden observar las etapas identificadas con sus respectivas características.

La primera etapa identificada fue el cultivo de piñón. Esta etapa es importante debido a que tiene un gran impacto social y económico, ya que, generará varias fuentes de trabajo para familias que se encuentran en la pobreza en la provincia de Manabí, debido a que el piñón no se vende para otros fines en el país.

Debido a que el piñón, para este proyecto, se cultiva como cercas vivas, en esta etapa se han descartado los procesos de fabricación y transporte de abonos, plaguicidas y semillas de siembra, debido a que los fertilizantes y plaguicidas usados en el agua de riego, son los necesarios para los cultivos que protege el piñón como cercas vivas.

El transporte de la semilla de siembra no se consideró porque la semilla a utilizarse se encuentra en los cultivos ya existentes.

Los límites geográficos se circunscriben a la provincia de Manabí, ya que en esta provincia existen tierras marginales, que sirven para el cultivo del piñón.

La segunda etapa identificada es el transporte de la semilla desde los sitios de cultivo hasta la plantas de extracción de aceite. En esta etapa se han excluido el transporte desde las fincas hasta los centros de acopio, por que las distancias de las fincas a los centros de acopio, son distancias de metros, mientras que las

distancias desde los centros de acopio a las plantas extractoras de aceite representan cantidades de kilómetros. El transporte de semillas también está limitado a la provincia de Manabí, debido a que los centros de acopio y los centros de extracción de aceite serán instalados en esta provincia.

Tabla 10. Etapas que tienen un impacto ambiental significativo

Proceso	Etapas excluidas del análisis	Límites geográficos de las etapas	Fuentes de datos	Productos o servicios	Subproductos
1. Cultivo del piñón	Fabricación y transporte de abonos, herbicidas, semilla de siembra. Emisiones de N ₂ O desde el suelo agrícola.	Provincia de Manabí (Ecuador)	INIAP – MEER – Consultas bibliográficas	Semilla de piñón	Cáscara de la semilla de piñón
2. Transporte de la semilla hasta las plantas de extracción	Transporte desde cada una de las fincas hasta los centros de acopio.	Provincia de Manabí (Ecuador)	INIAP – MEER – Diseños y estimaciones de ingeniería – consultas bibliográficas	-----	-----
3. Extracción de aceite	-----	Provincia de Manabí (Ecuador)	MEER – Diseños y estimaciones de ingeniería – consultas bibliográficas	Aceite de piñón	Torta de la extracción
4. Transporte del aceite piñón hasta la planta de producción de energía	Distancias terrestres pequeñas	Ecuador	MEER – Diseños y estimaciones de ingeniería – consultas bibliográficas	-----	-----
5. Uso final del combustible	Fabricación de los grupos electrógenos	Galápagos - Ecuador	MEER – Diseños y estimaciones de ingeniería – consultas bibliográficas	Energía eléctrica	-----

La tercera etapa identificada es la extracción de aceite de piñón. Esta etapa es importante, porque se trata de la obtención del combustible que se utilizará en los grupos electrógenos para la producción de energía. Como no se han realizado extracciones continuas de aceite a gran escala, solamente se han obtenido datos preliminares, sin embargo, fue posible hacer una valoración de esta etapa. Los

centros de extracción se ubicarán en Manabí, por lo tanto, los límites geográficos de esta etapa se circunscriben a esta provincia.

La cuarta etapa identificada es el transporte del aceite de piñón, desde las plantas extractoras de aceite hasta la planta de producción de energía en las Islas Galápagos. La importancia de esta etapa radica en la eliminación de transporte de combustibles fósiles hacia las Islas Galápagos, debido a que el transporte de estos combustibles ha causado muchos problemas de derrames contaminantes, que son perjudiciales para la vida animal y vegetal en las Islas. En este caso el aceite es biodegradable. Los límites de esta etapa se extienden al Ecuador ya que el transporte se hace primeramente desde la provincia de Manabí hasta el puerto de Guayaquil por vía terrestre y luego, por vía marítima, el aceite se transportará hacia las Islas Galápagos. Las distancias terrestres en las Islas, se han despreciado, porque son muy pequeñas en relación con las distancias recorridas por el aceite.

La quinta etapa identificada es el uso final del combustible. Esta etapa es muy importante, ya que, constituye el objetivo principal del proyecto que es suprimir el uso de diesel en la producción de energía eléctrica para Galápagos. Los límites de esta etapa constituyen las Islas Galápagos, ya que la producción de energía será para la región Insular. Se ha descartado la fabricación de los grupos electrógenos ya que estos se construyen en países extranjeros y no afecta significativamente al proceso.

La unidad funcional es importante para la comparación entre sistemas, es decir, si se requiere hacer un ACV con otro combustible, que sea utilizado para el mismo fin, los dos sistemas deberán estar sobre una base común que en este caso es la unidad funcional.

La unidad funcional que se ha elegido es la cantidad de combustible expresada en MJ del combustible, que es necesaria para que un grupo electrógeno produzca una hora de energía. Para el caso del aceite de piñón la unidad funcional es 603,2 MJ.

3.2. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE CADA UNO DE LOS PROCESOS IDENTIFICADOS

3.2.1. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CULTIVO DE PIÑÓN

En el proceso del cultivo de piñón que se lleva a cabo en la provincia de Manabí, se cuantificaron las salidas de la semilla pelada y limpia que es la que se necesita para la producción de aceite. Durante esta etapa se realiza el descascarado del fruto y de la semilla. Las semillas se secan al sol antes de ser almacenadas y vendidas. La cáscara representa un 30% de su peso, por lo que se puede convertir en un subproducto que tenga un uso específico. Debido a que se trata de cercas vivas, es pertinente cuantificar las salidas por kilómetro lineal. La tabla 11 indica la cuantificación de las salidas de este proceso.

Tabla 11. Cuantificación de las salidas del proceso de cultivo de piñón

Producción de semilla sin cáscara (kg/km)	Producción de cáscara (kg/km)
247,1	105,9

En el análisis del inventario de este proceso también se incluyó la fijación de CO₂ por la biomasa, ya que es un dato preliminar para el cálculo de los bonos de carbono. Los cultivos de piñón ayudan a fijar CO₂, y reducen así las emisiones al medioambiente. La fijación de CO₂ por la biomasa en el proceso de cultivo es de 4 t/km. Los cálculos correspondientes a esta etapa se pueden ver en el Anexo VI de este documento.

3.2.2. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL TRANSPORTE DE SEMILLAS DE PIÑÓN DESDE EL SITIO DE CULTIVO HASTA LAS PLANTAS PRODUCTORAS DE ACEITE.

Se contabilizaron las necesidades de transporte en t km/kg de aceite y el consumo de energía primaria en MJ/kg de aceite. El transporte a utilizarse es un

camión de 18 t de carga nominal. Se estima que hay dos cosechas por año, por lo que el kilometraje recorrido por el camión es el doble del estimado, con lo cual se aumenta el consumo de la energía primaria. La energía primaria es la que se contabilizó porque es la energía que realmente se utiliza en el proceso, ya que los rendimientos de producción de combustibles no son del 100%. Los índices de transformación a energía primaria se encuentran en el Anexo IV de este documento. Las necesidades de transporte y el consumo de energía primaria se pueden observar en la tabla 12.

Tabla 12. Necesidades de transporte y consumo de energía primaria en el proceso de transporte de semilla.

Mercancía a transportarse	Modo de transporte	Necesidades de transporte (tkm/kg aceite)	Consumo de energía primaria (MJ/kg aceite)
Semillas de piñón	Camión 18 t	0,13	0,12

Las emisiones de CO₂ a la atmósfera de esta etapa se incluyeron en este análisis para el cálculo posterior de los bonos de carbono que pueden obtenerse con el proyecto.

Las emisiones de CO₂ a la atmósfera se estimaron en $1,4 \times 10^{-6}$ t/kg aceite. Esto va a servir para el cálculo de bonos de carbono que pueden obtenerse al llevar a cabo el proyecto. Los cálculos realizados en esta etapa, se pueden observar en el Anexo V de este documento.

3.2.3. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE

En el análisis del inventario de la extracción de aceite, se cuantificaron los consumos de la materia prima, la generación de subproductos y la energía consumida. En este caso la única materia prima utilizada es la semilla del piñón debido a que el aceite es extraído por el método mecánico con el uso de expellers. La totalidad de la semilla de piñón cultivada en la provincia de Manabí va a ser utilizada para la producción del aceite.

Para este proyecto, se planea la instalación de tres plantas extractoras de aceite para la producción de aceite de piñón, por lo que, el consumo energético corresponde a la suma de los consumos energéticos de las tres plantas.

La energía eléctrica no fue considerada como energía primaria, por lo tanto, fue necesario obtener un índice de transformación para la cuantificación de la energía primaria, Los índices de transformación a energía primaria se encuentran en el Anexo IV de este documento.

En la tabla 13 se observa el consumo de materias primas, la generación de subproductos y el consumo de energía primaria de esta etapa.

Tabla 13. Consumo de materias primas, generación de subproductos y consumo de energía primaria en el proceso de extracción de aceite

Consumo de semilla (kg/kg aceite)	Generación de torta de extracción (kg/kg aceite)	Consumo de energía primaria (MJ/kg aceite)
4	3	1,2

No se cuantificaron emisiones de CO₂ a la atmósfera durante esta etapa debido a que los equipos utilizan motores eléctricos, que no emiten gases contaminantes.

3.2.4. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL TRANSPORTE DEL ACEITE DESDE LAS PLANTAS DE EXTRACCIÓN HASTA LA PLANTA PRODUCTORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

El aceite de piñón producido se transporta desde los centros de extracción hasta el puerto de Guayaquil. A partir de este puerto el aceite de piñón es transportado en barcos de transporte de alimentos hasta el Puerto Baquerizo Moreno en la Isla San Cristóbal desde donde es transportada hacia la Isla Floreana.

Para calcular el consumo de energía primaria se obtuvo un índice con el rendimiento promedio de las refinerías en Ecuador. En el país, debido a que se

tienen bajos rendimientos en las refinerías, el consumo de energía primaria aumenta. Se ha estimado que el transporte de aceite se hace dos meses por año.

En la tabla 14 se puede apreciar las necesidades de transporte y el consumo de energía primaria para los dos medios de transporte.

Tabla 14. Necesidades de transporte y consumo de energía primaria en el transporte del aceite de piñón.

Mercancía a transportarse	Modo de transporte	Necesidades de transporte (tkm/kg aceite)	Consumo de Energía primaria (MJ/kg aceite)
Aceite de piñón	Camión 18 t	0,3	$2,5 \times 10^{-2}$
	Barco	1,8	$3,1 \times 10^{-2}$

Las emisiones de CO₂ al ambiente por kilogramo de aceite producido se pueden observar en la tabla 15.

Tabla 15. Emisiones de CO₂ al ambiente durante el transporte del aceite de piñón

Medio de transporte	Emisiones de CO ₂ al ambiente (t/kg aceite)
Camión 18 t	2×10^{-6}
Barco	$3,9 \times 10^{-4}$

Las emisiones de CO₂ al ambiente que produce el camión de 18 toneladas son más pequeñas que las emisiones que causa el transporte en el barco de alimentos. Estas emisiones sirven para el cálculo de los bonos de carbono que se pueden obtener al llevar a cabo el proyecto. Los cálculos referentes a esta parte se pueden observar en el Anexo V de este documento.

3.2.5. ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL USO FINAL DEL COMBUSTIBLE

El análisis del inventario del uso final del combustible se realizó con las características de los grupos electrógenos que se van a utilizar para la producción de energía en las Islas Galápagos. En la tabla 16 se observan las características

de los grupos electrógenos que van a utilizarse. Los grupos electrógenos funcionan con aceite puro de piñón, sin embargo, en caso de ausencia del aceite de piñón el motor está acoplado para trabajar con diesel.

Tabla 16. Características de los grupos electrógenos

Capacidad de generación	70kW
Voltaje de generación	480 V
Frecuencia	60 Hz
Factor de potencia	0,8
Consumo promedio de combustible	16 L/h

No se han realizado pruebas suficientes con los grupos electrógenos para determinar las emisiones de CO₂ al ambiente, al utilizar aceite de piñón como combustible, sin embargo, en bibliografía se estima que 1 t de aceite de *jatropha curcas*, utilizada para la producción de energía, reduce 4 t de CO₂ emitido al ambiente. Con este dato se va a calcularon los créditos de carbono que se pueden obtener por la realización del proyecto. Los cálculos realizados se pueden apreciar en el Anexo VI de este documento.

3.3. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

La evaluación de los impactos ambientales se llevó a cabo mediante una matriz causa – efecto. Con esta matriz se identificaron los impactos potenciales que tiene el proyecto y su efecto sobre el medio ya sea físico, biológico o socio - económico. Cada etapa del proyecto ha sido dividida en fases de construcción, ejecución y cierre. La matriz causa – efecto simple se observa en la tabla 17.

En esta matriz se identifican los impactos potenciales que tiene el proyecto, así como, el medio al que afecta dicho impacto.

La etapa de cultivo de piñón se realizará en su totalidad en la fase de ejecución del proyecto. No se deben realizar adecuaciones ya que las fincas se encuentran

funcionando actualmente y ya tienen piñón que lo usan como cercas vivas. Hasta que la semilla llegue a los centros de acopio, todo el proceso estará a cargo de la gente que trabaja en las fincas.

En la etapa de cultivo y obtención de la semilla, se identificaron los siguientes impactos potenciales: siembra de piñón, cosecha del piñón cultivado, descascarado y pelado de las semillas de piñón, acopio y almacenamiento de semillas.

El impacto que produce la siembra de piñón afecta al medio físico, debido a que, ejerce influencia sobre el suelo de cultivo y a su vez el cultivo mejora la calidad del aire, debido a la fijación de CO₂ por la biomasa. El medio biológico se ve afectado, debido a que la ocupación del espacio podría emplearse para la siembra de otros cultivos potenciales, propios de la provincia de Manabí. La influencia al medio socio-económico, se puede observar principalmente en las fuentes de trabajo generadas para las familias propietarias de las fincas.

La cosecha del piñón afecta principalmente al medio socio – económico, porque genera fuentes de trabajo para los propietarios de las fincas y sus trabajadores.

En el descascarado de las semillas se produce la cáscara de la semilla del piñón. La cáscara de la semilla de piñón después de un proceso sencillo de molienda, puede ser utilizada como fertilizante. Esto ejerce influencia sobre el medio socio - económico, ya que el uso de la cáscara de la semilla, puede generar mayores ingresos económicos a las familias.

El acopio de la semilla se realizará en los centros de acopio cercanos a las fincas. Una vez que la semilla se encuentre pelada, las semillas se venden y pasan a los centros de acopio que se han cumplido con las condiciones adecuadas para el almacenamiento y acopio de las semillas.

La etapa del transporte de las semillas se la realiza solamente durante la etapa de ejecución del proyecto.

El transporte de las semillas genera trabajo aproximadamente dos veces por año, lo que tiene una influencia sobre el medio socio – económico. La generación de emisiones por el transporte, afecta al medio físico que en este caso es la calidad del aire.

La etapa de extracción del aceite ha sido dividida en las fases de construcción, ejecución y cierre.

La fase de construcción comprende la adecuación de obras civiles y el transporte de equipos y maquinaria hacia la planta de extracción. Aunque los lugares aprobados para funcionar como plantas de extracción de aceite cumplen con las condiciones adecuadas, es necesario realizar ciertas adecuaciones para los equipos que van a funcionar.

Las obras civiles para la adecuación de los centros de extracción, afectan durante la construcción al medio físico al producir cierta cantidad de contaminación. Este impacto también genera empleo durante un periodo de tiempo, y afecta al medio socio – económico.

El transporte de la maquinaria y el equipo para los centros de extracción produce emisiones que afectan la calidad del aire, es decir, al medio físico y genera trabajo para los transportistas de carga pesada, lo que indica una influencia sobre el medio socio-económico.

La fase de ejecución del proyecto en esta etapa se ve influida por la recepción y almacenamiento de las semillas en las plantas extractoras de aceite, la operación de las plantas y el mantenimiento de las mismas.

La recepción de las semillas en los centros de acopio y en las plantas de extracción de aceite, supone un impacto pequeño en el medio socio – económico porque ya existe una selección de los lugares adecuados en asociaciones agropecuarias ya existentes.

Durante el proceso de extracción se produce la torta de extracción que, debido a su alto contenido de nitrógeno, se puede usar como biofertilizante, lo que evita que sea un desecho y genera más ingresos para el proyecto, por lo que puede influir al medio socio – económico.

El mantenimiento de las plantas de extracción y de sus obras civiles constituye una influencia sobre el medio socio – económico porque genera puestos de trabajo para los trabajadores de la planta y personal que pudiera ser contratado temporalmente.

El desmontaje de las plantas de extracción y de las obras civiles afecta al medio físico por contaminación de los desechos producidos y, en este caso, también afectan al medio socio – económico, ya que, restaría fuentes de trabajo que se generaron previamente. Este impacto afecta también al medio físico, por la contaminación que pueden producir los desechos del desmontaje de la planta.

El cierre definitivo de las plantas tiene una gran influencia en el medio socio – económico por la pérdida de trabajo de la gente que trabajaba en las plantas de extracción.

La etapa del transporte del aceite de piñón se realiza solamente durante la ejecución del proyecto.

El transporte del aceite de piñón a la planta generadora de energía produce algunas fuentes de trabajo temporales, lo que influye en el medio socio – económico. La generación de emisiones por el transporte es un impacto potencial que afecta a la calidad del aire que constituye el medio físico, y dado que Galápagos es una provincia con muchas especies de flora y fauna, se considera también que este es un impacto, aunque de baja intensidad, en el medio biológico.

Tabla 17. Matriz causa – efecto para la evaluación de impactos ambientales

Etapa	Fase	Impacto	Medio		
			Físico	Biológico	Socio - económico
Cultivo de piñón	Fase de ejecución	Siembra de piñón.	x	x	x
		Cosecha del piñón cultivado.			x
		Descascarado y pelado de las semillas de piñón.			x
		Acopio y almacenamiento de las semillas.			x
Transporte de las semillas hasta las plantas de extracción de aceite.	Fase de ejecución	Transporte de las semillas	x		x
Extracción del aceite de piñón	Fase de construcción	Obras civiles de adecuación de las plantas de extracción de aceite de piñón.	x		x
		Transporte de equipos y maquinaria hacia las plantas de extracción.	x		x
	Fase de ejecución	Recepción y almacenamiento de las semillas en las plantas extractoras de aceite.			x
		Operación de las plantas extractoras de aceite.	x		x
		Mantenimiento de las plantas de extracción y obras civiles.	x		x
	Fase de cierre	Desmontaje de las plantas y de obras civiles.	x		x
		Cierre definitivo de las plantas de extracción			x
	Transporte de aceite de piñón a la planta productora de energía	Fase de ejecución	Transporte de aceite	x	x
Uso final del aceite de piñón	Fase de construcción	Adecuación del lugar con construcción de obras civiles.	x	x	x
		Transporte de grupos electrógenos hacia las Islas Galápagos.	x	x	x
	Fase de ejecución	Operación de la planta de generación de electricidad.	x	x	x
		Mantenimiento de la planta y obras civiles	x	x	x
	Fase de cierre	Desmontaje de la planta y obras civiles	x	x	x
		Cierre definitivo de la planta.			x

La etapa que constituye el uso final del aceite ha sido dividida en las fases de construcción, ejecución y cierre.

Durante la fase de construcción se han identificado impactos potenciales en la adecuación de la planta con obras civiles y el transporte de la maquinaria y equipos a la Isla Floreana.

La adecuación del lugar de construcción para la planta generadora de energía constituye un impacto potencial que afecta los tres medios. Al medio físico por la producción de emisiones y desechos que contaminan el ambiente, al medio biológico porque afecta a la flora y a la fauna de esta región, sin embargo, no se considera un impacto demasiado grande, ya que, las obras civiles no se realizan en un lugar donde existe una población importante de especies. El medio socio – económico se ve afectado principalmente por la generación de empleo temporal.

El transporte de los grupos electrógenos desde Ecuador continental hacia las Islas Galápagos también constituye una influencia sobre los medios físico, biológico y socio – económico, por las emisiones a la atmósfera, la influencia sobre la flora y la fauna y la generación de empleo respectivamente.

En la fase de ejecución de esta etapa se han considerado como impactos potenciales la operación de la planta y el mantenimiento de la misma.

La operación de la planta generadora de electricidad es el impacto más importante durante este estudio, que afecta significativamente al medio físico por los niveles de ruido, mejora la calidad del aire por la reducción de emisiones a la atmósfera y reduce la generación de desechos sólidos y líquidos. El medio biológico también puede verse afectado positivamente con la operación de los grupos electrógenos.

El mantenimiento de la planta de generación de electricidad tiene un impacto en el medio socio – económico por la generación de fuentes temporales de trabajo y en

el medio físico y biológico debido a que puede haber cierta contaminación durante esta etapa.

La fase de cierre de esta etapa se ve influenciada por el desmontaje de la planta y obras civiles y el cierre definitivo de la planta.

El desmontaje de la planta y las obras civiles tienen un impacto significativo en medio físico y biológico debido a que los desechos que se producen deben ser transportados al Ecuador continental, lo que puede significar un aumento de las emisiones y contaminación. Además, afecta al medio socio – económico por el cese de las funciones de los trabajadores y la generación, aunque menor, de trabajo por el desmontaje.

El cierre definitivo de la planta tiene una influencia sobre el medio socio – económico que afecta a las personas que trabajan en la planta de generación de energía, además que se supone la búsqueda de otras alternativas de producción de energía para las Islas.

El cierre de esta planta afectaría significativamente a las otras etapas del proceso ya que en Manabí deberían buscarse otros fines para la gente que trabaja en el proyecto, ya que, el aceite de piñón debería usarse con otros fines o en todo caso dejar de usarse lo que afectaría significativamente por la pérdida de empleos que se habían generado previamente.

La matriz causa - efecto no es suficiente en este caso para la evaluación de los impactos ambientales, en este caso, se realizó un análisis matricial con el método de los criterios relevantes integrados.

La matriz de carácter o signo se encuentra en la tabla 18. Esta matriz indica si el impacto es positivo o negativo. Si el impacto es positivo, se colocó el valor +1, si el impacto es negativo se colocó el valor -1, si no existe impacto se ha colocado el 0 en la casilla correspondiente.

Se puede observar claramente que la realización del proyecto incluye una serie de impactos positivos para el medio socio – económico, debido a los empleos que se generan desde la etapa de cultivo, hasta el funcionamiento de la planta generadora de energía en Galápagos.

La mayor cantidad de impactos negativos que se producen son sobre el medio físico, generalmente, esto se da por la calidad del aire debido a las emisiones o por contaminación que pueden producir los desechos de los procesos.

El transporte de maquinaria y las semillas también implican un impacto negativo, ya que, los medios de transporte producen emisiones de CO₂, lo que afecta al medio ambiente.

Durante la operación de la planta generadora de energía, al utilizar aceite de piñón como combustible, tiene como efecto la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, que mejora la calidad del aire.

Se puede observar también que no se consideran los impactos al medio biológico durante las etapas que se realizan exclusivamente en la provincia de Manabí.

Estos impactos no son considerados principalmente porque en esta provincia no se encuentran especies de animales o plantas que se vean afectadas por la realización de estos trabajos y además que estos lugares se encuentran previamente destinados para otras actividades, lo que hace que el impacto ambiental no sea perceptible.

La siembra de piñón afecta al medio biológico, debido a que se podrían eventualmente utilizar las cercas vivas para otros cultivos.

En la Región Insular el medio biológico se ve afectado porque existen especies endémicas y en peligro de extinción.

Tabla 18. Matriz de carácter de impactos ambientales

Etapa	Fase	Impacto	Medio		
			Físico	Biológico	Socio - económico
Cultivo de piñón	Fase de ejecución	Siembra de piñón.	+1	-1	+1
		Cosecha del piñón cultivado.	0	0	+1
		Descascarado y pelado de las semillas de piñón.	0	0	+1
		Acopio y almacenamiento de las semillas.	0	0	-1
Transporte de las semillas hasta las plantas de extracción de aceite.	Fase de ejecución	Transporte de las semillas	-1	0	+1
Extracción del aceite de piñón	Fase de construcción	Obras civiles de adecuación de las plantas de extracción de aceite de piñón.	-1	0	+1
		Transporte de equipos y maquinaria hacia las plantas de extracción.	-1	0	+1
	Fase de ejecución	Recepción y almacenamiento de las semillas en las plantas extractoras de aceite.	0	0	-1
		Operación de las plantas extractoras de aceite.	-1	0	+1
		Mantenimiento de las plantas de extracción y obras civiles.	-1	0	+1
	Fase de cierre	Desmontaje de las plantas y de obras civiles.	-1	0	-1
		Cierre definitivo de las plantas de extracción	0	0	-1
Transporte de aceite de piñón a la planta productora de energía	Fase de ejecución	Transporte de aceite	-1	-1	+1
Uso final del aceite de piñón	Fase de construcción	Adecuación del lugar con construcción de obras civiles.	-1	-1	+1
		Transporte de grupos electrógenos hacia las Islas Galápagos.	-1	-1	+1
	Fase de ejecución	Operación de la planta de generación de electricidad.	+1	+1	+1
		Mantenimiento de la planta y obras civiles	-1	-1	+1
	Fase de cierre	Desmontaje de la planta y obras civiles	-1	-1	-1
		Cierre definitivo de la planta.	0	0	-1

En la tabla 19 se encuentra la matriz de intensidad de los impactos. Se puede observar que los impactos sobre el medio socio – económico que tienen una intensidad alta, son las actividades que se relacionan con las fuentes de empleo y las que presentan la intensidad más alta, son las actividades agrícolas. Esto se debe a que el piñón que se encuentra en la Provincia de Manabí no se le daba ningún uso, sin embargo, con el proyecto algunas familias saldrán de la pobreza.

Los impactos que se producen en el medio biológico en la Región Insular, no tienen una intensidad alta, ya que, las especies protegidas no se encuentran en los alrededores, además, las instalaciones de la planta ya existen previamente para la generación de energía, que utiliza diesel como combustible.

Se observa también que el funcionamiento de la planta extractora de aceite es el impacto que posee la intensidad más alta en todos los medios ya que es el impacto determinante del proyecto donde se sustituye el diesel, que es el combustible que se utiliza actualmente en la generación de energía por el aceite de piñón.

La fase de cierre en las etapas de extracción de aceite y de uso final del aceite presenta impactos altos sobre el medio socio – económico, esto se debe a que los empleos generados en las diferentes etapas crean una cadena. Si las plantas de extracción de aceite y producción de energías se llegaren a cerrar, los productores de piñón deberán buscar otro nicho de mercado para poder vender o caso contrario ya no percibirán ingresos por la venta de piñón. Además que se pierden los empleos de las personas que trabajan en las plantas.

En la tabla 20 se encuentra la matriz de extensión de los impactos. En esta se observa que la mayor extensión de los impactos se da en el medio socio – económico, principalmente por la generación de empleos en Manabí, y los empleos temporales de transporte y construcción de las plantas.

Tabla 19. Matriz de intensidad de impactos

Etapa	Fase	Impacto	Medio		
			Físico	Biológico	Socio - económico
Cultivo de piñón	Fase de ejecución	Siembra de piñón.	5	2	10
		Cosecha del piñón cultivado.	0	0	10
		Descascarado y pelado de las semillas de piñón.	0	0	5
		Acopio y almacenamiento de las semillas.	0	0	5
Transporte de las semillas hasta las plantas de extracción de aceite.	Fase de ejecución	Transporte de las semillas	2	0	2
Extracción del aceite de piñón	Fase de construcción	Obras civiles de adecuación de las plantas de extracción de aceite de piñón.	2	0	5
		Transporte de equipos y maquinaria hacia las plantas de extracción.	2	0	2
	Fase de ejecución	Recepción y almacenamiento de las semillas en las plantas extractoras de aceite.	0	0	2
		Operación de las plantas extractoras de aceite.	5	0	10
		Mantenimiento de las plantas de extracción y obras civiles.	2	0	2
	Fase de cierre	Desmontaje de las plantas y de obras civiles.	5	0	10
		Cierre definitivo de las plantas de extracción	0	0	10
Transporte de aceite de piñón a la planta productora de energía	Fase de ejecución	Transporte de aceite	2	2	2
Uso final del aceite de piñón	Fase de construcción	Adecuación del lugar con construcción de obras civiles.	2	2	2
		Transporte de grupos electrógenos hacia las Islas Galápagos.	2	2	2
	Fase de ejecución	Operación de la planta de generación de electricidad.	10	5	10
		Mantenimiento de la planta y obras civiles	2	2	2
	Fase de cierre	Desmontaje de la planta y obras civiles	5	2	10
		Cierre definitivo de la planta.	0	0	10

Tabla 20. Matriz de extensión de impactos

Etapa	Fase	Impacto	Medio		
			Físico	Biológico	Socio - económico
Cultivo de piñón	Fase de ejecución	Siembra de piñón.	2	2	5
		Cosecha del piñón cultivado.	0	0	5
		Descascarado y pelado de las semillas de piñón.	0	0	5
		Acopio y almacenamiento de las semillas.	0	0	2
Transporte de las semillas hasta las plantas de extracción de aceite.	Fase de ejecución	Transporte de las semillas	5	0	5
Extracción del aceite de piñón	Fase de construcción	Obras civiles de adecuación de las plantas de extracción de aceite de piñón.	2	0	10
		Transporte de equipos y maquinaria hacia las plantas de extracción.	10	0	10
	Fase de ejecución	Recepción y almacenamiento de las semillas en las plantas extractoras de aceite.	0	0	2
		Operación de las plantas extractoras de aceite.	5	0	5
		Mantenimiento de las plantas de extracción y obras civiles.	2	0	5
	Fase de cierre	Desmontaje de las plantas y de obras civiles.	5	0	5
		Cierre definitivo de las plantas de extracción	0	0	5
	Transporte de aceite de piñón a la planta productora de energía	Fase de ejecución	Transporte de aceite	10	10
Uso final del aceite de piñón	Fase de construcción	Adecuación del lugar con construcción de obras civiles.	2	2	10
		Transporte de grupos electrógenos hacia las Islas Galápagos.	10	10	10
	Fase de ejecución	Operación de la planta de generación de electricidad.	10	10	10
		Mantenimiento de la planta y obras civiles	2	2	5
	Fase de cierre	Desmontaje de la planta y obras civiles	10	10	5
		Cierre definitivo de la planta.	0	0	5

Las etapas de cultivo, transporte de semillas y extracción del aceite se limitan a esta provincia por lo que tienen una extensión baja en relación al transporte del aceite y el uso final del combustible que abarcan una extensión mucho mayor, que incluyen al Ecuador continental e Insular.

El transporte del aceite y de los grupos electrógenos poseen un impacto con una gran extensión sobre el medio físico, biológico y socio - económico, esto se debe a que el transporte se realiza desde el Ecuador continental hacia las Islas Galápagos por lo que abarcan un amplio espacio terrestre y marítimo.

El eventual desmontaje de la planta de producción de energía y obras civiles también tiene una gran extensión sobre los medios físico y biológico porque esto incluye el regreso de los restos de los grupos electrógenos y de los desechos que no pueden ser confinados en las Islas hacia el Ecuador Continental, por lo que abarca también una gran cantidad de espacio marítimo y terrestre.

La adecuación de las obras civiles en las plantas de extracción de aceite y la planta productora de energía constituyen un impacto que presenta una extensión baja, esto se debe a que, los lugares están muy bien adecuados para el fin, por lo que las adecuaciones serán muy pequeñas y se puede emplear a personas locales. Por el contrario, en la misma fase de construcción, el transporte de equipos a las plantas extractoras de aceite y a la planta productora de energía, presentan un extensión amplia debido a que en el transporte se abarca territorio que no se limita solamente a la provincia, sino a varias partes del país.

La tabla 21 constituye la matriz de duración de los impactos.

Los impactos que presentan una mayor duración son la siembra de piñón y la operación de la planta generadora de energía en todos los medios. Esto se debe a que la siembra del piñón se debe realizar constantemente para lograr abastecer la demanda de energía en la Isla Floreana y la planta operará todos los días por un promedio de 12 h. La operación de las plantas extractoras de aceite también tiene un impacto alto porque tiene que operar de acuerdo con la cosecha de las semillas.

Tabla 21. Matriz de duración de impactos

Etapa	Fase	Impacto	Medio		
			Físico	Biológico	Socio - económico
Cultivo de piñón	Fase de ejecución	Siembra de piñón.	10	10	10
		Cosecha del piñón cultivado.	0	0	10
		Descascarado y pelado de las semillas de piñón.	0	0	10
		Acopio y almacenamiento de las semillas.	0	0	5
Transporte de las semillas hasta las plantas de extracción de aceite.	Fase de ejecución	Transporte de las semillas	5	0	5
Extracción del aceite de piñón	Fase de construcción	Obras civiles de adecuación de las plantas de extracción de aceite de piñón.	2	0	2
		Transporte de equipos y maquinaria hacia las plantas de extracción.	2	0	2
	Fase de ejecución	Recepción y almacenamiento de las semillas en las plantas extractoras de aceite.	0	0	2
		Operación de las plantas extractoras de aceite.	10	0	10
		Mantenimiento de las plantas de extracción y obras civiles.	2	0	2
	Fase de cierre	Desmontaje de las plantas y de obras civiles.	2	0	2
		Cierre definitivo de las plantas de extracción	0	0	2
Transporte de aceite de piñón a la planta productora de energía	Fase de ejecución	Transporte de aceite	5	5	5
Uso final del aceite de piñón	Fase de construcción	Adecuación del lugar con construcción de obras civiles.	2	2	2
		Transporte de grupos electrógenos hacia las Islas Galápagos.	2	2	2
	Fase de ejecución	Operación de la planta de generación de electricidad.	10	10	10
		Mantenimiento de la planta y obras civiles	2	2	2
	Fase de cierre	Desmontaje de la planta y obras civiles	2	2	2
		Cierre definitivo de la planta.	0	0	2

La idea del proyecto es que las plantas de extracción de aceite y la planta de generación de energía en la Isla Floreana tengan un tiempo de vida largo, de tal forma que sólo se renueven los equipos que se encuentran defectuosos o que ya cumplieron su vida útil.

Los impactos de duración más pequeña son los que implican las adecuaciones de las plantas y el transporte de equipos hacia las plantas, cierre y desmontaje de plantas. Esto se debe a que se lo realizará una sola vez.

En la tabla 22 se encuentra la matriz de reversibilidad de impactos.

Se puede observar que todos los impactos sobre el medio socio – económico son altamente reversibles, debido a que perderían los empleos generados con el proyecto.

La mayoría de los impactos de reversibilidad media inciden en las adecuaciones de las plantas, obras civiles, desmontaje y operación de las plantas. Esto se debe a que aunque se intente regresar al estado inicial se han generado desechos contaminantes que pueden ser confinados, pero que a la final ya produjeron un impacto.

Todos los impactos que incluyen transportes se consideraron poco reversibles, porque la calidad del aire se deteriora por los gases emitidos a la atmósfera y no es fácil recuperar un estado inicial.

La tabla 23 constituye la matriz de riesgo de los impactos. Se puede observar que los impactos que tienen una alta probabilidad de suceder son los que se encuentran en la etapa de cultivo, la generación de energía y los transportes de semillas, aceite y de equipos ya que para la realización del proyecto, estos deben ocurrir necesariamente.

Tabla 22. Matriz de reversibilidad de impactos

Etapa	Fase	Impacto	Medio		
			Físico	Biológico	Socio - económico
Cultivo de piñón	Fase de ejecución	Siembra de piñón.	2	2	2
		Cosecha del piñón cultivado.	0	0	2
		Descascarado y pelado de las semillas de piñón.	0	0	2
		Acopio y almacenamiento de las semillas.	0	0	2
Transporte de las semillas hasta las plantas de extracción de aceite.	Fase de ejecución	Transporte de las semillas	10	0	2
Extracción del aceite de piñón	Fase de construcción	Obras civiles de adecuación de las plantas de extracción de aceite de piñón.	5	0	2
		Transporte de equipos y maquinaria hacia las plantas de extracción.	10	0	2
	Fase de ejecución	Recepción y almacenamiento de las semillas en las plantas extractoras de aceite.	0	0	2
		Operación de las plantas extractoras de aceite.	5	0	2
		Mantenimiento de las plantas de extracción y obras civiles.	5	0	2
	Fase de cierre	Desmontaje de las plantas y de obras civiles.	5	0	2
		Cierre definitivo de las plantas de extracción	0	0	2
Transporte de aceite de piñón a la planta productora de energía	Fase de ejecución	Transporte de aceite	10	10	2
Uso final del aceite de piñón	Fase de construcción	Adecuación del lugar con construcción de obras civiles.	5	5	2
		Transporte de grupos electrógenos hacia las Islas Galápagos.	10	10	2
	Fase de ejecución	Operación de la planta de generación de electricidad.	5	5	2
		Mantenimiento de la planta y obras civiles	5	2	2
	Fase de cierre	Desmontaje de la planta y obras civiles	5	2	2
		Cierre definitivo de la planta.	0	0	2

Tabla 23. Matriz de riesgo de impactos

Etapa	Fase	Impacto	Medio		
			Físico	Biológico	Socio - económico
Cultivo de piñón	Fase de ejecución	Siembra de piñón.	10	2	10
		Cosecha del piñón cultivado.	0	0	10
		Descascarado y pelado de las semillas de piñón.	0	0	10
		Acopio y almacenamiento de las semillas.	0	0	5
Transporte de las semillas hasta las plantas de extracción de aceite.	Fase de ejecución	Transporte de las semillas	10	0	10
Extracción del aceite de piñón	Fase de construcción	Obras civiles de adecuación de las plantas de extracción de aceite de piñón.	2	0	2
		Transporte de equipos y maquinaria hacia las plantas de extracción.	10	0	10
	Fase de ejecución	Recepción y almacenamiento de las semillas en las plantas extractoras de aceite.	0	0	10
		Operación de las plantas extractoras de aceite.	10	0	10
		Mantenimiento de las plantas de extracción y obras civiles.	2	0	2
	Fase de cierre	Desmontaje de las plantas y de obras civiles.	2	0	2
		Cierre definitivo de las plantas de extracción	0	0	2
Transporte de aceite de piñón a la planta productora de energía	Fase de ejecución	Transporte de aceite	10	10	10
Uso final del aceite de piñón	Fase de construcción	Adecuación del lugar con construcción de obras civiles.	2	2	2
		Transporte de grupos electrógenos hacia las Islas Galápagos.	10	10	10
	Fase de ejecución	Operación de la planta de generación de electricidad.	10	10	10
		Mantenimiento de la planta y obras civiles	2	2	2
	Fase de cierre	Desmontaje de la planta y obras civiles	2	2	2
		Cierre definitivo de la planta.	0	0	2

Tabla 24. Matriz de valor de índice ambiental de los impactos

Etapa	Fase	Impacto	Medio		
			Físico	Biológico	Socio - económico
Cultivo de piñón	Fase de ejecución	Siembra de piñón.	5,06	2,96	7,10
		Cosecha del piñón cultivado.	0	0	7,10
		Descascarado y pelado de las semillas de piñón.	0	0	5,60
		Acopio y almacenamiento de las semillas.	0	0	3,71
Transporte de las semillas hasta las plantas de extracción de aceite.	Fase de ejecución	Transporte de las semillas	6,10	0	4,10
Extracción del aceite de piñón	Fase de construcción	Obras civiles de adecuación de las plantas de extracción de aceite de piñón.	2,75	0	4,34
		Transporte de equipos y maquinaria hacia las plantas de extracción.	6,64	0	4,64
	Fase de ejecución	Recepción y almacenamiento de las semillas en las plantas extractoras de aceite.	0	0	3,20
		Operación de las plantas extractoras de aceite.	6,35	0	7,10
		Mantenimiento de las plantas de extracción y obras civiles.	2,75	0	2,54
	Fase de cierre	Desmontaje de las plantas y de obras civiles.	4,19	0	4,94
		Cierre definitivo de las plantas de extracción	0	0	4,94
	Transporte de aceite de piñón a la planta productora de energía	Fase de ejecución	Transporte de aceite	7,00	7,00
Uso final del aceite de piñón	Fase de construcción	Adecuación del lugar con construcción de obras civiles.	2,75	2,75	2,96
		Transporte de grupos electrógenos hacia las Islas Galápagos.	6,64	6,64	4,64
	Fase de ejecución	Operación de la planta de generación de electricidad.	8,75	7,25	8,00
		Mantenimiento de la planta y obras civiles	2,75	2,00	2,54
	Fase de cierre	Desmontaje de la planta y obras civiles	5,09	3,44	4,94
		Cierre definitivo de la planta.	0	0	4,94

Tabla 25. Matriz de calificación de impactos

Etapa	Fase	Impacto	Medio		
			Físico	Biológico	Socio - económico
Cultivo de piñón	Fase de ejecución	Siembra de piñón.	MEDIA	BAJA	ALTA
		Cosecha del piñón cultivado.	NI	NI	ALTA
		Descascarado y pelado de las semillas de piñón.	NI	NI	MEDIA
		Acopio y almacenamiento de las semillas.	NI	NI	BAJA
Transporte de las semillas hasta las plantas de extracción de aceite.	Fase de ejecución	Transporte de las semillas	MEDIA	NI	BAJA
Extracción del aceite de piñón	Fase de construcción	Obras civiles de adecuación de las plantas de extracción de aceite de piñón.	BAJA	NI	BAJA
		Transporte de equipos y maquinaria hacia las plantas de extracción.	MEDIA	NI	BAJA
	Fase de ejecución	Recepción y almacenamiento de las semillas en las plantas extractoras de aceite.	NI	NI	BAJA
		Operación de las plantas extractoras de aceite.	MEDIA	NI	ALTA
		Mantenimiento de las plantas de extracción y obras civiles.	BAJA	NI	BAJA
	Fase de cierre	Desmontaje de las plantas y de obras civiles.	BAJA	NI	BAJA
		Cierre definitivo de las plantas de extracción	NI	NI	BAJA
Transporte de aceite de piñón a la planta productora de energía	Fase de ejecución	Transporte de aceite	ALTA	ALTA	MEDIA
Uso final del aceite de piñón	Fase de construcción	Adecuación del lugar con construcción de obras civiles.	BAJA	BAJA	BAJA
		Transporte de grupos electrógenos hacia las Islas Galápagos.	MEDIA	MEDIA	BAJA
	Fase de ejecución	Operación de la planta de generación de electricidad.	ALTA	ALTA	ALTA
		Mantenimiento de la planta y obras civiles	BAJA	BAJA	BAJA
	Fase de cierre	Desmontaje de la planta y obras civiles	MEDIA	BAJA	BAJA
		Cierre definitivo de la planta.	NI	NI	BAJA

Tabla 26. Matriz de jerarquización de impactos

Etapa	Fase	Impacto	Medio		
			Físico	Biológico	Socio - económico
Cultivo de piñón	Fase de ejecución	Siembra de piñón.	MODERADO	COMPATIBLE	SEVERO
		Cosecha del piñón cultivado.	NI	NI	SEVERO
		Descascarado y pelado de las semillas de piñón.	NI	NI	MODERADO
		Acopio y almacenamiento de las semillas.	NI	NI	COMPATIBLE
Transporte de las semillas hasta las plantas de extracción de aceite.	Fase de ejecución	Transporte de las semillas	MODERADO	NI	COMPATIBLE
Extracción del aceite de piñón	Fase de construcción	Obras civiles de adecuación de las plantas de extracción de aceite de piñón.	COMPATIBLE	NI	COMPATIBLE
		Transporte de equipos y maquinaria hacia las plantas de extracción.	MODERADO	NI	COMPATIBLE
	Fase de ejecución	Recepción y almacenamiento de las semillas en las plantas extractoras de aceite.	NI	NI	COMPATIBLE
		Operación de las plantas extractoras de aceite.	MODERADO	NI	SEVERO
		Mantenimiento de las plantas de extracción y obras civiles.	COMPATIBLE	NI	COMPATIBLE
	Fase de cierre	Desmontaje de las plantas y de obras civiles.	COMPATIBLE	NI	COMPATIBLE
		Cierre definitivo de las plantas de extracción	NI	NI	COMPATIBLE
Transporte de aceite de piñón a la planta productora de energía	Fase de ejecución	Transporte de aceite	SEVERO	SEVERO	MODERADO
Uso final del aceite de piñón	Fase de construcción	Adecuación del lugar con construcción de obras civiles.	COMPATIBLE	COMPATIBLE	COMPATIBLE
		Transporte de grupos electrógenos hacia las Islas Galápagos.	MODERADO	MODERADO	COMPATIBLE
	Fase de ejecución	Operación de la planta de generación de electricidad.	SEVERO	SEVERO	SEVERO
		Mantenimiento de la planta y obras civiles	COMPATIBLE	COMPATIBLE	COMPATIBLE
	Fase de cierre	Desmontaje de la planta y obras civiles	MODERADO	COMPATIBLE	COMPATIBLE
		Cierre definitivo de la planta.	NI	NI	COMPATIBLE

Los impactos de mantenimiento, desmontaje y cierre de plantas no tienen una alta probabilidad de ocurrencia, a menos que, se dé un mal uso de las instalaciones o que se desee cerrar la planta definitivamente por algún problema suscitado.

El proyecto busca reemplazar el uso de los combustibles fósiles para las Islas Galápagos, por lo tanto, se prevé un funcionamiento a largo plazo de las plantas, solamente con el reemplazo de los equipos dañados y la adquisición de nuevos equipos que sean necesarios para continuar con el proyecto, por ello, el cierre eventual de las plantas y por ende el desmontaje de obras civiles presentan una posibilidad de ocurrencia baja.

En la tabla 24 se pueden observar los índices ambientales calculados y de acuerdo con estos valores y a la tabla 6, se han calificado y categorizado los impactos, como se observa en la tablas 25 y 26.

La matriz de calificación de impactos tiene relación con la matriz de jerarquización de impactos de la siguiente forma:

- Si un impacto tiene calificación baja, es considerado como compatible
- Si el impacto presenta una calificación media, es considerado como moderado
- Si el impacto tiene una calificación alta, se considera como severo
- Si el impacto presenta una calificación muy alta, se considera como crítico

El impacto que presenta una calificación alta y se considera como el más severo de todos y en los tres medios: físico, biológico y socio – económico, es la operación de la planta productora de energía. Se debe considerar, que este impacto en particular es el determinante de todo el proyecto. Si se toma en cuenta la tabla 18 se observa que este es un impacto positivo por la generación de fuentes de trabajo, la mejora de la calidad del aire y la calidad de vida de las especies que habitan en los alrededores.

Se observa que no existe ningún impacto que presente una calificación muy alta, por lo tanto, no hay impactos que se consideren como críticos, sin embargo, existen impactos categorizados como severos.

Los transportes de semilla y equipos hacia las plantas tienen en general una calificación media y, por lo tanto, una categorización de impactos moderados, sin embargo, el transporte del aceite está categorizado como severo en cuanto al medio físico. La diferencia entre los dos impactos es principalmente la extensión y la posibilidad alta de ocurrencia, lo que le confiere al impacto del transporte de aceite una categoría de severidad más alta.

Los impactos relacionados con las adecuaciones, mantenimientos y cierre de plantas, tienen una calificación baja, lo que les confiere la categoría de impacto compatible. La calificación baja de estos impactos se debe a que tienen una probabilidad de ocurrencia baja, por lo que no afectan de una manera significativa al proyecto a realizarse.

Con el análisis matricial de criterios integrados relevantes se puede observar claramente que en cuanto a los impactos ambientales, el proyecto a realizarse es viable y que mejora en muchos aspectos la situación de las Islas, ya que, actualmente se utiliza diesel como principal combustible para la producción de energía.

Además la generación de nuevas fuentes de empleo mejorará los ingresos de muchas personas, sobre todo, a las familias propietarias de las fincas en la provincia de Manabí.

3.4. DETERMINACIÓN DE VENTAJAS DEL ACEITE DE PIÑÓN EN COMPARACIÓN CON COMBUSTIBLES FÓSILES

La situación actual de la central eléctrica en la Isla Floreana corresponde al uso de diesel como combustible para la generación de energía eléctrica.

El reemplazo del diesel por aceite de piñón presenta algunas ventajas.

En la tabla 27 se puede observar el porcentaje de diesel que dejaría de transportarse a las Islas con la ejecución del presente proyecto. Los cálculos referentes a esta etapa se pueden observar en el Anexo VI de este documento.

Tabla 27. Porcentaje de diesel que se dejaría de transportar a las Islas Galápagos

Porcentaje de diesel que deja de transportarse	En relación con el total de combustibles fósiles transportados a las Islas	3,2%
	En relación con el total de diesel transportado a las Islas	4%

Como se observa en la tabla 27 se disminuye en un 3,2 % el transporte de combustibles fósiles a las Islas Galápagos. Esto significa también un 4% de la cantidad total de diesel transportada y el reemplazo de diesel en la Isla Floreana para la producción de electricidad. Se debe tomar en cuenta que el transporte de combustibles fósiles, ha traído muchos problemas de contaminación por derrames, esto ha afectado a muchas especies de animales que habitan en las Islas, afectando al turismo, que es la principal actividad económica, trayendo consigo también un problema socio – económico.

Con la realización del proyecto se disminuyen las emisiones de CO₂ a la atmósfera, lo que se considera como una ventaja ambiental ya que se mejora la calidad del aire.

Cuando se reducen las emisiones de CO₂ se pueden obtener bonos de carbono. La tabla 28 muestra los bonos de carbono que se estima se pueden obtener por la realización del proyecto durante un año.

Tabla 28. Bonos de carbono obtenidos con la realización del proyecto

Número de bonos de carbono obtenidos por el proyecto
48 948,1

En dependencia de la capacidad de negociación de las partes y a las características y el tiempo de ejecución del proyecto, estos bonos van a significar un ingreso que se puede utilizar para la financiación del proyecto. La estimación de la obtención de bonos de carbono se puede observar en el Anexo VI de este documento.

Otra ventaja del proyecto es la generación de empleos, principalmente en la provincia de Manabí.

La tabla 29 muestra la cantidad de familias que tendrán trabajo gracias a la ejecución del proyecto.

Tabla 29. Número de familias a las que se genera empleo con la ejecución del proyecto

Número de cabezas de familia por finca	Número de familias a las que se genera empleo
1	31 623

Se genera empleos para 31 623 familias que se encuentran en la pobreza. Esto pasa durante la etapa de cultivo y obtención de la semilla, ya que las semillas de piñón proveniente de estas fincas no se vendían antes de la ejecución del proyecto, sino que, solamente se utilizaba el piñón como cercas vivas para proteger cultivos.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se identificaron cinco etapas que tienen un impacto ambiental significativo en el análisis del ciclo de vida del aceite de piñón utilizado como combustible: Cultivo de piñón, transporte de las semillas hacia las plantas extractoras de aceite, extracción del aceite, transporte del aceite hacia la planta generadora de energía y uso final del aceite.
- La unidad funcional que se determinó con base en la cantidad de combustible, expresada en MJ, necesaria para producir una hora de energía con un grupo electrógeno tiene un valor de 603,2 MJ.
- Durante la etapa de cultivo y obtención de la semilla se genera como subproducto la cáscara de la semilla de piñón en una cantidad de 105,9 kg/km.
- Las etapas de transporte de semilla y de aceite, no contribuyen significativamente a las emisiones de CO₂ para la obtención de bonos de carbono.
- Las necesidades de transporte durante la etapa de transporte de las semillas hasta las plantas extractoras de aceite se estiman en 0,13 tkm/kg aceite.
- Para transportar las semillas hasta las plantas de extracción de aceite se utiliza solamente transporte terrestre y tiene un consumo de energía primaria de 0,12 MJ/kg aceite.
- La cantidad de semilla a procesarse para la extracción de aceite es 247,1 kg/km.
- El consumo de energía primaria en el proceso de extracción de aceite se estima en 1,2 MJ/kg aceite.

- El transporte del aceite hasta la planta de energía utiliza dos medios de transporte: terrestre cuyas necesidades de transporte se estiman en 0,3 tkm/kg aceite, y marítimo cuyas necesidades de transporte se estiman en 1,8 tkm/kg aceite.
- El transporte terrestre del aceite presenta un consumo de energía primaria de $2,5 \times 10^{-2}$ MJ/kg aceite y el transporte marítimo presenta un consumo de energía primaria de $3,1 \times 10^{-2}$ MJ/kg aceite.
- Los grupos electrógenos utilizados para la producción de energía están adecuados para trabajar con aceite puro de piñón y diesel.
- El consumo promedio de combustible de un grupo eléctrico es 16 L/hora.
- La ejecución del proyecto tiene un impacto significativo sobre el medio socio – económico por la generación de empleos principalmente durante la etapa de cultivo de piñón y obtención de la semilla.
- Los impactos que incluyen la fase de cierre de plantas, tienen una calificación baja, ya que su probabilidad de ocurrencia es pequeña porque se busca que las plantas funcionen a largo plazo.
- No existe ningún impacto que tenga una calificación alta y que considerado como crítico por la realización de este proyecto.
- La ejecución del proyecto disminuye el 3,2% del transporte de combustibles fósiles a las islas, lo que representa el 4% del diesel total transportado a las Islas y el total del diesel utilizado para la producción de energía en la Isla Floreana.
- La realización del proyecto contribuye a la generación de empleos para 31 623 familias que tienen ingresos bajos.

- Por la ejecución del proyecto se estima que se pueden obtener aproximadamente 48 948,1 bonos de carbono en un año.

4.2. RECOMENDACIONES

- Realizar mayor cantidad de pruebas acerca del proceso de extracción de aceite de piñón para contemplar la posibilidad de mejorar el rendimiento del proceso y la calidad del aceite.
- Realizar un análisis del ciclo de vida comparativo con otros combustibles que puedan utilizarse con un mismo fin.
- Adquirir o elaborar un programa informático que facilite el análisis del ciclo de vida comparativo con otros combustibles.
- Con base en el estado actual de la planta de generación de energía en la Isla Floreana, realizar un análisis de vida comparativo entre el diesel y el aceite de piñón.
- Realizar análisis del ciclo de vida y comparaciones reales con otras formas de obtención de energía a utilizarse en las Islas Galápagos en el proyecto ERGAL.
- Realizar un estudio acerca de un Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abhilash, P., Jamil, S., Singh, N., y Srivastava, P., 2010, "Revisited *Jatropha curcas* as an oil plant of multiple benefits: critical research needs and prospects for the future", Revista Springer-Verlag, 18, 127.
2. Arias, J., 2010, "Obtención y Uso del Aceite de Piñón (*Jatropha Curcas*) para la Elaboración de Biodiesel", Proyecto de Titulación de Ingeniera Química, EPN, Quito, Ecuador, pp. 62 – 67.
3. Becker, K., Makkar, H., y Devappa, R., 2010, "Jatropha Diterpenes: a Review", Revista Springer AOCS, 88 (3), 301.
4. Bessou, C., Ferchaud, F., Gabrielle, B. y Mary, B., 2010, "Biofuels, greenhouse gases and climate change. A review", Revista INRA, EDP Sciences, Francia, 31, 1.
5. Biodiesel Spain, 2007, "El piñón (nombre común de la Jatrofa), una alternativa para producir biodiesel, <http://www.biodieselspain.com/>, (Abril 2012).
6. Blanc, G., 2002, "El Recurso Humano de la Educación Fiscal en la Provincia de Manabí: Un análisis estadístico", Tesis de Grado Previa a la Obtención del Título de Ingeniera en Estadística Informática, ESPOL, Guayaquil, Ecuador, pp. 9 – 15.
7. Bourne, J., 2007, "Sueños Verdes", Revista National Geographic, 21 (4), 22.
8. Cabal, H., De La Rúa, C., Izquierdo, L., Lago, C., Lechón, Y., Sáez, R., y San Miguel, M., 2006, "Análisis de Ciclo de Vida de Combustibles alternativos para el Transporte: Fase II. Análisis de Ciclo de Vida Comparativo del Biodiesel y del Diesel", Ministerio de Medio Ambiente, Barcelona, España, p.p. 9-96.

9. Cahill, L., Gold, M., Kane, R., Mauch, J., Meloy, M., Michelin, L., Riedel, B. y Vetrano, T., 2001, "Environmental Health and Safety Audits", Octava edición, Government institutes, USA, p.p. 181 – 257.
10. Canter, L., 1998, "Manual de Evaluación de Impacto Ambiental", Editorial Nomos S.A., Bogotá, Colombia; p.p. 25 – 124.
11. CEPAR, 1992, "Perfil Socio-Demográfico Provincial: Manabí", Ediciones culturales, Quito, Ecuador, pp. 2 – 36.
12. Clementes, R., 1997, "Guía completa de las normas ISO 14000", Primera Edición, Ediciones Gestión 2000 S.A., Barcelona, España, p.p. 20 – 115.
13. Counsell, T., Grubb, M., Laing, T. y Willan, C., 2010, "Global Carbon Mechanisms: lessons and implications", Revista Springer Science + Business Media B.V., 104 (3-4), 539.
14. Eguiluz, T., 2012, "*Jatropha curcas*: Ficha técnica", Genética Forestal, Puebla, México, p.p. 1 – 8.
15. Espinoza, G., 2001, "Fundamentos de Evaluación de Impacto ambiental", http://www.iirsa.org/BancoMedios/Documentos%20PDF/ease_taller08_m9_anexo2.pdf, (Abril, 2012).
16. Francis, G., Li, C., Makkar, H. y Ye, M., 2009, "Current situation and prospects of *Jatropha curcas* as a multipurpose tree in China", Revista Springer Science + Business Media B.V., 76, 487.
17. Gómez, S. y Villegas, S., 2011, "Diseño y Construcción de una Máquina tipo Expeller para la Extracción de Aceite Vegetal a partir de la Semilla de *Jatropha Curcas* con capacidad de 200 kilogramos/hora para la E.S.P.E. – IASA II", Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Mecánico, ESPE, Sangolquí, Ecuador, p.p. 33 – 75.

18. Guerrero, D., 2010, "Cercas Vivas en los Bosques Secos", <http://www.cosv.org/public/progetti/files/7.%20CERCAS%20VIVAS%20EN%20LOS%20BOSQUES%20SECOS.pdf>, (Abril 2011).
19. Gobierno Provincial de Manabí, 2011, "Manabí: Datos Geográficos", <http://www.manabi.gob.ec/datos-manabi/datos-geograficos>, (Agosto 2011).
20. Hayashi, K., y Gaillard, G., 2006, "Life Cycle Assessment of Agricultural Production Systems: Current Issues and Future Perspectives", www.agnet.org, (Abril 2011).
21. Heller, J., 1996, "Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1." Institute of plants genetics and crop plant research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome, p.p. 10 – 43.
22. ICCA, 2007, "Preguntas y respuestas más frecuentes sobre Biocombustibles", <http://www.iica.int/Esp/organizacion/LTGC/agroenergia/Documentos%20Agroenergia%20y%20Biocombustibles/Preguntas%20y%20respuestas%20m%C3%A1s%20frecuentes%20sobre%20biocombustibles.pdf>; (Noviembre, 2011)
23. INEC, 2010, "Encuesta de Condiciones de Vida de Galápagos", http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=93&Itemid=58, (Mayo 2011)
24. INEC, MAG, SICA, 2000, "III Censo Nacional Agropecuario", Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Volumen I, Ecuador, pp. 2 – 13.
25. INEN, 2000, "Gestión Ambiental. Evaluación del Ciclo de Vida. Principios y Estructura", NTE INEN-ISO 14040:2000, Primera Edición, Quito, Ecuador, p.p. 1-13.

26. INOCAR, 2005, "Derrotero: de la Costa Continental e Insular del Ecuador", Cuarta Edición, Armada del Ecuador, Guayaquil, Ecuador, p.p. 40,41.
27. INSTITUTO NACIONAL GALÁPAGOS, 2002, "Libro VII del régimen especial: Galápagos", <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Libro-VII.pdf>, (Agosto, 2011).
28. ISO, 2006, "Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines", ISO 14044, primera edición, p.p. 1 – 10.
29. Jha, T., Johnson, T., Mukherjee, P. y Varshney, A., 2011, "Jatropha curcas: a review on biotechnological status and challenges", Korean Society for Plant Revista Biotechnology and Springer, 5 (3), 197.
30. Marland, E. y Marland, G., 2009, "Trading permanent and temporary carbon emission credits", Revista Springer Science + Business Media B.V., 95 (3-4), 465.
31. Matheys J, Van Autenboer W, Timmermans J-M, Van Mierlo J, Van den Bossche P, y Maggetto G, 2007, "Influence of Functional Unit on the Life Cycle Assessment of Traction Batteries." Revista The International Journal of Life Cycle Assessment, 12 (3),191.
32. McKibben, B., 2007, "Las nuevas cuentas del Carbono", National Geographic, 21 (4), 45.
33. Morris, A., 2004, "ISO 14000 Management Standards: Engineering and Financial Aspects", John Wiley & Sons Ltd, Chichester, West Sussex, England, p.p. 13 – 39.
34. OPS, ILPES, 1998, "Guía para la Preparación, Evaluación, y Gestión de Proyectos de Residuos Sólidos Domiciliarios", Editorial Tecnológica, San José, Costa Rica, pp. 273 – 352.

35. Ospina, A., 2011, "Cerca Viva", www.ecovivero.org, (Marzo 2011).
36. Owens, W., 1998, "Lyfe Cycle Impact Assessment: The use of Subjective Judgements in Classification and Characterization", *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 3 (1), 43.
37. PSI, 2011, "Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental Para la Instalación y Operación de dos Grupos Electrógenos marca deutz, modelo BF4M1013E, generador leroy sommer, modelo LSA 43.2-4 POLE, potencia nominal del generador 70 kw. modo prime., que funcionan con aceite vegetal puro de piñón para la Central Térmica Floreana", http://www.galapagospark.org/documentos/EIAs/EIA_Floreana_EnergiaElectrica_jun2011.pdf, (Abril, 2011).
38. Romero, B., 2003, "El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental", *Tendencias Tecnológicas*, <http://www.iie.org.mx/boletin032003/tend.pdf>, (Marzo, 2011).
39. Torres, C., 2011, "Ficha Técnica de la *Jatropha curcas*", <http://www.jatrophacurcasweb.com.ar/>, (Marzo 2011).
40. UICN, 2004, "Evaluación de Impacto Ambiental para Centroamérica, Manual de Participación Pública", <http://www.ibcperu.org/doc/isis/7881.pdf>, (Abril, 2012).
41. Weidema, B., 1998, "Application Typologies for Life Cycle Assessment", en Klöpffer, Heinrich, Besse, Besse, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 3 (4), 237.

ANEXOS

ANEXO I

Hojas de recolección de datos

En la tabla A se muestra la hoja de recolección de datos del proceso de cultivo de piñón para el proyecto.

Tabla A. Hoja de recolección de datos del proceso de cultivo de piñón

Realizado por: Cristina Arroyo Huerta	Proceso: Cultivo de piñón	
Año: 2011	Mes de inicio: Enero	Mes de finalización: Julio
Datos		Valor
Número de UPAs disponibles		57 497
Porcentaje de UPAs que poseen piñón		72%
Espacio de siembra promedio por finca		0,28 km
Número de plantas por kilómetro		666
Producción de semilla		0,53 kg/planta
Porcentaje en peso de cáscara		30%
Fijación de CO ₂ por la biomasa		6 kg/planta

En la tabla B se puede observar la hoja de recolección de datos para el proceso de transporte de las semillas desde los centros de acopio hasta las plantas extractoras de aceite.

Tabla B. Hoja de recolección de datos del proceso de transporte de las semillas

Realizado por: Cristina Arroyo Huerta		Proceso: Transporte de las semillas hasta las plantas extractoras de aceite		
Año: 2011	Mes de inicio: Enero		Mes de finalización: Agosto	
Lugares	Medio de transporte	Distancia (km)	Cantidad a transportarse (t)	Combustible utilizado
Convento – Boyacá	Camión 18 t	35,65	150,7	Diesel
San Isidro – Boyacá	Camión 18 t	22,32	150,7	Diesel
San Vicente – Boyacá	Camión 18 t	22,31	150,7	Diesel
Los Caras – Boyacá	Camión 18 t	54,10	150,7	Diesel
El Polvar – Montañita	Camión 18 t	12,52	150,7	Diesel
Tres charcos – Montañita	Camión 18 t	12,97	150,7	Diesel
Danzarín – Montañita	Camión 18 t	14,56	150,7	Diesel
Sarampión – Montañita	Camión 18 t	32,67	150,7	Diesel
B. Miguelillo - Montañita	Camión 18 t	37,90	150,7	Diesel
S. M. Palo Largo – Montañita	Camión 18 t	57,71	150,7	Diesel
Agua Amarga – P. de Agua	Camión 18 t	67,17	150,7	Diesel
Sandial – Pozo de Agua	Camión 18 t	55,20	150,7	Diesel
Jipijapa – Pozo de Agua	Camión 18 t	36,63	150,7	Diesel
Guarango – Pozo de Agua	Camión 18 t	31,83	150,7	Diesel
Sucre – Pozo de Agua	Camión 18 t	70,61	150,7	Diesel
Noboa – Pozo de Agua	Camión 18 t	56,52	150,7	Diesel

En la tabla C se muestra la hoja de recolección de datos para el proceso de extracción del aceite de piñón.

Tabla C. Hoja de recolección de datos del proceso de extracción de aceite de piñón

Realizado por: Cristina Arroyo Huerta		Proceso: Extracción de aceite de piñón		
Año: 2011		Mes de inicio: Enero		Mes de finalización: Septiembre
Equipo Utilizado				Potencia Nominal
Cinta transportadora granelera				2,24 kW
Expeller				4,19 kW
Filtro de Aceite				0,37 kW

En la tabla D se puede observar la hoja de recolección de datos para el proceso de transporte de aceite de piñón desde las plantas extractoras hasta la planta de producción de energía.

Tabla D. Hoja de recolección de datos para el proceso de transporte de aceite de piñón

Realizado por: Cristina Arroyo Huerta		Proceso: Transporte de aceite de piñón hasta la planta de generación de energía.		
Año: 2011	Mes de inicio: Enero		Mes de finalización: Septiembre	
Lugares	Medio de transporte	Distancia (km)	Cantidad a transportarse (t)	Combustible utilizado
Boyacá – Guayaquil	Camión 18 t	364,22	188,4	Diesel
Montañita - Guayaquil	Camión 18 t	332,72	263,8	Diesel
Pozo de Agua - Guayaquil	Camión 18 t	246,29	263,8	Diesel
Guayaquil – P. B. Moreno	Barco	1 176,02	716,0	Diesel

En la tabla E se observa la hoja de recolección de datos para el uso final del combustible.

Tabla E. Hoja de recolección de datos para el proceso del uso final del combustible

Realizado por: Cristina Arroyo Huerta	Proceso: Uso final del combustible	
Año: 2011	Mes de inicio: Enero	Mes de finalización: Agosto
Característica		Valor
Capacidad de generación		70 kW
Voltaje de generación		480 V
Frecuencia		60 Hz
Factor de potencia		0,8
Consumo promedio de combustible		16 L/h
Disminución de emisiones de CO ₂ a la atmósfera por uso de aceite de piñón		4 t/t aceite

ANEXO II

Estimación de distancias en Google Maps Distance Calculator

La estimación de distancias se realizó con Google Maps Distance Calculator. El programa se utilizó de la siguiente manera:

Se ubicó el punto del que se quiere partir en el mapa. Muchos de los sitios se encuentran con solo digitar el nombre, como se observa en la figura A, sin embargo, existen otros lugares que deben ser ubicados en el mapa mediante coordenadas geográficas, como se observa en la figura B. La ubicación de un punto en Google Maps Distance Calculator se encuentra en la figura C.



Figura A. Búsqueda de un lugar por su nombre en Google Maps Distance Calculator

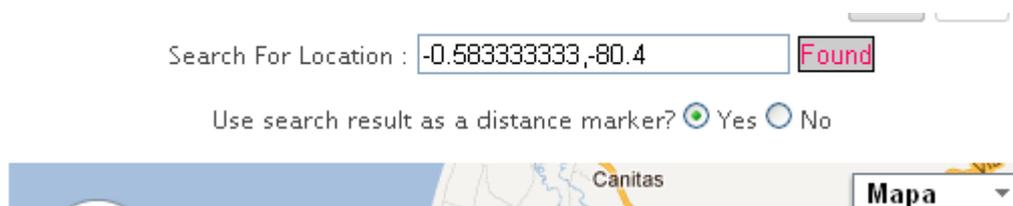


Figura B. Búsqueda de un lugar con coordenadas geográficas en Google Maps Distance Calculator

Se debe llegar desde el punto ubicado a un segundo punto, de tal forma que se encuentre la distancia más corta con el uso de las carreteras que se indican en el mapa.

Las figuras D y E son ejemplos de cómo se realizaron las estimaciones de distancias. Se debe considerar que el programa presenta aumento, para observar de mejor manera la ubicación de los puntos.



Figura C. Ubicación de un punto en Google Maps Distance Calculator



Figura D. Distancia Tres charcos – Montaña

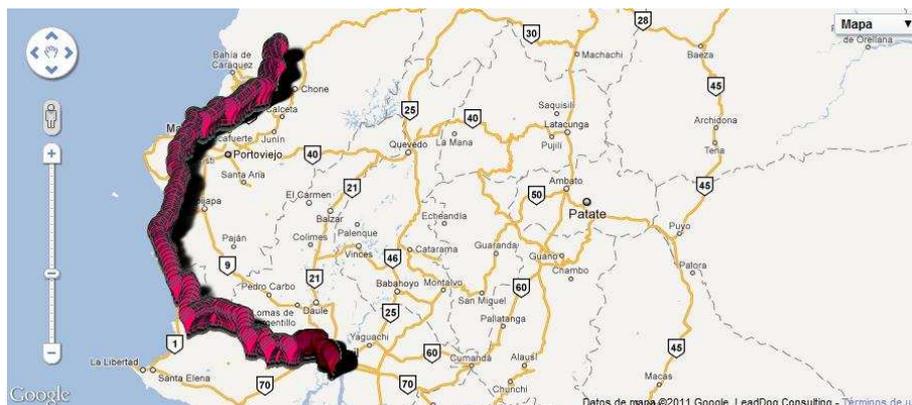


Figura E. Distancia Pozo de agua – Guayaquil

La distancia se despliega en la parte inferior del mapa, según la unidad de longitud escogida por el usuario, como se puede observar en la figura F.

Total Distance
35.642

Miles KM Nautical Miles Metres
 Feet

Autopan ?

[Clear Last Point](#) [Zoom To Fit](#) [Clear Map](#) [Toggle Markers](#) [Pan to My Location](#)

Figura F. Distancia total desplegada en Google Maps Distance Calculator

ANEXO III

Centros de acopio de semillas y de extracción y procesamiento de aceite de piñón en la provincia de Manabí

En la tabla F se encuentran los sitios seleccionados para la extracción y procesamiento del aceite de piñón.

Tabla F. Sitios seleccionados para la extracción y procesamiento de aceite de piñón (MEER)

Zona	Cantón	Parroquia	Sitio	Organización
Norte	Chone	Boyacá	Boyacá	Corporación de Piñocultores de la Zona Norte de Manabí
Centro	Junín	Junín	Montañita	Asociación de productores agrícolas La Montañita
Sur	Paján	Campozano	Pozo de agua	UOCACP

En la tabla G se encuentran los sitios seleccionados como centros de acopio de las semillas de piñón.

Tabla G. Sitios seleccionados para el acopio de semillas de piñón (MEER)

N°	CANTON	SITIO	ORGANIZACIÓN	MINISTERIO
1	Chone	Boyacá	Corporación de Piñocultores	MAGAP
2	Chone	Convento	Corporación de Piñocultores	MAGAP
3	Sucre	San Isidro	Unión de Organizaciones Campesinas de San Isidro	MIIES
4	San Vicente	San Vicente	Federación de Organizaciones Campesinas del Norte	MIIES
5	Sucre	Los caras	Comuna Los Caras	MIIES
6	Tosagua	El Polvar	El Polvar	MIIES
7	Rocafuerte	Tres Charcos	Asociación de trabajadores Agrícolas "22de Diciembre"	MAGAP
8	Rocafuerte	Danzarín	Comuna Danzarín	MAGAP
9	Junín	Montañita	Asociación de Agricultores de Montañita	MAGAP
10	Bolívar	Sarampión	San Francisco de Sarampión	MAGAP
11	Portoviejo	Las Balsas Miguelillo	Asociación de Agricultores La Balsa	MAGAP
12	Santa Ana	Agua Amarga	Asociación de Agua Amarga	MAGAP
13	Santa Ana	San Miguel de Palo Largo	San Miguel de Palo Largo	MIIES
14	Jipijapa	Sandial	Asociación Campesina Recinto Sandial	MIIES
15	Jipijapa	Jipijapa	Federación de Organizaciones Campesinas de la Zona Sur de Manabí	MIIES
16	Jipijapa	Guarango	Asociación Campesina El Guarango	MIIES
17	Paján	Pozo de agua	Unión de Organizaciones Campesinas del Cantón Paján	MIIES
18	24 de Mayo	Sucre	UNODEC	MIIES
19	24 de Mayo	Noboa	Unión de Organizaciones Campesina Progresistas de Noboa	MIIES

ANEXO IV

Factores de transformación a energía primaria

En la tabla H se muestran los factores de transformación a energía primaria para combustibles fósiles y energía eléctrica.

Tabla H. Factores de transformación a energía primaria

Tipo de energía	Factor de conversión a energía primaria
Combustibles fósiles	7,1
Energía eléctrica	2,4

ANEXO V

Ejemplos de cálculos realizados

CÁLCULO DE LA UNIDAD FUNCIONAL

En la tabla I se muestran los datos necesarios para el cálculo de la unidad funcional.

Tabla I. Datos necesarios para el cálculo de la unidad funcional

DATOS	VALOR	FUENTE
Consumo de combustible un grupo electrógeno	16 L/hora	MEER
Densidad del aceite de piñón	925 kg/m ³	Arias,2010
Poder calorífico del aceite de piñón	9 741 kcal/kg	Arias,2010

$$\frac{16 \text{ L}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ L}} \times \frac{925 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times \frac{9\,741 \text{ kcal}}{\text{kg}} \times \frac{4,184 \text{ kJ}}{1 \text{ kcal}} \times \frac{1 \text{ MJ}}{1\,000 \text{ kJ}} = 603,2 \text{ MJ} \quad [3]$$

CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN POTENCIAL DE SEMILLA DE PIÑÓN

En la tabla J se tienen los datos necesarios para el cálculo de la producción potencial de la semilla.

Tabla J. Datos necesarios para el cálculo de la producción potencial de semilla

DATOS	VALOR	FUENTE
Número de UPAs disponibles	57 497	MEER, INIAP
Porcentaje de UPAs que poseen piñón	72%	MEER, INIAP
Espacio de siembra de piñón promedio por finca	0,28 km	MEER, INIAP
Número de plantas por kilómetro	666	MEER, INIAP
Producción de semilla	0,53	MEER, INIAP
Porcentaje en peso de la cáscara de la semilla	30%	MEER, INIAP

Cálculo del número UPAs que poseen piñón

$$\text{UPAs con piñón} = 57\,497 \times 0,72 = 41\,398 \text{ UPAs} \quad [4]$$

Cálculo del espacio de siembra total

$$41\,398 \text{ UPAs} \times \frac{0,28 \text{ km}}{\text{UPA}} = 11\,591,4 \text{ km de cerca viva} \quad [5]$$

Cálculo de la cantidad de semilla por kilómetro lineal

$$\frac{666 \text{ plantas}}{\text{km}} \times \frac{0,53 \text{ kg semilla}}{\text{planta}} = \frac{352,98 \text{ kg semilla}}{\text{km lineal}} \quad [6]$$

Cálculo de la cantidad de semilla sin cáscara.

$$0,70 \times \frac{352,98 \text{ kg semilla}}{\text{km lineal}} \times 11.591,4 = 2\,864\,233,8 \text{ kg semilla} \quad [7]$$

Los centros de acopio son 19, por lo tanto, se divide para el total de centros de acopio:

$$\frac{2'864\,233,8 \text{ kg semilla}}{19 \text{ centros de acopio}} \times \frac{1 \text{ t de semilla}}{1\,000 \text{ kg semilla}} = \frac{150,7 \text{ t semilla}}{\text{centro de acopio}} \quad [8]$$

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE ENERGÍA PRIMARIA

En la tabla K se observan los datos necesarios para el cálculo de las necesidades de energía primaria.

Tabla K. Datos necesarios para el cálculo de las necesidades de energía primaria

DATOS	VALOR	FUENTE
Consumo de combustible	30 L/100 km	DAIHATSU
Densidad del Diesel	870 kg/m ³	Arias, 2010
Poder Calorífico	8 600 kcal/kg	Arias, 2010

Para poder observar esto se toma como ejemplo la distancia Convento – Boyacá, para lo cual se tienen entonces los siguientes datos:

- Distancia: 35,65 km
- Cantidad de semilla transportada: 150,7 t

Necesidades de transporte =

$$150,7 \text{ t} \times 35,65 \text{ km} = 5\,372,5 \text{ tkm} \quad [9]$$

La suma de todas las toneladas por kilómetro, se dividen para la cantidad de aceite. Se obtuvieron los resultados que se observan en la tabla L.

Cálculo de la cantidad de aceite

$$2'864\,233,8 \text{ kg semilla} \times \frac{25 \text{ kg aceite}}{100 \text{ kg semilla}} = 716\,058,5 \text{ kg aceite} \quad [10]$$

Por lo tanto,

$$\frac{93\,536,5 \text{ tkm}}{716\,058,5 \text{ kg aceite}} = 0,13 \frac{\text{tkm}}{\text{kg aceite}} \quad [11]$$

Determinación de la cantidad de energía primaria

$$35,65 \text{ km} \times \frac{0,03 \text{ m}^3 \text{ diesel}}{100 \text{ km}} \times \frac{870 \text{ kg diesel}}{\text{m}^3 \text{ diesel}} \times \frac{35\,982,4 \text{ kJ}}{\text{kg diesel}} = 334\,803,6 \text{ kJ} \quad [12]$$

Tabla L. Necesidades de transporte de la semilla

Lugares	Necesidades de transporte (tkm)
Convento – Boyacá	5 372,5
San Isidro – Boyacá	3 363,6
San Vicente – Boyacá	3 362,1
Los Caras – Boyacá	8 153,5
El Polvar – Montañita	1 887,2
Tres Charcos – Montañita	1 954,6
Danzarín – Montañita	2 193,6
Sarampión – Montañita	4 923,1
Las Balsas de Miguelillo – Montañita	5 712,3
S. Miguel de Palo Largo – Montañita	8 697,7
Agua Amarga – Pozo de Agua	10 123,1
Sandial – Pozo de Agua	8 318,2
Jipijapa – Pozo de Agua	5 520,1
Guarango – Pozo de Agua	4 797,2
Sucre – Pozo de Agua	10 640,6
Noboa – Pozo de Agua	8 517,1
Total	93 536,5

Se suman las cantidades de energía consumida como se puede observar en la tabla M.

Tabla M. Energía utilizada en el transporte de la semilla

Lugares	Energía utilizada (kJ)
Convento – Boyacá	334 803,6
San Isidro – Boyacá	209 616,2
San Vicente – Boyacá	209 522,3
Los Caras – Boyacá	508 112,7
El Polvar – Montañita	117 608,6
Tres Charcos – Montañita	121 806,5
Danzarín – Montañita	136 701,3
Sarampión – Montañita	306 798,5
Las Balsas de Miguelillo – Montañita	355 981,3
S. Miguel de Palo Largo – Montañita	542 025,0
Agua Amarga – Pozo de Agua	630 858,3
Sandial – Pozo de Agua	518 377,5
Jipijapa – Pozo de Agua	344 007,2
Guarango – Pozo de Agua	298 956,6
Sucre – Pozo de Agua	663 108,4
Noboa – Pozo de Agua	530 774,1
Total	5 829 058,1

El total de la energía utilizada se divide para la cantidad total de aceite producido:

$$\frac{5\,829\,058,1 \text{ kJ}}{716\,058,4 \text{ kg aceite}} = 8,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg aceite}} \quad [13]$$

Se multiplica por dos ya que se consideran dos viajes y luego por el factor de transformación a energía primaria 7,14:

$$\frac{8,1 \text{ KJ}}{\text{kg aceite}} \times 2 \times 7,14 \times \frac{1 \text{ MJ}}{1\,000 \text{ KJ}} = 0,12 \frac{\text{MJ}}{\text{kg aceite}} \quad [14]$$

Cálculo de las emisiones de CO₂ a la atmósfera

$$35,65 \text{ km} \times \frac{30 \text{ L diesel}}{100 \text{ km}} \times \frac{2,6 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ L diesel}} = 27,1 \text{ kg CO}_2 \quad [15]$$

Se multiplica por dos porque son dos viajes:

$$27,087 \text{ kg CO}_2 \times 2 = 55,614 \text{ kg CO}_2 \quad [16]$$

Se suman todas las emisiones de CO₂ como se observa en la tabla N:

Tabla N. Emisiones de CO₂ a la atmósfera en el transporte de la semilla

Lugares	Emisiones CO ₂ a la atmósfera (Kg)
Convento – Boyacá	55,6
San Isidro – Boyacá	34,8
San Vicente – Boyacá	34,8
Los Caras – Boyacá	84,4
El Polvar – Montañita	19,5
Tres Charcos – Montañita	20,2
Danzarín – Montañita	22,7
Sarampión – Montañita	51,0
Las Balsas de Miguelillo – Montañita	59,1
S. Miguel de Palo Largo – Montañita	90,0
Agua Amarga – Pozo de Agua	104,8
Sandial – Pozo de Agua	86,1
Jipijapa – Pozo de Agua	57,1
Guarango – Pozo de Agua	49,7
Sucre – Pozo de Agua	110,1
Noboa – Pozo de Agua	88,2
Total	968,1

Cálculo de las emisiones de CO₂ por kg de aceite

$$\frac{968,1 \text{ kg CO}_2}{716\ 058,4 \text{ kg aceite}} \times \frac{1 \text{ t CO}_2}{1\ 000 \text{ kg CO}_2} = 1,4 \times 10^{-6} \frac{\text{ton CO}_2}{\text{kg aceite}} \quad [17]$$

CÁLCULO DE LOS BONOS DE CARBONO

Para el caso del análisis del inventario del cultivo se sabe que:

$$\frac{6 \text{ kg CO}_2}{\text{planta}} \times \frac{666 \text{ kg planta}}{\text{km lineal}} \times \frac{1 \text{ t CO}_2}{1\ 000 \text{ kg CO}_2} = \frac{4 \text{ t CO}_2}{\text{km lineal}} \quad [18]$$

Bonos de carbono obtenidos

$$\begin{aligned} & \left(\frac{4 \text{ t CO}_2}{\text{km}} \times 11\ 591,4 \text{ km} \right) - \left(1,4 \times 10^{-6} \frac{\text{t CO}_2}{\text{kg aceite}} \times 716\ 058,4 \text{ kg aceite} \right) \\ & - \left(\frac{2 \times 10^{-6} \text{ t CO}_2}{\text{kg aceite}} \times 716\ 058,4 \text{ kg aceite} \right) \\ & - \left(\frac{3,9 \times 10^{-4} \text{ t CO}_2}{\text{kg aceite}} \times 716\ 058,4 \text{ kg aceite} \right) \\ & + \left(\frac{4 \text{ t CO}_2}{1 \text{ t aceite}} \times \frac{1 \text{ t aceite}}{1\ 000 \text{ kg aceite}} \times 716\ 058,4 \text{ kg aceite} \right) \\ & = 48\ 948,1 \text{ t CO}_2 \quad [19] \end{aligned}$$

Las toneladas de CO₂ que se dejan de emitir corresponden al número de créditos de carbono obtenidos.

CALCULO DEL PORCENTAJE DE DIESEL QUE SE DEJA DE TRANSPORTAR

En la tabla O se muestran los datos necesarios para el cálculo del porcentaje de diesel que no se transporta a las Islas con el uso de aceite de piñón en este proyecto.

Tabla O. Datos necesarios para el cálculo del porcentaje de diesel que se deja de transportar

DATOS	VALOR	FUENTE
Cantidad de combustibles fósiles transportado a las Islas Galápagos	5 700 000 gal/año	INSTITUTO NACIONAL GALÁPAGOS, 2002
Diesel que se transporta a las Islas	4 580 000 gal/año	INSTITUTO NACIONAL GALÁPAGOS, 2002
Porcentaje de combustible consumido en electricidad	21%	INSTITUTO NACIONAL GALÁPAGOS, 2002
Total de generadores en las Islas que están operando	13	INSTITUTO NACIONAL GALÁPAGOS, 2002
Número de generadores en la Isla Floreana	2	INSTITUTO NACIONAL GALÁPAGOS, 2002

Cálculo de la cantidad de combustible utilizada en la generación de energía eléctrica en las Islas

$$5\,700\,000 \frac{\text{gal}}{\text{año}} \times 0.21 = 1\,197\,000 \frac{\text{gal}}{\text{año}} \quad [20]$$

13 generadores utilizan 1 197 000 gal de diesel por año, por lo tanto, 2 generadores utilizan 184 153,8 gal diesel por año

Cálculo del porcentaje de diesel que se deja de transportar en relación con el total de combustibles fósiles transportados a las Islas

$$\frac{184\,153,8 \text{ gal/año}}{5\,700\,000 \text{ gal/año}} \times 100 = 3,2\% \quad [21]$$

Cálculo del porcentaje de diesel que se deja de transportar en relación con el total de diesel transportado a las Islas

$$\frac{184\,153,8 \text{ gal/año}}{4\,580\,000 \text{ gal/año}} \times 100 = 4,02\% \quad [22]$$

Cálculo de la cantidad de familias a las que se genera empleo

En la tabla P se encuentran los datos necesarios para el cálculo de la cantidad de familias a las que se genera empleo con la realización del proyecto.

Tabla P. Datos necesarios para el cálculo de la cantidad de familias a las que se genera empleo

DATOS	VALOR	FUENTE
Número de UPAs disponibles	57 497	MEER, INIAP
Porcentaje de UPAs que poseen piñón	72%	MEER, INIAP
Porcentaje de UPAs que cosechan piñón para venta actualmente	17%	MEER, INIAP
Jefes de familia por UPA	1	MEER, INIAP

Cálculo del número de UPAs que cosechan piñón para venta actualmente

$$57\,497 \text{ UPAs} \times 0,17 = 9\,775 \text{ UPAs} \quad [23]$$

Cálculo del número de UPAs que venderán piñón

$$41\,398 \text{ UPAs} - 9\,775 \text{ UPAs} = 31\,623 \text{ UPAs} \quad [24]$$

Por cada UPA hay un jefe de familia, por lo tanto, se dará trabajo a 31 623 familias.

ANEXO VI
Estimación de los equipos principales y auxiliares de las plantas de extracción de aceite

Para el proceso de extracción de aceite se instalarán tres plantas y en cada una de ellas se ha estimado la necesidad de equipos que se muestran en la tabla Q.

Tabla Q. Estimación de equipos de las plantas extractoras de aceite

EQUIPO	CANTIDAD	TIPO	CARACTERÍSTICAS
Silo de almacenamiento de semilla	2	Auxiliar	Capacidad de almacenamiento: 600 t
Cinta transportadora granelera	1	Principal	Flujo: 200 kg/h Potencia Nominal: 3HP
Expeller	1	Principal	Flujo: 200 kg/h Potencia Nominal 4,19 kW
Filtro de aceite	1	Principal	Flujo: 50 kg/h Potencia Nominal: 0,5 HP
Tanque de almacenamiento de aceite	2	Auxiliar	Capacidad de almacenamiento: 150 t
Tanque de almacenamiento de torta	2	Auxiliar	Capacidad de almacenamiento: 450 t