

**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES
ASOCIADOS A LA OBTENCIÓN DE ACEITE DE HIGUERILLA EVALUADOS
MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA**

**JURLEY RUEDA VERA
COD. 1'098.712.760**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE
INGENIERÍA AMBIENTAL
2018**

**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS
A LA OBTENCIÓN DE ACEITE DE HIGUERILLA EVALUADOS MEDIANTE LA
METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA**

JURLEY RUEDA VERA

COD. 1'098.712.760

DIRECTOR

VICTOR FABIAN FORERO AUSIQUE

**Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERA AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE
INGENIERÍA AMBIENTAL
2018**

Nota de Aceptación

Firma del jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de la carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad. A mi familia por el apoyo incondicional en cada momento de mi vida, en especial en esta etapa final de la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

<u>RESUMEN</u>	<u>9</u>
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>10</u>
<u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</u>	<u>11</u>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	12
1.3. OBJETIVOS	13
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	13
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES	13
<u>2. MARCOS REFERENCIALES</u>	<u>15</u>
2.1. MARCO TEÓRICO	15
2.1.1. ACEITE DE HIGUERILLA.	15
2.1.2. CICLO DE VIDA, SEGÚN PROCEDIMIENTO NORMAS ISO 14040	18
2.1.3. BIOMASA NATURAL	20
2.1.4. BIOMASA RESIDUAL	20
2.1.5. CULTIVOS ENERGÉTICOS	20
2.1.6. VENTAJAS DE UTILIZAR LA BIOMASA	21
2.1.7. VENTAJAS DEL USO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES.....	21
2.1.8. DESVENTAJAS DEL USO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES.....	23
<u>3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</u>	<u>24</u>
3.1. OBTENCIÓN DE ACEITE DE HIGUERILLA	24
3.1.1. CULTIVO DE HIGUERILLA.	24
3.1.2. PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE.	26
3.2. EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA DEL ACEITE DE HIGUERILLA	28
3.2.1. INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA	30
3.2.2. ANÁLISIS DE INVENTARIO PARA LA EXTRACCIÓN.....	30
3.2.3. EJEMPLO ESTUDIO DEL CICLO DE VIDA PARA EL ACEITE DE PALMA DE ACEITE.	36
3.3. CLASIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PARA LA INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA.....	37
3.3.1. ANÁLISIS DE IMPACTOS Y ESTUDIO COMPARATIVO	38

3.3.2.	INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA	39
<u>4.</u>	<u>EJERCICIO DE APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</u>	<u>40</u>
4.1.	<i>ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DEL EJERCICIO DE APLICACIÓN.....</i>	42
4.2.	METODOLOGÍA PARA REALIZACIÓN DE GRÁFICAS DE INDICADORES	42
4.3.	VENTAJAS DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITE DE HIGUERILLA	47
4.4.	ANÁLISIS DE IMPACTOS FRENTE A OTROS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE	47
<u>5.</u>	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>51</u>
<u>6.</u>	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>53</u>
<u>7.</u>	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>54</u>
<u>8.</u>	<u>ANEXOS</u>	<u>58</u>

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Triglicérido del aceite de ricino	15
Figura 2. Dinámica del ciclo de vida de un producto.....	19
Figura 3. Proceso Ilustrado.....	28
Figura 4. Elemento de la Evaluación del impacto del ciclo de vida.....	29
Figura 5. Ciclo de vida de aceite de higuera	32
Figura 6 . Diagrama de extracción de aceite	33
Figura 7. Perfil medioambiental para el ACV.....	44
Figura 8. Emisiones e incidencias consideradas para la categoría de Acidificación.	45
Figura 9. Emisiones e incidencias consideradas para la categoría de Eutrofización.....	46

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Taxonomía de la planta de higuera.	16
Tabla 2. Impactos ambientales directos e indirectos	25
Tabla 3. Indicadores de impacto para análisis de ciclo de vida.....	34
Tabla 4. Asociación de las diferentes emisiones a las categorías de impacto (Anton, 2004)	37
Tabla 5. Tabla de resultados de cultivo Sabana de Torres	40
Tabla 6. Cálculo de indicadores con fórmula de la metodología	43
Tabla 7. Cuadro comparativo de impactos ambientales de las diferentes técnicas de extracción.....	48

RESUMEN

Cada día hay mayor interés por parte de las empresas, del sector industrial, de los profesionales y de la sociedad en general por el medio ambiente. Los recientes desastres ecológicos y el acelerado cambio climático, han sensibilizado a la comunidad mundial para que valore el medio ambiente. Esta concientización del entorno ha hecho que la Unión Europea y sus Estados miembros hayan implementado directrices y las correspondientes leyes nacionales, que tratan de proteger el medio ambiente nacional y comunitario y de controlar las actividades que pueden afectarlo, entre las que, en primer lugar, figuran las industriales (Molina, 2011) .

El concepto de ciclo de vida del producto es muy útil para estimular a los ingenieros a planear, a fin de que sean capaces de tomar la iniciativa, en lugar de reaccionar a hechos pasados (De Lamb Charles, 2002). Ayuda a cuantificar flujos de desechos por medio de balances de masas, pudiendo cuantificar la significancia de los impactos ambientales generados en cualquier proceso industrial Como por ejemplo la producción de aceite de higuera, el cual en la última década ha tomado gran importancia y protagonismo por sus características y beneficios.

PALABRAS CLAVE. Higuera, ciclo de vida, impacto ambiental, fuente de energía, aceite vegetal.

INTRODUCCIÓN

El impulso que ha tomado hoy en día las energías limpias conlleva un incremento en la investigación de nuevas alternativas y procesos de cambio para la utilización de recursos naturales de manera amigable, a su vez el reemplazo de combustibles fósiles por biocombustibles que produzcan un impacto ambiental menor o menos nocivo. Por ejemplo, con el consumo de biodiesel se reduce el nivel de emisiones contaminantes al medio ambiente, disminuye cantidad de aceites pesados y una serie de compuestos volátiles que perjudican el comportamiento acelerado del cambio climático y contaminación. La determinación de los impactos que se producen al utilizar algún combustible se realiza por medio de análisis cualitativos y cuantitativos. Para realizar un estudio significativo de alternativas, es necesario hacer un análisis del ciclo de vida para cuantificar las emisiones, pero el impacto real de esas emisiones depende de cuándo, dónde y cómo se liberen al medio ambiente, el escenario para que estas emisiones tengan un impacto menor.

Una de las alternativas de las que se está empezando a hablar y tomando gran importancia en el sector industrial, es el uso de aceite de higuera para la producción de biodiesel, y otros productos de belleza. En la actualidad del país, se ha iniciado y se está intensificando la producción de combustibles alternativos que sustituyan una parte de los de origen fósil y entre ellos está el biodiesel a partir de la palma africana.

El aceite de higuera es un producto importante en proyectos de biocombustibles, requiere una integración del ACV (ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA), donde se analice detalladamente el análisis de inventarios, su potencial en cada subproceso, y realizar un estudio de indicadores de control y seguimiento para el monitoreo ambiental de los impactos del ciclo de vida de la producción y extracción de este aceite.

Por lo anterior, se desarrolló una serie de documentación y revisión de los antecedentes e indicadores de control del proceso de producción y extracción de este aceite vegetal, encontrado ventajas en su producción, como una excelente alternativa para una energía emergente.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia las reservas de petróleo han disminuido considerablemente y hoy en día se habla de que en unos años seremos importadores de crudo, lo que incrementará el costo en la producción de los combustibles. Según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), las reservas de petróleo del país son de 1.659 millones de barriles, es decir que a Colombia solo le quedaría menos de 7.1 años de producción de petróleo lo cual genera incertidumbre de este recurso energético (Paez, 2018).

A su vez la implementación de los combustibles fósiles en distintas tareas genera la liberación de una gran cantidad de gases contaminantes como dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno producto de la combustión, generando problemas ambientales y desgaste de la capa de ozono; por lo tanto, es necesario buscar otras alternativas como fuentes energéticas que disminuya el problema de contaminación ambiental (Cordoba, 2012).

La problemática que se ha evidenciado de contaminación ambiental por el uso de combustibles fósiles, el crecimiento del territorio y el desarrollo del país pone en evidencia la escasez el alto nivel de dependencia del desarrollo con derivados del petróleo; lo cual ha obligado a la exploración de nuevas fuentes energéticas ambientalmente limpias (UPME , 2003). La sustitución de estos combustibles tradicionales, derivados del petróleo, por otros, como por ejemplo los de origen vegetal, es de gran ventaja ambiental, ya que provienen de una fuente renovable, son un instrumento de lucha contra el deterioro ambiental, además de un factor de desarrollo socioeconómico, entre otros (CORPOICA, 2008).

La problemática ambiental mundial ha obligado a pensar en utilizar otra fuente energética como lo es el biocombustible de origen vegetal, una posibilidad de estos se da a partir de aceite de higuera, los cuales, tienen entre otras fortalezas agregadas, una disminución considerable de los elementos contaminantes en nuestra atmosfera.

Diferentes reportes bibliográficos indican que el aceite de higuera puede ser una fuente potencial para la obtención de biodiesel debido a que ofrece mejores condiciones técnicas en su utilización como propiedades de flujo, puntos de nube y fluidez a bajas temperaturas,

disminución de gases de efecto invernadero y disminución en la opacidad de los humos (CARDENAS, 2011).

1.2. JUSTIFICACIÓN

La preocupación mundial por los problemas medio ambientales derivados del sector industrial y actividad antropológica, que han manifestado gobiernos y organizaciones internacionales, empresas e incluso consumidores interesados en saber cómo han sido elaborados los productos que adquieren para su consumo, ha llevado al estudio de estrategias y lineamientos a través de acuerdos mundiales y normatividad internacional que faciliten sistemas de producción ecoeficientes, entre estas estrategias aparece el Análisis del Ciclo de Vida, el cual aborda y analiza los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto o de un proceso productivo. En el entendido que la producción y consumo sostenible solo se lograrán si se piensa en el impacto ambiental de cada una de las etapas de toma de decisiones en el campo industrial y de consumo (ORREGO, 2012).

Sin embargo, su obtención implica el uso de solventes y energía debido a que el aceite contenido en la semilla necesita un agente químico que ayude a la extracción de las prensas o equipos de prensado las cuales pueden llegar a retener hasta un 8% del aceite, como por ejemplo el hexano, el cual es de fácil obtención a nivel industrial y con gran capacidad de disolución de grasas (CORPODIB, 2003).

Colombia es un país con alto potencial de producción de aceite de higuera, ya que la materia prima se desarrolla en climas tropicales. La producción de aceite de higuera cuenta con las siguientes etapas: Almacenamiento, Limpieza, Pre tratamiento, descascarado, Extracción del aceite y Torta de prensado. En los subprocesos como la extracción del aceite se hace uso de solventes los cuales ayudan a extraer con mayor facilidad y proporción el aceite de la semilla, como por ejemplo la utilización de hexano. Por ellos es de gran importancia realizar un análisis de los impactos ambientales generador durante el proceso de producción de aceite por medio de análisis de ciclo de vida, el cual cuantifica las entradas, consumos y salidas de materias primas, productos y desechos que involucran el proceso.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General.

- I. Realizar una revisión bibliográfica de los impactos ambientales asociados a la obtención de aceite de higuera medidos mediante la metodología de análisis de ciclo de vida.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- I. Analizar la obtención de aceite de higuera por medio de un diagrama de flujo conceptual para determinar las etapas asociadas a la producción, a partir de la revisión bibliográfica del proceso de producción
- II. Comparar los resultados de la metodología de análisis de ciclo de vida aplicado en el proceso de obtención del aceite de higuera
- III. Identificar los impactos ambientales asociados a las etapas previamente identificadas del análisis de ciclo de vida de la obtención de aceite de higuera.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

Los diferentes estudios que se han realizado para el comportamiento del ciclo de vida del aceite de higuera y su dinámica como proceso de producción de biodiesel han tenido diferentes conclusiones y análisis. No solamente en Colombia se ve como potencia para la producción en masa de este tipo de energía alternativa, sino otros países en especial Brasil se ve como potencia de estudio y de producción.

Benavides pudo determinar que el rendimiento efectivo de un motor mecánico no se ve afectado con el uso del biodiesel de aceite de higuera en comparación al uso de combustibles fósiles o la utilización de cualquier otro biocombustible de origen vegetal. Para mantener la misma potencia en el eje es necesario consumir más biodiesel, sin embargo, este tiene menor poder calorífico, por lo que finalmente la relación entre las energías a la salida y a la entrada es la misma que para el combustible diésel. Haciendo así la comparación entre el biodiesel y el diésel combustible y anotando ventajas de la utilización como alternativa

energética y la minimización de los impactos ambientales producidos por esta nueva alternativa energética que nos ayuda a tener una idea de los beneficios de su estudio (BENAVIDES, 2007).

Ardila en el 2010 realizó una investigación titulada “Caracterización del biodiesel producido a partir de aceite de higuierilla y evaluación de las variables de proceso sobre el porcentaje de glicerina”, en la cual se llevó a cabo pruebas para estudiar y determinar el porcentaje del compuesto en la reacción de Transesterificación a partir de aceite de higuierilla (*Ricinus communis L.*), usando como catalizador el metanol y NaOH, en un sistema de reactor por lote de 0.5 L, en el cual se obtuvo que el biodiesel generado a partir de aceite de higuierilla es un combustible que puede mezclarse con el diésel corriente en las proporciones de B5 y B15 como una alternativa viable para el desarrollo sostenible (ARDILA, 2010). En ese mismo año, Guerrero trabajó los efectos de la temperatura en la producción de biodiesel con aceite de higuierilla concluyendo en que la temperatura óptima es 50°C (GUERRERO, 2010). En Brasil, Costa Barbosa estudio la producción de biodiesel a partir de la adición de etanol en aceites de ricino, soya y mezclas de ellos, concluyendo que en las mezclas de aceites vegetales que contienen hasta 25% en peso de aceite de ricino obtuvieron biodiesel que se purifica más fácilmente en comparación a los producidos a partir de aceite de ricino puro, por lo tanto podrían obtenerse rendimientos del proceso relativamente altos a escala industrial (COSTA BARBOSA, 2010).

En el 2011, Hincapie desarrolló procesos de transesterificación convencional in situ de las semillas de higuierilla para la producción de biodiesel, donde observó la factibilidad de la producción de biodiesel a partir de semillas mediante procesos convencionales e in situ, a partir de espectrometría de RMN (HINCAPIE, 2011).

Otros estudios paralelos se realizaron en Ecuador el mismo año, donde Arancibia estudio la obtención de biodiesel a partir de semillas oleaginosas de la provincia de Chimborazo por medio de compresión y arrastre de hexano, analizando las características y parámetros del biodiesel obtenido dentro del marco de las normas ASTM D con excepción del punto de inflamación en el B100 de higuierilla (ARANCIBIA, 2011).

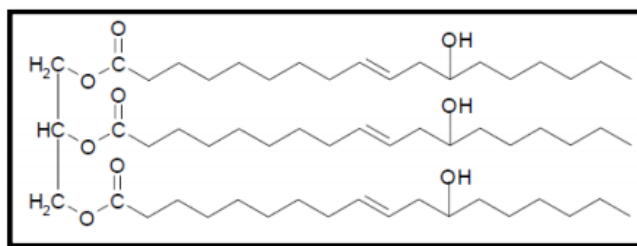
2. MARCOS REFERENCIALES

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Aceite de Higuierilla.

El aceite proveniente de la semilla de higuierilla (*Ricinus Communis*) también llamado aceite de ricino o de castor, tiene como su principal componente es el ácido ricinoleico, el cual se encuentra formando el triglicérido simple denominado trirricinoleína, cuya concentración en porcentaje por peso es cercana al 90%. Además de esto, en este aceite de origen vegetal se pueden encontrar pequeñas cantidades de tripalmitina, triestearina y otros triglicéridos mixtos. Dada su naturaleza química, el aceite es un líquido altamente viscoso, miscible en alcohol y ácido acético y de bajo punto de solidificación (BENAVIDES, 2007).

Figura 1. Triglicérido del aceite de ricino



Fuente: GARCÍA, UAM-Cuajimalpa, 2009.

- **Composición química:** Al igual que otros aceites vegetales, el aceite de ricino es un triglicérido de diversos ácidos grasos y alrededor de 10% de glicerina. Los ácidos grasos constan de aproximadamente 80- 90% de ácido ricinoleico, 3-6% de ácido linoleico, 2-4% de ácido oleico y 1-5% de ácidos grasos saturados (ácidos esteáricos, palmítico, dihidroxiesteárico y eicosanoico). También contiene ácido linolenico (alrededor del 0.3%). El alto contenido de ácido ricinoleico es la razón para el valor versátil del aceite de ricino en la tecnología ya que la presencia de grupos hidroxilo y dobles enlaces hace que el aceite sea adecuado para muchas modificaciones y reacciones químicas. En comparación con otros aceites vegetales, el aceite de ricino tiene una muy alta proporción de ácidos grasos insaturados (18:1). Una proporción

relativamente alta de estos ácidos puede encontrarse sólo en el aceite de girasol de alto oleico (HO), que aparece, sin embargo, como ácido oleico. En el aceite de higuera es ácido ricinoleico, el único ácido graso insaturado con una función hidroxilo en el carbono 12 que aparece en los aceites vegetales naturales. La viscosidad extraordinariamente alta del aceite de higuera se atribuye a la presencia de este grupo hidroxilo (SANCHEZ, 2012).

Tabla 1. Taxonomía de la planta de higuera.

Reino	Plantae
subreino	Traqueobionta
superdivision	Spermatophyta
división	Magnoliophyta
clase	Magnoliopsida
subclase	Rosidae
orden	Euphorbiales
familia	Euphorbiaceae
nombre científico	Ricinus Communis

Fuente: LEAL, D. A. 2009, 110 p.

La Higuera es catalogada como la mejor planta para crear biocombustible tipo Diésel, aseguran Ingenieros que estudian sus propiedades desde hace una década. El aceite de ricino ya tiene un mercado internacional pues es utilizado como insumo en unas 500 aplicaciones medicinales, cosméticas, alimenticias, etc.; investigaciones realizadas en Brasil durante los últimos dos años, se han enfocado a la alternativa energética ya que, durante décadas fue el mayor productor y exportador mundial de aceite de ricino, y cayó al tercer lugar, superado por India y China. Su producción de 500 mil toneladas a fines de los años 80 cayó a menos de 120 mil el año pasado, el fin de la investigación es impulsar la producción y consumo de Biodiesel, lo que conllevará al renacimiento del cultivo, y un continuo mejoramiento ambiental “Sus productores crearon asociaciones nacionales e internacionales para difundir

esta energía alternativa, que reduce la contaminación urbana y el efecto invernadero característico de los gases emitidos por la combustión de petróleo (TIERRAMERICA, 2016). Países como Costa Rica, Ecuador y Brasil son catalogados como los mayores productores de Higuierilla en América, siendo también la cuna de innumerables estudios sobre el procesamiento de biodiesel de origen vegetal.

Hector Mario Veloza, autor del proyecto de desarrollo social para la implementación del cultivo de higuierilla en Colombia, analiza el sin número de aplicaciones industriales que tiene el aceite de higuierilla como la química, la cosmética, de barnices y lubricantes, entre otras. Gallego advierte que el aceite de higuierilla puede reemplazar los plásticos que utilizan clorofluorocarburos (CFC), con lo cual se protege la vulnerable capa de ozono y alivia los impactos ambientales generados por la emisión de gases de efecto invernadero. Veloza reconoce que aunque la producción de la planta resulta económica para el campesino, pues no se necesitan fungicidas para el control de plagas debido a que el aceite sirve como repelente, y tampoco necesita estimulantes para su crecimiento; en Colombia son pocas las tierras dedicadas a su producción (VELOZA, 2012).

- **Distribución Regional:** Se le encuentra ampliamente plantada y naturalizada en el continente americano desde el Sur de los Estados Unidos hasta Brasil y Argentina. En Colombia cubre la mayoría de los pisos térmicos desde el nivel del mar hasta los 2700 msnm, generalmente en forma aislada, aunque se considera un cultivo promisorio por lo que se pensaría en importación para la utilización a escala industrial (Agencia de Noticias UN, 2018).
- **Clima Y Suelos:** El cultivo de higuierilla comúnmente se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 2.500m de altura siendo un amplio rango de pisos térmicos, pero conforme aumenta la altitud, decrece el contenido de aceite disminuyendo su capacidad para la elaboración de aceite de origen vegetal. Higuierilla requiere una época seca definida después de la floración y su requerimiento de agua durante la etapa de crecimiento es de 600 a 800 milímetros. Prospera bien en suelos de mediana o alta fertilidad, profundos, sueltos, permeables, aireados, bien drenados, con altas cantidades de elementos nutritivos y con pH sobre 5,5 (óptimo 6-7), aunque no soporta la alcalinidad (RAMIREZ, 2005).

Tiene gran capacidad de adaptación frente a cambios climáticos y hoy día es cultivada prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales.

Su origen es muy discutido y algunos la consideran originaria de Asia y otros como nativa de América, pero se cree que afrecha es su cuna. Es importante aclarar que la especie tiene facilidad de adaptación a diferentes condiciones y zonas de vida sin embargo las que aquí se presentan son las óptimas para su crecimiento y rendimiento productivo, por otra parte como se adapta a zonas difíciles es una especie óptima para recuperación de suelos degradados por áreas en conflicto de uso (Bermudez, 2014) .

El beneficiado de la higuera puede ser manual o mecanizada y tiene tres etapas básicas: secado, separación, limpieza y ensacado de la semilla. El secado puede ser natural o mediante secadoras. La separación es mediante la máquina descascaradora y la limpieza puede ser manual (aventado) o por abanicos mecánicos. Para los frutos indehiscentes el proceso de separado debe ser mecanizado (innovagsust, 2011).

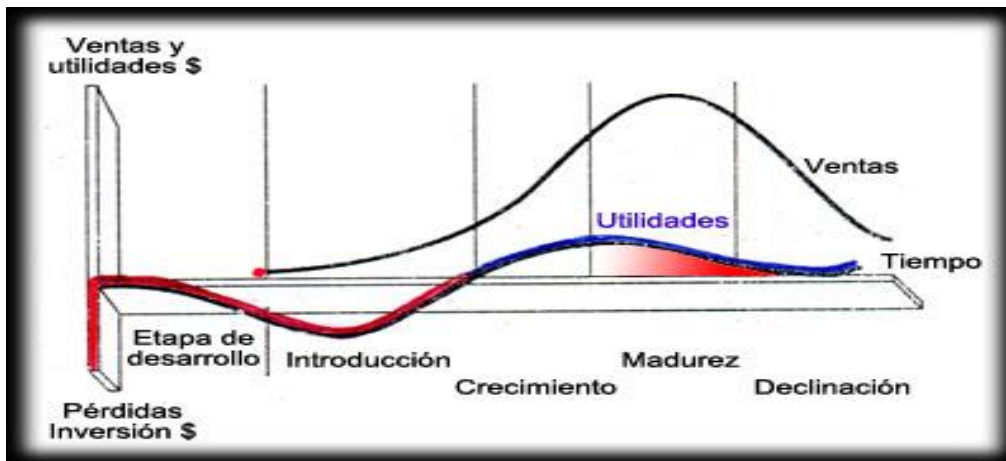
Este cultivo tiene un buen margen de producción en sus dos primeras cosechas, por lo cual al finalizar la cosecha del segundo turno se propone realizar un corte y una nueva siembra, para mantener los rendimientos de producción.

2.1.2. Ciclo de vida, según procedimiento normas ISO 14040

El análisis de ciclo de vida, de acuerdo normas ISO 14040, es una herramienta de gestión ambiental que brinda una base sólida para que la dirección de una organización pueda tomar decisiones técnicas adecuadas con base a cuestiones que podría plantearse existentes.

Según Rodríguez, D, (2012), a semejanza del ser humano, los productos pasan por un ciclo de vida: crecen (en ventas), luego declinan (envejecen) y con el tiempo terminan por ser reemplazados. Del nacimiento a su muerte, el ciclo de vida de un producto se divide generalmente en cuatro etapas: introducción, crecimiento, madurez y declinación. En la siguiente figura (ver Figura 2.) se muestra el patrón característico del crecimiento de las ventas y la declinación de los productos a medida que recorren su ciclo de vida (RODRIGUEZ D. , 2012).

Figura 2. Dinámica del ciclo de vida de un producto



Fuente: (RODRIGUEZ D. , 2012)

La preocupación mundial por los problemas ambientales derivados de la producción industrial y procesos antropológicos, que han manifestado gobiernos y organizaciones internacionales, empresas e incluso consumidores interesados en saber cómo han sido elaborados los productos que consumen, ha llevado al desarrollo de estrategias y lineamientos a través de acuerdos mundiales y normativas internaciones que permitan sistemas de producción eficientes con el ambiente, entre estas metodologías surge el Análisis del Ciclo de Vida, el cual se encarga de abordar y analizar los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto o de una actividad productiva, ya que la producción y consumo sostenibles, solo se lograrán si se piensa en el impacto ambiental en cada etapa de toma de decisiones en el campo industrial y de consumo. Así mismo el ciclo de vida de un producto beneficia en la optimización de las etapas del proceso de producción. En este análisis se incluyen los productos, los impactos ambientales derivados del consumo de materias primas y de energías o servicios industriales necesarios para su producción, las emisiones y los residuos generados en el proceso de elaboración tanto sólidos y líquidos, así como los impactos positivos y negativos procedentes del fin de vida del producto cuando se consume o no se puede utilizar. Adicionalmente, el análisis de ciclo de vida (ACV), es una metodología de índole internacional, que se proyecta en el marco de la gestión ambiental con el fin de analizar la dinámica de la materia y la energía en los sistemas productivos y la forma

de hacerla más eficiente a través de mejorar los procesos en todas las fases de la producción (ORREGO, 2012).

Se pretende describir el ACV y su inclusión en el contexto del desarrollo sostenible, principio relacionado con la sostenibilidad y las directrices del sector productivo sobre el manejo de un producto y la forma en que las sociedades hacen uso de él (ORREGO, 2012).

2.1.3. Biomasa natural

La biomasa tiene una amplia definición, y es toda la materia orgánica de origen natural o animal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial.

Fundamentalmente la leña procedente de árboles que crecen de forma espontánea (sin ser cultivados), la cual ha sido tradicionalmente utilizada por el hombre para calentarse y cocinar. Sin embargo, no se debe hacer un aprovechamiento sin control de este tipo de biomasa ya que se podrían destruir sus ecosistemas, que constituyen una reserva de incalculable valor. Sí se pueden, y deben, utilizar los residuos de las partes muertas, restos de podas y clareos, etc., puesto que, además, así se evitan posibles incendios. La biomasa natural constituye la base del consumo energético de muchos países en vías de desarrollo, pero su sobreexplotación está ocasionando el aumento de la desertización (ALFARO, 2006).

2.1.4. Biomasa residual

Se produce en explotaciones agrícolas, forestales o ganaderas; también se generan residuos orgánicos en la industria y en núcleos urbanos, denominados en este último caso RSU (Residuos Sólidos Urbanos). Además de producir electricidad, que puede hacer que las instalaciones sean autosuficientes aprovechando sus propios recursos (como, por ejemplo, en granjas, serrerías, industrias papeleras o depuradoras urbanas), generan un beneficio adicional, a veces más valorado que la propia generación de electricidad, que es el evitar la degradación del medioambiente eliminando estos residuos (ALFARO, 2006).

2.1.5. Cultivos energéticos

En estos casos los terrenos y los agricultores no se dedican a producir alimentos sino a obtener cultivos que se aprovechan energéticamente. Entre otros, podemos distinguir los siguientes

tipos: Cultivos tradicionales y cultivos no alimentarios (instituto tecnologico de canarias, 2008).

2.1.6. *Ventajas de utilizar la biomasa*

El uso de la biomasa tiene una serie de ventajas ambientales y económicas:

Ventajas ambientales

- Balance neutro de emisiones de CO₂ (principal gas responsable del efecto invernadero). La combustión de biomasa produce CO₂, pero una cantidad análoga a la que fue captada previamente por las plantas durante su fase de crecimiento, por lo que su combustión no supone un incremento neto de este gas en la atmósfera (ILASACA, 2012).
- La biomasa no contiene nada o casi nada de azufre, y por esto su combustión no contribuye a la lluvia ácida.
- Se pueden reutilizar las cenizas de la combustión como fertilizante.
- Gran parte de la biomasa procede de residuos que hay que eliminar, y de ahí que su aprovechamiento haga desaparecer un problema medioambiental a la vez que convierte un residuo en un recurso (ILASACA, 2012).

Ventajas Económicas

- Favorece el desarrollo del mundo rural y supone una oportunidad para el sector agrícola.
- Favorece la sustitución parcial de los combustibles importados por otros producidos localmente, por lo que, aparte de las ventajas en generación de riqueza (productos, empleos, etc.), supone un ahorro de divisas y un incremento del PIB (Producto Interior Bruto) (ILASACA, 2012).

2.1.7. *Ventajas del uso de los biocombustibles*

- ✓ Permite el cierre del ciclo de carbono (CO₂), lo que contribuye a la estabilización de la concentración de este gas en la atmósfera (esto ayuda a frenar el calentamiento global) (ALBURQUERQUE, 2009).

- ✓ En ciertas ocasiones una amplia zona para el cultivo de plantas puede utilizarse para la producción de biocombustibles. Generación de empleo e ingresos en el campo (esto evita el colapso en los núcleos urbanos). Menor inversión financiera en investigación (las investigaciones de prospección de petróleo son muy dispendiosas) (ALBURQUERQUE, 2009).
- ✓ El biodiesel sustituye a la gasolina diésel sin necesidad de ajustes en el motor. Reducción de basura en el planeta (puede ser utilizada para la producción de biocombustibles).
- ✓ Manejo y almacenamiento más seguro que los combustibles fósiles.
- ✓ Proporcionan una fuente de energía reciclable y, por lo tanto, inagotable.
- ✓ Las emisiones de gas del invernadero son reducidas el 12% por la producción y la combustión del etanol y el 41% por el biodiesel (ALBURQUERQUE, 2009).
- ✓ Revitalizan las economías rurales, y generan empleo al favorecer la puesta en marcha de un nuevo sector en el ámbito agrícola.
- ✓ Mejoran el aprovechamiento de tierras con poco valor agrícola y que, en ocasiones, se abandonan por la escasa rentabilidad de los cultivos tradicionales.
- ✓ Mejora la competitividad al no tener que importar fuentes de energía tradicionales
- ✓ Costo: Una vez que la tecnología esté disponible de manera general, el precio de los *biocombustibles* será mucho menor que en de la gasolina o el diésel.
- ✓ Material Disponible: Mientras que el petróleo es un recurso limitado, los biocombustibles pueden ser fabricados de muchos materiales diferentes y renovables (ALBURQUERQUE, 2009).
- ✓ Seguridad: Al reducir la dependencia de combustibles extranjeros, los países podrán proteger su integridad de los ataques de manera más fácil.
- ✓ Estimulación Económica: Como se producen de manera local, las plantas de biocombustibles generan empleos en áreas rurales.
- ✓ Bajas emisiones de Carbono: Cuando son quemados producen significativamente menos carbón que los combustibles fósiles.

2.1.8. Desventajas del uso de los biocombustibles

- Consume grandes cantidades de energía para producirse. Aumento del consumo de agua (para el riego de cultivos).
- Reducción de la biodiversidad.
- Las culturas para producción de biocombustibles consumen muchos fertilizantes nitrogenados, con liberación de óxidos de nitrógeno, que también contribuyen al efecto invernadero.
- Devastación de áreas forestales (grandes consumidores de CO₂) para la siembra de los cultivos involucrados en la producción de biocombustibles. Posibilidad de reducción de la producción alimentaria a expensas de la producción de biocombustibles creciente, que puede contribuir a aumentar el hambre en el mundo y el encarecimiento del precio de los alimentos (CARDENAS, 2011).
- Contaminación de las aguas subterráneas por nitritos y nitratos de los fertilizantes. La ingestión de estos productos causa problemas respiratorios, debido a la producción de metahemoglobina (hemoglobina oxidada).
- La quema de caña de azúcar libera grandes cantidades de nitrógeno gaseoso, que regresa al ambiente en forma de lluvia seca de fertilizantes. En los ambientes acuáticos, el efecto es muy rápido: proliferación de algas, con liberación de toxinas y consumo de casi todo el oxígeno del agua, lo que provoca la muerte de un gran número de especies. La quema de paja de caña de azúcar propaga fertilizante por el aire (CARDENAS, 2011).
- Los biocombustibles producidos a base de palma aceitera, caña de azúcar y soja conllevan graves impactos sociales y medio ambientales
- Su uso se limita a motores de bajo rendimiento y poca potencia.
- Su producción sólo es viable mediante subvenciones, porque los costes doblan a los de la gasolina o el gasóleo. Se necesita grandes espacios de cultivo, dado que del total de la plantación sólo se consigue un 7% de combustible (CARDENAS, 2011).
- El combustible precisa de una transformación previa compleja.
- En los bioalcoholes, la destilación provoca, respecto a la gasolina o al gasóleo, una mayor emisión en dióxido de carbono.

- Cantidad de Energía: Los biocombustibles tienen menos cantidad de energía, por lo que se necesita más material para producir la misma energía que la gasolina.
- Contaminación en la Producción: Muchos estudios se han hecho que muestran que, si bien no contaminan a la hora de ser quemados, hay fuertes indicaciones que el proceso de crearlo contamina mucho.
- Precio de la Comida: Se dice que la demanda de cultivos para la fabricación del combustible podría afectar los precios de los alimentos.
- Uso de Agua: Se necesitan grandes cantidades de agua para regar los campos para cultivar el producto necesario.

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

3.1. OBTENCIÓN DE ACEITE DE HIGUERILLA

3.1.1. Cultivo de higerilla.

El cultivo de higerilla es una interesante alternativa para la obtención de aceite de innumerables aplicaciones en la industria como aceite alimenticio, cosmético, y sin duda la más importante, fuente de materia prima para producción de biocombustibles. Según Rodríguez, el cultivo de higerilla es un cultivo con una rentabilidad del 253.99% (RODRIGUEZ D. , 2010), no perecedero, sin plagas que afecte el cultivo, con mercado asegurado en el territorio nacional, resistente a temperaturas extremas y de rápida producción de su fruto. El cultivo de higerilla se caracteriza popularmente dentro de los agricultores, como maleza, ya que son plantas muy resistentes y puede crecer en cualquier tipo de suelo preferiblemente franco arenoso, resistente a las plagas y con bajo consumo de recurso hídrico. La producción del fruto de higerilla se desarrolla entre los 90 a 120 días. En una hectárea de cultivo se puede producir alrededor de 4300 kilos anuales de semilla que bajo condiciones óptimas de cultivo pueden contener un 50% de su peso en aceite de ricino, con un costo de sostenibilidad de alrededor de dos millones de pesos colombianos. La producción de 4,3 toneladas de semilla de higerilla representa una retribución monetaria de cuatro millones

trescientos mil pesos, dando finalmente una rentabilidad aproximada de dos millones de pesos por hectárea al año (DGETA TV, 2017).

El principal factor de determinación en la implementación del cultivo de higuerilla es el suelo, el cual brinda los nutrientes primordiales para el crecimiento de la planta, así como el volumen de producción teniendo en cuenta otros agentes ambientales como lo son el agua y la cantidad de horas luz. En la siguiente tabla (Ver Tabla 2.), se muestra los impactos ambientales directos e indirectos del aceite de higuerilla, descritos por actividad, y medida a aplicar.

Tabla 2. Impactos ambientales directos e indirectos

RECURSO	ACTIVIDAD	IMPACTO AMBIENTAL	TIPO	MEDIDA A APLICAR
SUELO	Siembra	Remoción de micro fauna	Directo	Uso adecuado de plántulas
	Trazado	Remoción de suelo y micro fauna	Indirecto	Control y utilización de herramienta adecuada
	Trasplante	Transporte de hongos y enfermedades relacionadas a la planta	Indirecto	Control estricto de enfermedades y plagas
	Control y podas	Disminución en la vegetación y erosión del suelo	Indirecto	Manejo limpio del cultivo
	Control de plagas	Aplicación de agrotóxicos, para el mantenimiento	Directo	Modificar el proceso e implementar

		y control de insectos		control manual de plagas suponiendo que se generen
--	--	-----------------------	--	--

Fuente: (HERRERA, 2006)

3.1.2. Proceso De Extracción Del Aceite.

La semilla de Higuierilla contiene aceite que no puede extraerse con simplemente tritarlo, por lo que hay que llevar a cabo un proceso de extracción por medio de solvente que permita despojar a la semilla de la mayor cantidad posible de aceite, para posteriormente utilizarlo en la producción de biodiesel. La extracción por solventes es una operación unitaria que radica en utilizar un solvente para extraer triacilgliceroles de la semilla, dando una difusión del solvente en la materia prima que contiene al aceite (MARTINEZ M. d., 2013).

En los países productores de aceite, la higuierilla generalmente se procesa por dos sistemas. En el primero se emplea la extracción mecánica en dos etapas, uno a baja temperatura para obtener el aceite de mejor calidad. En el segundo sistema se hace la primera operación por extracción mecánica y luego se extrae con disolventes.

De la extracción resultan dos tipos de aceites que se reconocen en el mercado internacional como aceite grado N°1 y aceite N°3 (MARTINEZ M. d., 2013).

El N°. 1 procede de la primera expresión, seguida de filtración y blanqueado. Es de color claro brillante y de índice de acidez baja. También se le da el nombre de aceite de cristal y es el indicado para usos medicinales; comercialmente se le llama aceite de ricino (MARTINEZ M. d., 2013).

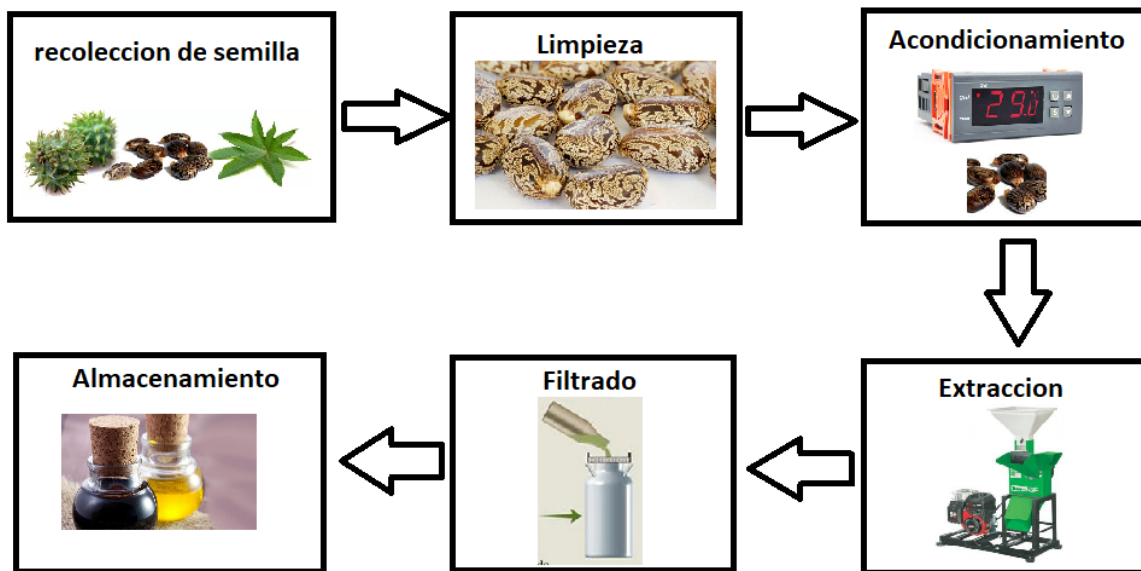
El aceite N°. 3 es el resultado de la segunda expresión o extracción. Resulta de color oscuro y con un índice de acidez alto.

El proceso de extracción de aceite es el siguiente:

- **Limpieza:** La semilla es sometida a un proceso de limpieza con el fin de eliminar todas las impurezas que acompañan la semilla.

- **Acondicionamiento:** Posteriormente la semilla se transporta a un precalentador donde se acondiciona y cocina la semilla a una temperatura de 120°C, con el fin de producir una acumulación de las gotas de aceite contenido por la semilla para facilitar la extracción.
- **Extracción:** Una vez acondicionada la semilla pasa directamente al molino o prensa. El mecanismo empleado para el prensado de la semilla consiste en una prensa, la cual aprisiona el material a través de un tornillo helicoidal cuyo diámetro y paso van disminuyendo progresivamente. El material es alimentado por la parte más ancha del tornillo el cual gira alrededor de una especie de cono. A medida que gira el tornillo se obtiene una masa aceitosa que cae en un tanque de almacenamiento temporal, donde se prepara para ser filtrado (MARTINEZ M. d., 2013).
- **Filtrado:** Por último, la masa aceitosa obtenida se traslada al filtro prensa, el cual separa la tora del aceite. El mecanismo central de este filtro prensa, consiste en un conjunto de placas con un tornillo central que posee un timón que aprieta las placas. Entre cada placa (2cm aproximadamente) va una lana, a la cual se le prenden las impurezas. El resultado de este proceso es el aceite cristalino.
- **Planta Física:** Debido al volumen relativamente bajo de la semilla a procesar, y a que los equipos necesarios para la realización la extracción, son compactos y pequeños, por lo cual necesitan almacenamiento y en donde a la vez se instalaran los equipos para efectuar la extracción del aceite (IZAGUIRRE, 2016).
- **Almacenamiento del aceite:** Una vez procesada la semilla, el aceite es depositado en un tanque de almacenamiento temporal, de donde pasa a ser envasado en canecas de 50 galones que se almacenan en arrumes de cuatro canecas. La torta resultante es empacada en sacos plásticos con capacidad de 40kg. Y es almacenada sobre estibas de seis bultos en grupos de cuatro para posteriormente ser vendido a las industrias de abonos y fertilizantes (MARTINEZ M. d., 2013).

Figura 3. Proceso Ilustrado.



Fuente: Autor.

3.2. EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA DEL ACEITE DE HIGUERILLA

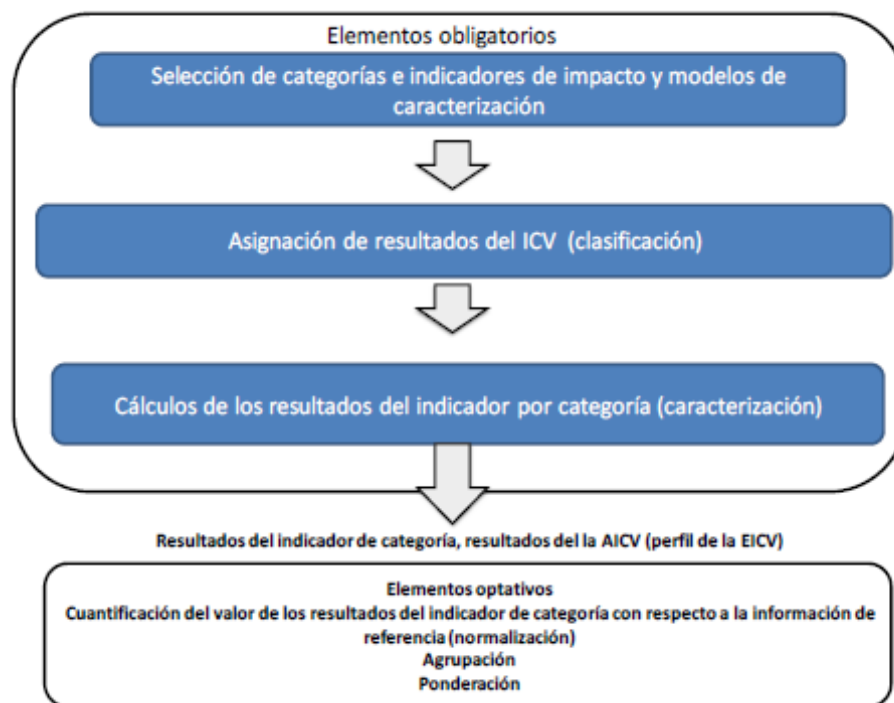
El ACV tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Evalúa en forma sistemática los aspectos e impactos ambientales de los sistemas de un producto.
- Naturaleza relativa debido a que ACV depende de la unidad funcional dentro de la metodología.
- El nivel de detalle y de la duración depende de la definición y alcance del ACV.
- Es un método flexible de acuerdo con la aplicación prevista y los requisitos de la organización

En la etapa de evaluación del impacto del ciclo de vida, se tiene como propósito evaluar los impactos ambientales, potenciales más significativos utilizando resultados del impacto del ciclo de vida. (ACEVEDO, 2012).

En este proceso se asocian los datos de inventario con las categorías de impactos ambientales específicos y con los indicadores de esas categorías para entender estos impactos.

Figura 4. Elemento de la Evaluación del impacto del ciclo de vida



Fuente: Modificada ISO 14042, 2000

Los elementos que son obligatorios:

- **Selección de la categoría de impacto, indicadores y modelos**
- **Clasificación:** es esta la fase se asigna los datos procedentes del inventario a cada categoría según el tipo de efecto ambiental esperado. Una categoría de impacto es una clase que representa las consecuencias ambientales generadas por los procesos o sistemas de productos.

- **Caracterización:** consiste en el modelamiento, mediante los factores de caracterización de los datos del inventario mediante cada una de las dichas categorías de impacto.

3.2.1. Interpretación del ciclo de vida

Es la fase donde se agrupan o se asocian los resultados del análisis de inventario y los de evaluación del impacto. La fase de la interpretación debe proporcionar resultados que sean coherentes con el objetivo y el alcance definidos, que lleguen a conclusiones, que expliquen las limitaciones y proporciones recomendables.

La fase de interpretación puede involucrar un proceso iterativo de revisión y de actualización del alcance de un ACV así como la naturaleza y de la calidad de los datos recopilados de modo que sean coherentes. Los hallazgos de la interpretación del ciclo de vida deberán reflejar los resultados del elemento de evaluación.

El ACV de un producto en nuestro caso el aceite de higuera, se considera como la historia del producto desde su origen como materia prima hasta su final como residuo o fuente energética, teniendo en cuenta todas las fases intermedias. Se trata de una herramienta que permite:

- Evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto (proceso o actividad) relacionadas con los efectos ambientales derivados del consumo de materias primas y energías necesarias para su manufactura, las emisiones y residuos generados en el proceso de producción, así como los efectos ambientales ocasionados por el fin de vida del producto cuando este se consume o no se puede utilizar.
- Comparar ambientalmente dos o más alternativas de diseño.
- Comparar ambientalmente distintos productos que realicen la misma función. La cual se va utilizó el análisis de la cuna a la puerta.

3.2.2. Análisis de inventario para la extracción

El análisis de inventario es una parte fundamental para la realización de un estudio del ciclo de vida de un producto. Por esta razón, es importante fundamentar las etapas y los factores que influyen en dicho inventario.

Este es un proceso iterativo. A medida que se recopilan datos y se aprende más sobre el sistema, se pueden identificar nuevos requisitos y limitaciones, que requieran cambios en los procedimientos de recopilación de datos, de manera que aún se puedan cumplir los objetivos de estudio.

3.2.2.1 Recopilación de datos

- Las entradas de energía, de materias primas, entradas auxiliares otras entradas físicas.
- Productos, co-productos y residuos
- Las emisiones de aire, vertidos al agua y suelo
- Otros aspectos ambientales.

Cálculo de datos. Esta etapa incluye:

- Validación de los datos recopilados
- Relación de los datos con los procesos unitarios
- Relación de los datos con el flujo de referencia de la funcionalidad.

3.2.2.2 Inventario para la extracción del aceite de higuera.

La extracción comercial de aceite desde el grano de higuera, se puede realizar tanto por presión mecánica, extracción por solventes o combinado; sin embargo, la presión mecánica solo remueve cerca del 45% de aceite presente en el grano y la cantidad restante en la torta, debe ser removida con solventes en un extractor soxhlet, para lo cual se emplean solventes como heptano, hexanos y esteres de petróleo (Ogunniyi, 2006).

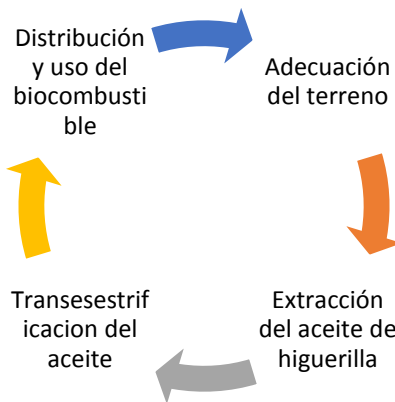
Según Chierice y Neto (2001) y Freire (2001), el proceso de extracción del aceite del grano de higuera puede alterar sus propiedades físicas, químicas y grado de pureza. Industrialmente, éste puede ser obtenido a través de tres procesos: Presión mecánica discontinua (fría o caliente), presión continua o Expeller y extracción por solventes.

La extracción con solventes con equipo Soxhlet, utiliza una mezcla (1:1) de hexano-metanol, como solvente. El equipo Soxhlet emplea reactores de vidrio provistos con sistema de agitación magnética y reflujo a presión atmosférica con calentamiento constante. (Dean, 1998).

Para esta se tiene en cuenta la contabilización de los flujos ambientales y energéticos de las diferentes materias primas y proceso involucrados en el ciclo de vida del aceite de higuera, mediante un análisis de balance de masa y energía.

Para la recolección de los datos necesarios, el ciclo de vida fue dividido en las etapas:

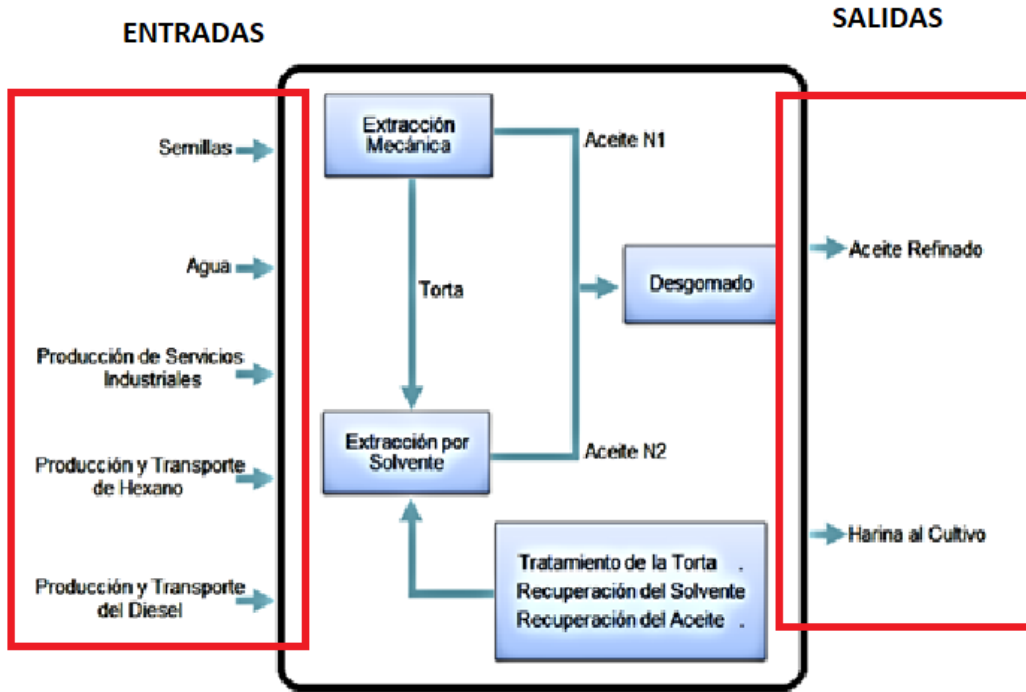
Figura 5. Ciclo de vida de aceite de higuera



Fuente: GOMEZ, Et al. (2012)

La importancia que tiene el esquema es considerar el estado del terreno que posee condiciones óptimas e iniciales para su producción.

Figura 6. Diagrama de extracción de aceite



Fuente: Antón, 2004

En primer lugar, se debe determinar que categorías de impacto van a ser consideradas, para posteriormente evaluar la importancia potencial de impactos ambientales utilizando los resultados del análisis de inventario. Para ello se selección de acuerdo a la disponibilidad de los datos y a la relevancia reportada por diversos autores (Anton, 2004; CIEMAT, 2006).

Estos impactos pueden ser contabilizados por medio de una ecuación:

$$\text{Indicador de impacto} = \sum_i m_i * (\text{factor de caracterizacion de la categoria})_i$$

Donde “mi” es la emisión del recurso utilizado, y el factor es propio de cada recurso. En la siguiente tabla se especifica el indicador y el factor de caracterización para cada una de las categorías de impacto, seleccionadas de acuerdo referencias a la disponibilidad de sus datos

y a la relevancia mostrada ante diferentes autores (Guereca, 2006; Anton, 2004; Bentrup et al., 2000).

Tabla 3. Indicadores de impacto para analisis de ciclo de vida

Categoría de impacto	Unidad de Referencia	Indicador de la categoría	Factor de caracterización
Cambio climático	Kg-eq. CO ₂	CCL	GWP(Kg-eq. CO ₂ /)
Acidificación	Kg-eq. H ⁺	AI	AP (Kg-eq. H ⁺ /g)
Eutrofización	Kg-eq. PO ₄	EI	EP(Kg-eq. PO ₄ /g)
Formación foto-oxidantes	Kg-eq. Etileno	POI	POCP(Kg-eq. Etileno/g)
Efactor respiratorios	Kg-eq. PM _{2,5}	REI	REP (Kg-eq. PM _{2,5})
Energía no renovable	MJ	NRE	NREP (MJ/Kg)

Fuente: Antón, 2004

A continuación, se describe más información sobre las categorías de impacto (información de salida).

- **Cambio climático:** se refiere al efecto generado por la energía radiactiva absorbida por la tierra, de los rayos solares, que es redistribuida por la atmosfera y los océanos y que luego es absorbida por los gases existentes (CO₂, CH₄, N₂O, CFCs, entre otros). Este impacto es evaluado por el indicador CCI, (Climate Change Indicator). Su medición está relacionada al efecto producido por un Kg de CO₂ y se calcula mediante la ecuación:

$$CCI = \sum_i GWPI \times mi$$

Donde mi es la masa de la sustancia i expresada en Kg Y GWP es el potencial de calentamiento global, un factor desarrollado para comparar las emisiones de diferentes gases invernaderos. Se define como la relación entre la contribución a la absorción de calor

resultante de la emisión de 1 Kg de un gas con efecto invernadero y la emisión equivalente de CO₂ a lo largo de un tiempo. (ACEVEDO, 2012)

- **Formación de Oxidantes fotoquímicos:** es la generación de compuestos químicamente reactivos formados en la troposfera bajo influencia de la luz ultravioleta, a través de reacciones de oxidación de Compuestos Orgánicos Volátiles y monóxido de carbono en la presencia de óxidos de nitrógeno. Los NO_x, actúa como catalizadores en esta reacción química, no son por tanto consumidos, pero en función de la concentración de NO_x, se verá afectada la producción de foto oxidantes. (ACEVEDO, 2012)

$$POI = \sum_i POCP_i \times m_i$$

- **Acidificación:** consiste en la disposición de ácidos resultantes de la liberación de óxidos de nitrógeno y sulfuro en la atmósfera, en el suelo y en el agua, donde puede variar la acidez del medio, cosa que afectará a la flora y fauna que habita en él, produce deforestación y también puede afectar a los materiales de la construcción. El indicador de esta categoría de acidificación, Al. Q-eq. H⁺ se expresa como:

$$AI = \sum_i AP_i \times m_i$$

Donde m_i es la masa en Kg de la sustancia i y AP es el potencial de acidificación. AP de la sustancia i se puede calcular como el potencial de iones de H⁺ equivalentes que puede emitir dicha sustancia i. las diferentes emisiones podrían ser sumadas basándose en su potencial de formar este tipo de iones.

- **Eutrofización:** en esta categoría se incluyen los impactos debidos a un alto nivel de los macronutrientes (nitrógeno y fósforo). Su aumento puede representar un incremento significativo en la producción de biomasa en los ecosistemas acuáticos. Un aumento de las algas en los ecosistemas acuáticos producirá una disminución del oxígeno debido a que la descomposición de dicha biomasa consumirá oxígeno como DBO. Este consumo puede producir a alcanzar unas condiciones anaerobias que liberan CH₄, H₂S y NH₃. (ACEVEDO, 2012)

- **Toxicidad:** Contempla los efectos sobre los humanos y los ecosistemas acuáticos y terrestres de las sustancias tóxicas existentes en el ambiente. El indicador de toxicidad que representa al ser humano está dado por HTI y del medio acuático ATI.

3.2.3. Ejemplo Estudio del ciclo de vida para el aceite de palma de aceite.

Para efectos comparativos, se analizó el estudio de análisis de ciclo de vida “de la cuna a la cuna” del biodiesel producido a partir de palma de aceite realizado por Amaya-Ramírez et al (2008), ya que se pudieron integrar los ciclos biogeoquímicos naturales del carbono y nitrógeno a todos los procesos de producción. Ellos concluyeron que la etapa de distribución y uso genera los mayores impactos en todas las categorías estudiadas, siendo el CO₂, NO₂, SO₂ y CH₄ los compuestos responsables de los mayores efectos contaminantes. Además, determinaron que para el tiempo de vida del ACV, el cultivo de palma de aceite reduce considerablemente los gases causantes del cambio climático, pero esta disminución no es apreciable comparada con las cargas generadas en los demás procesos.

Amaya-Ramírez et al (2008) evaluaron 6 categorías de impactos: cambio climático, acidificación, eutrofización, formación de oxidantes fotoquímicos, efectos respiratorios y energía no renovable. Los autores clasificaron dentro de estas categorías y les asignaron factores de equivalencia dentro de las mismas para hacer posible su comparación. En los casos en que un contaminante estuvo presente en varias categorías, utilizaron factores de equivalencias diferentes para evaluar su impacto. Se determinó que el CO₂ es el compuesto responsable de las mayores emisiones contaminantes dentro de esta categoría con el 95% de las emisiones totales. Existe una reducción significativa de emisiones de CO₂ en la etapa de adecuación agrícola. Las emisiones de metano generan los mayores impactos en las etapas de extracción del aceite y esterificación, seguidas por el NO₂ y CO en menor proporción. Los procesos de producción de biodiesel a partir de palma incrementan la acidificación al generar grandes emisiones de NO₂ y SO₂ en las etapas de producción de materias primas, principalmente electricidad y vapor. Las emisiones de NO₂ alcanzan el 72%, mientras que el

SO₂ se estima en 25% de la totalidad de los contaminantes tenidos en cuenta dentro de la categoría

3.3. Clasificación de impactos ambientales para la interpretación y análisis del ciclo de vida

En la etapa de interpretación de resultados, cada intervención ambiental con la categoría de impacto es definida y determinada. En la siguiente tabla se presenta esta asociación junto con los factores de caracterización.

Tabla 4. Asociación de las diferentes emisiones a las categorías de impacto (Anton, 2004)

SUSTANCIA	GWP	AP	EP	POCP	REP	NREP
CO ₂	1	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
CH ₄	7	n.c.	n.c.	0	n.c.	n.c.
N ₂ O	156	n.c.	n.c.	n.c.	0.1957	n.c.
CO ₂	1.57	n.c.	n.c.	n.c.	0.001	n.c.
HCl	n.c.	0.0279	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
HF	n.c.	0.05	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
NH ₃	n.c.	0.059	0.35	n.c.	n.c.	n.c.
NO ₂	n.c.	0.022	0.13	n.c.	0.1273	n.c.
SO ₂	n.c.	0.03125	n.c.	n.c.	0.078	n.c.
SO ₂	n.c.	n.c.	0.095	n.c.	n.c.	n.c.
NO ₃	n.c.	n.c.	0.42	n.c.	n.c.	n.c.
N	n.c.	n.c.	0.42	n.c.	0.124	n.c.
NH ₄	n.c.	n.c.	0.022	n.c.	n.c.	n.c.
DCO	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
Benceno	n.c.	n.c.	n.c.	0.11	n.c.	n.c.
Formaldehidos	n.c.	n.c.	n.c.	0.22	n.c.	n.c.

Hidrocarburos s.e.	n.c.	n.c.	n.c.	0.194	n.c.	n.c.
Hidrocarburos	n.c.	n.c.	n.c.	0.95	n.c.	n.c.
Partículas S.e	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0.1571	n.c.
PM10	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	0.5357	n.c.
Crude oil	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	45.8
Gas natural	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	40.3

s.e. sin especificar

n.c. no contribuye

3.3.1. Análisis de impactos y estudio comparativo

Hay que resaltar, que, como fuente alternativa el aceite de higuera, los impactos o incidencias ambientales más influyentes son:

- Pérdida del hábitat para la fauna terrestre y el espacio para vertederos, debido al uso de tierras
- Crecimiento excesivo de plantas y agotamiento de oxígeno, por la entrada de nutrientes al agua.
- Disminución de plantas acuáticas y producción de insectos y biodiversidad, disminución de la pesca local comercial o recreativa.

Según un estudio realizado por ROTH, la producción de aceite de higuera y la ficha de seguridad de aceite de ricino (EUR, 2016) no se tiene registro de bio-acumulación, ni bioaumentación, sin embargo, se están realizando estudios en el mismo laboratorio para determinar en varios tipos de aceite de higuera.

Para la realización de un análisis comparativo es importante realizar un análisis y una interpretación del ciclo de vida del aceite de higuera y como se obtiene, y realizar luego una evaluación de los impactos ambientales generados por este proceso. Finalizando en una comparación de con otros procesos de extracción de origen vegetal, sus ventajas y desventajas. (ACEVEDO, 2012)

3.3.2. Interpretación del ciclo de vida

Teniendo en cuenta que el proceso productivo de la higuera lleva consigo una serie de factores que influyen en él, es importante analizar e interpretar su ciclo de vida. Para realizar esta interpretación, es necesario evaluar el impacto ambiental asociado con las emisiones y uso de fuentes naturales. EL ACV (análisis de ciclo de vida), puede ser considerado como la herramienta que marca el estado del arte de la gestión ambiental.

En especial en la industria, por un lado, desde controles y acciones al final del tubo hasta los enfoques preventivos y anticipativos de producción limpia y, por otro lado, como punto de llegada de enfoque y metodologías que empezaron con el control de pérdidas y siguieron con las autoridades energéticas. Involucra conceptos y criterios de eco-diseño, mercados y productos verdes, entre otros. Además, forma parte de los enfoques de gestión integral hacia la responsabilidad social empresarial, línea de conexión con sistemas de gestión de riesgos, salud ocupacional, de seguridad industrial y de responsabilidad social.

Así mismo, el ACV, es el ámbito de convergencia de la gestión de calidad, y de la orientación del desempeño industrial hacia el modelo de desarrollo sostenible. Es una herramienta reconocida internacionalmente (contemplada dentro de las normas ISO 140044 del 2006) y de los sistemas de gestión ambiental usada para evaluar los impactos ambientales generados por un producto a lo largo de su ciclo de vida.

4. EJERCICIO DE APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el presente caso de estudio Gomes & Zurique en 2009 aplicaron la evaluación del ciclo de vida del aceite de higuera, en un cultivo ubicado en el municipio de Sabana de Torres, incluyendo el cultivo y la integración de ciclos biogeoquímicos, procesos de extracción, de esterificación y transesterificación para la obtención de biodiesel, la cual fue parte de una investigación realizada, dentro de un programa de análisis de cultivos de aceite de higuera. (GOMEZ & ZURIQUE, 2009).

En la siguiente tabla se representan los resultados obtenidos por los investigadores en un análisis llevado a cabo para cada etapa del ciclo de vida, en busca de contabilizar los diferentes impactos en el tiempo horizonte del ACV.

Tabla 5. Tabla de resultados de cultivo Sabana de Torres

	ETAPA	Adecuación del terreno e integración de los ciclos	Extracción del aceite de ricino	Transesterificación del aceite	Distribución y uso del biocombustible	Total
Emisiones en el aire, Kg	Hidrocarburos	2.01E+06	5.86E+06	1.35E+05	2.84E+08	2.92E+08
	CO	4.97E+06	2.13E+07	2.38E+06	9.97E+08	1.03E+09
	NO2	2.51E+07	2.52E+07	2.76E+07	1.93E+09	2.00E+09
	PM10	1.88E+06	5.02E+06	6.92E+06	2.36E+08	2.50E+08
	SO2	3.00E+06	3.41E+07	6.26E+07	8.59E+08	9.59E+08
	CH4	5.11E+05	1.43E+07	2.33E+07	1.75E+08	2.13E+08
	N2O	3.23E+06	1.14E+05	1.61E+05	1.13E+07	1.48E+07
	CO2	-2.01E+11	8.61E+09	9.40E+09	2.24E+11	4.14E+10

	Hidrocarburos(sin especificar)	1.15E+05	2.59E+05	2.19E+05	2.29E+08	2.29E+08
	Benceno	1.37E+02	2.28E+01	9.47E+00	1.68E+05	1.68E+05
	Formaldehidos	2.68E+03	3.00E+02	1.27E+02	9.18E+05	9.21E+05
	Partículas (sin especificar)	1.76E+05	2.67E+07	3.77E+07	1.40E+08	2.05E+08
	HCl	5.43E+03	1.02E+06	1.44E+06	3.39E+06	5.87E+06
	HF	8.66E+02	1.28E+05	1.81E+05	5.27E+05	8.36E+05
	NH3	2.20E+06	4.12E+02	9.83E+00	1.17E+05	2.32E+06
Emisiones en el agua, kg	DB5	8.22E+04	9.94E+04	3.83E+04	1.57E+08	1.57E+08
	DCO	1.45E+03	4.36E+03	3.24E+05	1.33E+09	1.33E+09
	Metales (Sin especifica)	1.49E+04	1.65E+04	3.20E+03	6.19E+06	6.22E+06
	Amonia (Como N)	1.15E+04	1.62E+03	9.40E+03	2.30E+07	2.30E+07
	Nitratos (NO3)	9.50E+00	8.22E+05	2.51E+03	4.95E+03	8.29E+05
	Agroquímicos (sin especificar)	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Energía, MJ	Energía Primaria	6.00E+10	9.30E+13	1.68E+11	1.03E+13	1.04E+14

	Energía	2.82E+10	9.01E+13	1.64E+11	1.03E+13	1.01E+14
	Fósil					

Fuente: Modificada, (GOMEZ & ZURIQUE, 2009)

Los datos obtenidos de los balances de masa y energía que se llevaron a cabo en el estudio mencionado cuantificaron las variables de estudio, para cada una de las etapas del ciclo de vida del producto seleccionado, estos resultados se resumen en la tabla anterior previamente citada.

4.1. Análisis del ciclo de vida del ejercicio de aplicación

Para la interpretación de los resultados, evaluaron el impacto ambiental asociado con las emisiones y usos de las fuentes naturales, describieron que la selección, clasificación y caracterización de los resultados de inventario, provenientes de la sección anterior.

En primer lugar, determinaron que categoría de impacto iba a ser considerada, para posteriormente evaluar la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados de la tabla 5, para ellos seleccionaron de acuerdo con la disponibilidad de datos y a la relevancia de los autores. (CORDOBA, 2012), además, tuvieron en cuenta las ecuaciones descritas para cada uno de los impactos, para contabilizar cada categoría.

Posteriormente, calcularon el porcentaje de participación que tiene cada una de las etapas o subprocesos de producción de biodiesel en las diferentes categorías de impacto (ACEVEDO, 2012).

4.2. Metodología para realización de graficas de indicadores

Para este paso el estudio indica que se utilizó la ecuación general para el cálculo de los indicadores:

$$Indicador = \sum_i m_i * (Factor\ de\ caacterizacion)_i$$

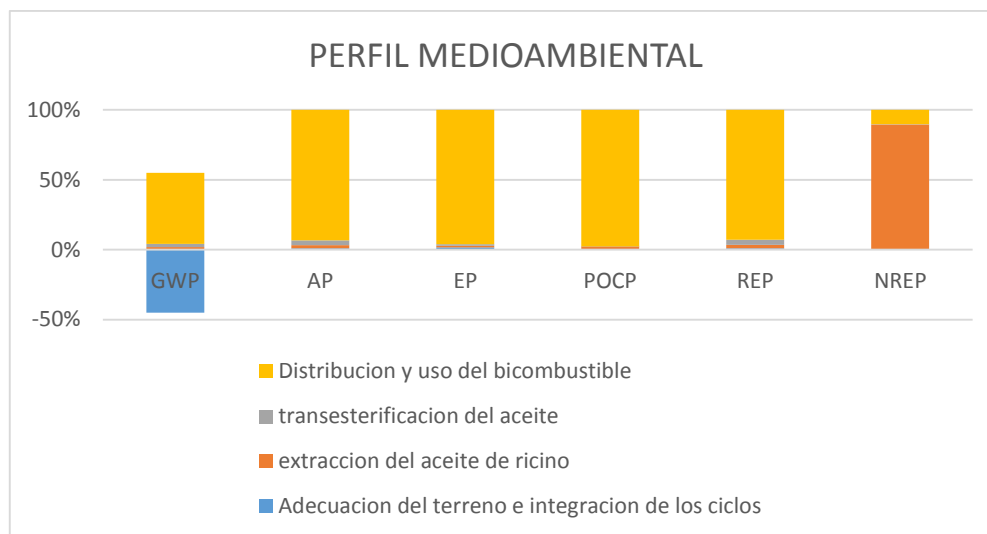
Con la anterior, tabularon los resultados de acuerdo a la ecuación, la tabla de resultados y la tabla de indicadores. Lo cual en la siguiente tabla:

Tabla 6. Calculo indicadores con formula de la metodologia

Indicador	Adecuación del terreno e integración de los ciclos	Extracción del aceite de ricino	Transesterificación del aceite	Distribución y uso del biocombustible
GWP - Cambio climático	-2.00E+11	8.73E+09	9.59E+09	2.27E+11
AP- Acidificación	7.77E+05	1.65E+06	2.61E+06	6.93E+07
EP- Eutrofización	4.92E+06	3.65E+06	3.64E+06	2.92E+08
POCP - Formación foto oxidantes	1.93E+06	5.62E+06	1.71E+05	3.15E+08
REP-Efectos respiratorios	5.11E+06	1.28E+07	1.80E+07	4.64E+08
NREP-Energía no renovable	1.29E+12	4.13E+15	7.51E+12	4.72E+14

De la anterior tabla, graficaron la sumatoria de cada uno de estos indicadores, y se aplica la fórmula, la cual arrojó la influencia de cada uno de los indicadores en cada etapa del ciclo de vida, por lo anterior es posible cuantificar la incidencia ambiental en cada una de las etapas.

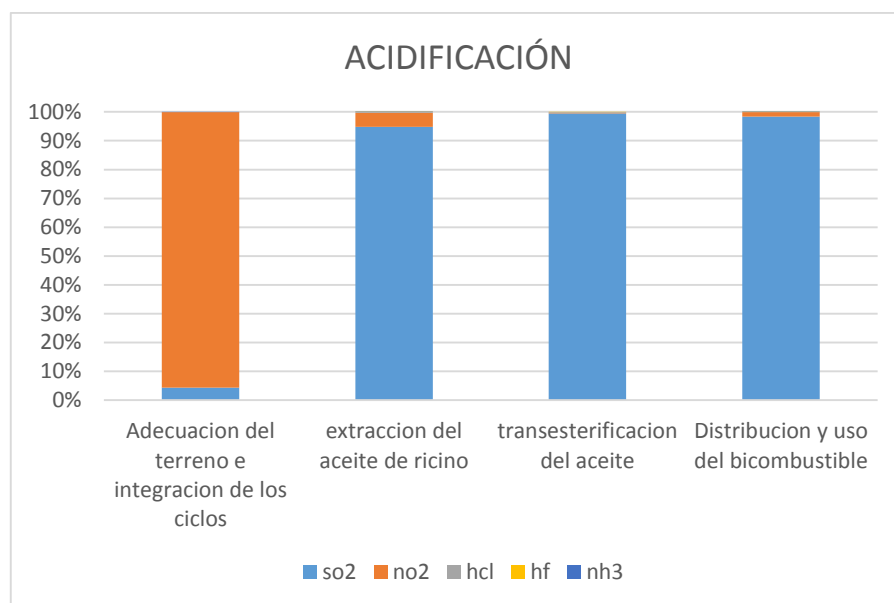
Figura 7. Perfil medioambiental para el ACV



En busca de una mayor comprensión del impacto ambiental generando se debe analizar con mayor detalle el efecto producido en cada categoría. Es por ello por lo que los autores explicaron la incidencia ambiental más detallada de las categorías más influyentes, determinando en cada una los impactos que trae en cada una de las etapas del ciclo de vida.

En esta categoría se tiene en cuenta la participación de la influencia de las emisiones de CO₂, CH₄, N₂O Y CO, apreciándose que el impacto que tiene el CO₂, disminuye en la etapa de adecuación del terreno. Sin embargo, aunque se presenta esta disminución no es suficiente para contrarrestar las emisiones producidas por las otras etapas, lo cual genera un impacto negativo en el medio ambiente, reflejando una incidencia negativa en el ciclo de vida.

Figura 8. Emisiones e incidencias consideradas para la categoría de Acidificación.

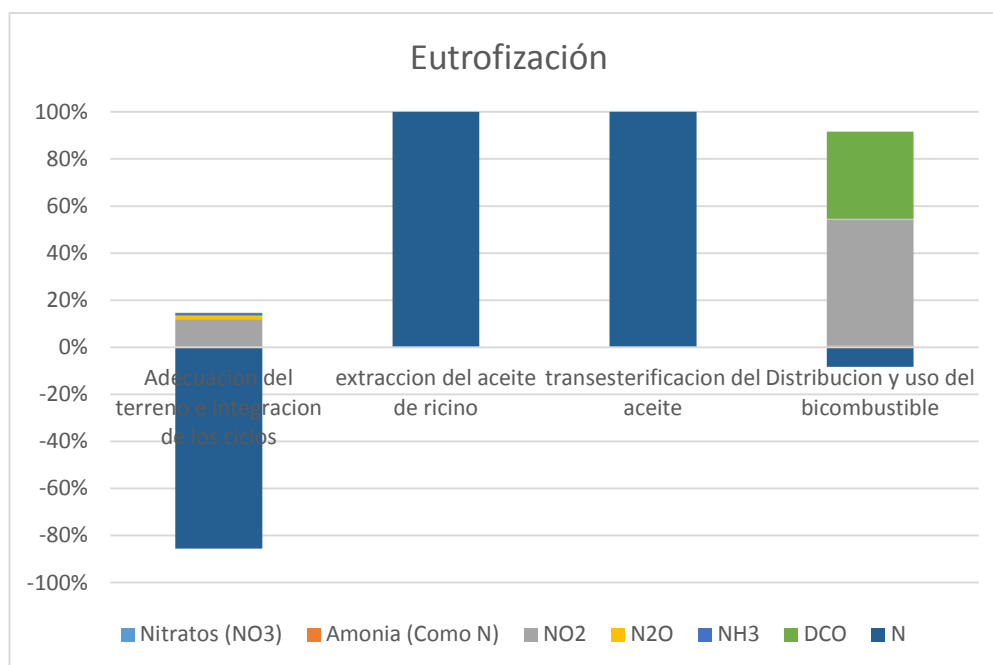


En la incidencia ambiental que tiene la acidificación se puede apreciar en las emisiones de SO₂, y NO₂, lo cual son demasiado importantes en todas las etapas ya que en todas existe una alta producción de estos productos, lo cual la incidencia que tiene ambiental mente es perjudicial ya que:

El dióxido de azufre, SO₂, causa problemas importantes como la lluvia acida, y como se ha explicado anteriormente aporta negativamente el cambio climático, enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

Además, el dióxido de nitrógeno, NO₂, forma parte de un grupo de contaminantes gaseosos que se producen como consecuencia de procesos de quema o uso del biocombustible, en este caso en la adecuación y distribución, lo cual su presencia contribuye a la formación de contaminantes como partículas en suspensión y lluvia acida.

Figura 9. Emisiones e incidencias consideradas para la categoría de Eutrofización



La categoría de eutrofización presenta una disminución en la producción de nitrógeno debido a la fijación en el suelo por la alta concentración de los ciclos biogeoquímicos, sin embargo, en las demás etapas se ve reflejado la alta producción de nitrógeno el cual solo es reducido en la etapa de distribución y uso del biocombustible. El aumento en la eutrofización produce de manera general un aumento en la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad ecológica. Dentro de los contaminantes que se encuentran en el estudio, como los nitratos. El estudio, corrobora que la contaminación agropecuaria.

La contaminación atmosférica por óxidos de nitrógeno (NOx) y óxidos de azufre (SOx), tienen un impacto muy elevado en los ecosistemas. Estos reaccionan con el agua atmosférica para formar ion nitrato (NO₃⁻) e ion sulfato (SO₄²⁻) que una vez que alcanzan el suelo forman sales solubles. De esta manera se solubilizan los cationes del suelo, provocando el empobrecimiento de éste en nutrientes. Esas sales son arrastradas fácilmente a los acuíferos y a los ríos, contaminándolos. En estos últimos la importante incorporación de nutrientes así producida, puede dar lugar a un proceso de eutrofización. Ésta afectará finalmente también a los diques, así como a los lagos o mares donde los ríos desemboquen.

4.3. Ventajas de la producción de aceite de higuera

Los beneficios que ofrece la producción de la higuera en Colombia son amplios:

- Genera mano de obra campesina, ya que el cultivo es de fácil implementación, barato y la planta crece en zonas marginadas. El beneficio social es grande porque en parcelas modestas, de dos o tres hectáreas, la planta se puede cultivar y se convierte en una importante herramienta para el sustento familia al campesino.
- Disminuir el nivel de dióxido de carbono, ya que para fábrica el aceite, la planta toma del dióxido del aire y mediante fotosíntesis lo convierte en aceite, lo cual regula la contaminación.
- Usar abonos más efectivos, puesto la torta de higuera resulta un excelente nutriente para los cultivos, los cuales podrán venderse como productos orgánicos ya que no utilizan fertilizantes. Los aportes que le hace la torta de higuera al suelo, resultan tres veces más rico que la gallinaza y seis veces más rico que el estiércol.
- Contiene nada o casi nada de azufre, y por esto su combustión no constituye a la lluvia acida.
- Favorece la sustitución parcial de los combustibles importados por otros producidos localmente, por lo que, aparte de las ventajas en generación de riqueza (productos, empleos, etc.), supone un ahorro de divisas y un incremento del PIB (Producto Interior Bruto).

4.4. Análisis de impactos frente a otros procesos de extracción de aceite

Al finalizar en análisis de resultados de los impactos que tiene el ciclo de vida del aceite de higuera, se realiza una tabla resumen concluyente de todos los comportamientos de los parámetros de evaluación del ciclo de vida. Realizando una comparación de estos impactos con los demás aceites en producción, como lo son el aceite de palma, el aceite de copra, el aceite de aguacate y el aceite de oliva.

Tabla 7. Cuadro comparativo de impactos ambientales de las diferentes técnicas de extracción

Aceite	de	Impactos ambiental	Ventajas	desventajas
Aceite palma (ALFARO, 2006)		Por la intensificación del uso de la tierra en relación con proyectos dedicados a la obtención de aceites impactos ambientales negativos (monocultivos, erosión, contaminación del agua y del suelo, pérdidas de fertilidad del suelo, destrucción de hábitats para animales salvajes).	<ul style="list-style-type: none"> ○ Alta variedad de subproductos, lo cual hace que el impacto ambiental de residuos se minimice. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Impactos negativos sobre los subsuelos mayores a los demás aceites. ○ La selva tropical está desapareciendo a gran velocidad en el mundo para instalar sobre sus desolados campos gigantescas plantaciones de palma aceitera. ○ Impacto bastante grande en el calentamiento global
Aceite de copra (coco) (ORTIZ, 2006)			<ul style="list-style-type: none"> ✓ Puede ser extraído de diferentes maneras ✓ Contiene más de 60% de aceite. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El rendimiento es menor al 20% ➤
Aceite de aguacate (MARTINEZ N. , 2007)		Rendimiento es bajo, desperdicio de materia prima como desecho.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Materia prima fácil de conseguir 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Rendimiento muy bajo, menor al 60%, pero mucho mayor que el de coco.

	Los impactos respiratorios son bajos, y existe una baja eutrofización.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mismo procedimiento que la extracción de aceite de oliva. ✓ Buena separación del orujo del aguacate. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mala separación de la fase líquida
Aceite de Oliva (IZAGUIRRE, 2016)	<p>Existe variedad de equipo más desarrollados para aprovechamiento de la extracción, mecánica y por química sin alterar las propiedades de los aceites.</p> <p>Extracción por presión, por centrifugación. Hace que los sub productos secundarios le den un óptimo rendimiento de uso.</p> <p>Este procedimiento era poco operativo y racional ya que el</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Contiene variedad de propiedades, por lo tanto diferentes usos. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Alpechines o residuo líquido, constituido por las aguas de vegetación de la aceituna, con frecuencia mezclado con agua añadida en el proceso. Presentan elevado, aunque variable, poder contaminante y, por ello, deben ser objeto de tratamiento o gestión específica para evitar impactos ambientales negativos. ○ Orujos o residuo sólido conteniendo la pulpa, el hueso y el

	<p>rendimiento horario era bajo, las necesidades de mano de obra eran elevadas y la limpieza y la higiene eran difícil de conseguir.</p>		<p>tegumento de la aceituna, con un nivel de humedad que oscila entre el 25% y el 40% y con un contenido graso del orden del 3-7%, según el proceso de extracción empleado</p>
--	--	--	--

Fuente: Autor.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con la documentación, análisis del estado del arte y la revisión bibliográfica, se puede concluir que la producción de aceite de higuera aparece como una oportunidad para el desarrollo de una nueva alternativa de biocombustible. El cual es ciclo de vida que tiene es entendible y manejable en el momento de hacer un análisis técnico, permite el cierre del ciclo de carbono (CO₂), lo que contribuye a la estabilización de la concentración de este gas en la atmósfera (esto ayuda a frenar el calentamiento global).

La generación de este tipo de biocombustibles o aceite vegetales, en ciertas ocasiones amplía la zona para el cultivo de plantas, la cual puede utilizarse para la producción de biocombustibles y otros productos. Por lo tanto, estimula, la generación de empleo e ingresos en el campo (esto evita el colapso en los núcleos urbanos). Menor inversión financiera en investigación (las investigaciones de prospección de petróleo son muy dispendiosas).

La implementación de la metodología para el análisis de ciclo de vida se logró realizar por medio de la norma ISO 14040, donde se identificaron y determinaron cada una de las incidencias ambientales que se tienen al extraer, y procesar el aceite de higuera. A partir de este análisis de ciclo de vida se logra concluir lo siguiente:

- El análisis de la incidencia del CO₂, en las etapas del ciclo de vida se ve una disminución la etapa de sembrado, sin embargo, en las otras tres siguientes etapas, se marca una preocupación en las etapas de ciclo de vida del aceite de higuera, observándose una influencia bastante grande de casi un 100% en cada una de las etapas.
- Según el análisis de los indicadores de impacto ambiental presentados por las categorías de cambio climático y eutrofización, estos disminuyen significativamente por la fijación neta del carbono y nitrógeno en la etapa de adecuación del terreno, lo cual hace que un proyecto de estos sea viable ambientalmente, y muestre un atractivo frente a la generación de estos impactos con diésel convencional o fósil.

- Se observa un alto consumo de energía no renovable en las etapas de adecuación del terreno, esto se debe a la elaboración de materias primas involucradas y en la extracción a la producción de electricidad para poder realizar dicho proceso.

6. RECOMENDACIONES

Es necesario realizar un análisis económico, con el cual se pueda ver la viabilidad de poner en marcha un proyecto de este tipo en una región, convirtiéndose en una alternativa de empleo y piloto para el mejoramiento del medio ambiente y recurso humano de una región específica. Por lo anterior es importante realizar una comparación con un combustible fósil para tener puntos de comparación en el ámbito económico, técnico y ambiental.

Se recomienda, efectuar un análisis del ciclo de vida del Diésel de este tipo, realizando una comparación con mezclas que se realizan comercialmente con diésel convencional, para cuantificar reducción de emisiones e impactos ambientales.

Realizar un estudio comparativo del proceso para la utilización de semillas de higuera, con el fin de encontrar la semilla más productiva, el tipo de terreno más eficiente, con el fin de determinar el mejor escenario para la reducción de las emisiones.

Realizar un estudio complementario de cada una de las fases del ciclo de vida, con el fin de determinar estructuralmente una estrategia o metodología de optimización técnica, ambiental y económica de todo el ciclo de vida, según la metodología de la ISO 14040.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1991). *Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola.
- ACEVEDO, P. (2012). *HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN INCORPORANDO EL ACV “CUNA A CUNA” A LOS MÉTODOS TRADICIONALES. COMPARACIÓN DE BIODIESEL DE PALMA E HIGUERILLA*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Tesis.
- Agencia de Noticias UN. (23 de 01 de 2018). *Higuerilla, con buen potencial como suplemento para bovinos*. Recuperado el 28 de 05 de 2018, de <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/higuerilla-con-buen-potencial-como-suplemento-para-bovinos.html>
- AGUDELO, J. R. (2004). *Biodiesel de aceite crudo de palma colombiano: Aspectos de su obtención y utilización*. ANTIOQUIA.
- ALBURQUERQUE, M. (2009). Properties of biodiesel oils formulated using different biomass sources and their blends. En *Renewable Energy* (págs. 857-859).
- ALFARO, M. (2006). *Proceso de producción de aceite de palma*. Villavicencio: CNP.
- ARANCIBIA. (2011). *Obtención de biodiesel a partir de aceite de*. Ecuador.: Escuela Superior Politécnica de Chiborazo. .
- ARDILA, J. A. (2010). *caracterización del biodiesel producido a partir de aceite de higuerilla y evaluación de las variables de proceso sobre el porcentaje de glicerina*. Virtualpro.
- BENAVIDES, A. (2007). *El biodiesel de aceite de higuerilla como combustible alternativo para motores diésel*. Medellín.
- Bermudez, L. A. (12 de 2014). Biodiesel: maquina natural de desarrollo en Nicoya, Guanacaste. *InterSedes*, vol. 15(n. 32). Recuperado el 28 de 05 de 2018, de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-24582014000300097
- CARDENAS, L. (2011). *plan de empresa basado en el uso de aceite de higuerilla para la industria cosmetica*. Cali: universidad ICESI. Tesis.
- CARDONA, G. (2016). *Evaluación del Impacto Ambiental Generado en la Producción de Snacks en una Microempresa del Municipio de Manizales*. Recuperado el 30 de 07 de 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/55440/1/24347093.2016.pdf>
- CNV. (05 de 2008). *El aceite de higuerilla, sobrado para producir biodiésel*. Recuperado el 22 de 04 de 2017, de <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-160492.html>
- CONCEIC, M. M. (2007). *Thermoanalytical characterization of castor oil biodiesel*.
- CORDOBA, J. (2012). *Comportamiento ecofisiológico de variedades de higuerilla (Ricinus communis L.) para la producción sostenible de aceite y biodiesel en diferentes agroecosistemas colombianos*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Tesis.

- CORPODIB. (2003). *CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL DE LA BIOTECNOLOGÍA Y PRODUCCIÓN LIMPIA. Estado del arte de las Tecnologías de Producción de biodiesel*. Bogota.
- CORPOICA. (2008). *Higuerilla: Alternativa productiva, energetica y agroindustrial para Colombia*. Bogota: centro de investigacion la selva.
- COSTA BARBOSA, D. S. (2010). *Biodiesel production by ethanolysis of mixed castor and soybean oils*.
- DGETA TV. (13 de 06 de 2017). *Siembra de higuerilla en el CBTA N° 317, San Juan Guelavia, Oaxaca*. Recuperado el 30 de 05 de 2018, de <https://www.youtube.com/watch?v=BGsw5MSAMWw>
- Du Marchie Van Voorthuysen EH. (2005). *The promising perspective of Concentrating Solar Power (CSP)*. Recuperado el 19 de 04 de 2017, de Int. Conf. on Future Power Systems: <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/3393/TESIS%20López%20González.pdf?sequence=1>
- El Gharbi N, D. H. (2005). *A comparative study between parabolic trough collector and linear Fresnel reflector technologies* (Vol. Vol. 6).
- El Tiempo. (17 de 05 de 2008). *Aceite de higuerilla, listo para biodiésel*. Recuperado el 22 de 05 de 2017, de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-2939066>
- EUR, N. (2016). *Ficha seguridad Aceite de recino RDTH*.
- GOMEZ, M. D., & ZURIQUE, L. (2009). *ANALISIS DE CICLO DE VIDA PARA LA PRODUCCION DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE DE HIGUERILLA*.
- GUERRERO, C. (2010). *Evaluacion del efecto de la temperatura en la produccion de biodiesel de higuerrilla*.
- HERRERA, D. M. (2006). *GUÍA AMBIENTAL PARA EL CULTIVO DE LA HIGUERILLA EN EL CORREDOR CENTRAL DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ*. Bogota: UNIVERSIDAD DE LA SALLE. Recuperado el 30 de 07 de 2017, de repository.lasalle.edu.co/bitstream/10185/14786/1/00798250.pdf
- HINCAPIE, G. (2011). *Conventional and in situ transesterification of castor seed oil for biodiesel production*. Fuel.
- ILASACA, J. C. (2012). *Biomasa*. (Universidad Jose Carlos Mariategui) Recuperado el 30 de 07 de 2017, de <https://es.scribd.com/document/181799987/Bio-Masa>
- innovagsust. (01 de 02 de 2011). *HIGUERILLA*. (J. Carlos, Ed.) Recuperado el 30 de 07 de 2017, de CONCEPTO DE LA HIGUERILLA: <http://dessustentableenelitel.blogspot.com.co/2011/02/concepto-de-la-higuerilla.html>
- instituto tecnologico de canarias. (04 de 2008). *energias renovables y eficiencia energetica*. Recuperado el 10 de 04 de 2017, de <http://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>
- IZAGUIRRE, J. (2016). *Obtencion de aceite de Oliva*.
- JARAMILLO, L. E. (2005). *Evaluacion del proceso de produccion de la higuerilla como alternativa energetica de bajo nivel de contaminacion ambiental*. Bucaramanga: Universidad Industrial De Santander.
- LOAIZA, F. (2003). *Cinética de la reacción de transesterificación del aceite de higuerilla*. En *Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales*.

- LOAIZA, F. E. (2010). *Cinética de la reacción de transesterificación del aceite de higuera en la obtención de biodiesel*.
- LOPEZ, D. (2013). *VALORIZACIÓN DE BIOMASA DE ORIGEN VEGETAL MEDIANTE PROCESOS TÉRMICOS Y TERMOQUÍMICOS*. Ciudad Real: UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA.
- MARTINEZ, M. d. (2013). *produccion de biodiesel a traves de la extraccion de aceite de Higuera*. (L. F. Olmos, Ed.) zaragoza, Mexico: Benemerita Universidad. Recuperado el 30 de 07 de 2017, de <https://es.slideshare.net/1Rosario/produccion-de-biodiesel-a-travs-de-la-extraccion-de-aceite-de-higuera-23895991>
- MARTINEZ, N. (2007). *Extraccion de aguacate : un experimento industrial*. Ministerio de agricultura y ganaderia. (1991). *Higuera*. (Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola.) Recuperado el 31 de 08 de 2016, de Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica.: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-higuera.pdf
- Molina, M. (10 de 2011). *Evaluación medioambiental del sector del calzado: casos de Almansa y Elda*. Recuperado el 09 de 10 de 2017, de <https://es.scribd.com/document/326710336/7-463-pdf>
- ORREGO, A. S. (2012). *EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV) EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS PRODUCTIVOS*. Recuperado el 08 de 04 de 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/8875/1/905079.2012.pdf>
- ORTIZ, E. (2006). *PRODUCCION DE ACEITES VEGETALES*.
- OSMANO SOUZA, V. D. (2010). *Physical-chemical properties of waste cooking oil biodiesel and castor oil biodiesel blends*.
- OSMANO, S. (2010). Physical-chemical properties of waste cooking oil biodiesel and castor oil. En *Fuel*.
- Paez, A. (17 de 04 de 2018). *LR especiales*. Recuperado el 21 de 05 de 2018, de La vida de reservas petroleras es de más de 1.659 millones de barriles para 7,1 años: <https://www.larepublica.co/especiales/petroleo/cuales-son-las-reservas-de-petroleo-de-colombia-2719429>
- PEREZ, R. (2009). *aplicacion de las microondas en el tratamiento de emulsiones del tipo agua aceite*. Valencia: universidad politecnica. Tesis.
- PERIN, G. Á. (2008). *Transesterificación of castor oil assisted by microwave irradiation*.
- PISARELLO, M. (s.f.). *Procesos de Producción de Biodiesel: Uso de Materias Primas Alternativas y de Alta Acidez*. Bogota: Universidad Nacional del Litoral. s.l. Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE).
- RAMIREZ, L. E. (2005). *evaluacion del proyecto de produccion de la higuera como alternativa energetica de bajo nivel de contaminacion ambiental*. Bogota DC: Universidad Industrial De Santander.
- RODRIGUEZ, D. (2010). *PLAN DE NEGOCIOS PARA EL CULTIVO DE HIGUERA, ESTUDIO DE CASO MUNICIPIO DE BALBOA (RISARALDA)*. Pereira: Universidad Tecnologica De Pereira. Tesis.
- RODRIGUEZ, D. (10 de 2012). *Clasificación de los Productos Y Su vida*. (U. N. PRIVADA, Ed.) Recuperado el 03 de 04 de 2017, de <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=>

- rja&uact=8&ved=0ahUKEwiRl5PTmJTTAhWHVyYKHcanDnAQFggmMAI&url=https%3A%2F%2Fprofesorakarinaviles.files.wordpress.com%2F2012%2F09%2Fciclo-de-vida_productos.pptx&usg=AFQjCNFuVerrqAjyoczUdO
- SANCHEZ, I. (2012). *OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE DE SEMILLAS DE Ricinus communis. (HIGUERILLA) MODIFICADAS GÉNÉTICAMENTE Y CULTIVADAS EN EL EJE CAFETERO*. Pereira, Risaralda: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
- SILVA, F. (2007). Thermoanalytical characterization of castor oil biodiesel. En *Renewable Energy* (págs. 946-965).
- SOUSA, L. L. (2010). *transesterification of castor oil: Effect of the acid value neutralization of the oil with glicerol*.
- SRIPAKAGORN, A. (2011). Design and performance of a moderate temperature difference Stirling engine. *Energy*.
- TIERRAMERICA. (2016). *La Higuierilla*. Recuperado el 30 de 07 de 2017, de <https://web.archive.org/web/20090228084920/http://www.tierramerica.info/archivo.php?lang=esp>>
- UPME . (14 de 01 de 2003). *BIODIESEL, PROGRAMA ESTRATÉGICO PARA LA PRODUCCIÓN DE*. Recuperado el 16 de 08 de 2016, de <http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/Biodiesel/Capitulo%200.pdf>
- VELOZA, H. M. (2012). *proyecto de desarrollo social para la implementacion del cultivo de higuierilla en colombia*. Recuperado el 30 de 07 de 2017, de <http://www.buscagro.com/biblioteca/Hector-Mario-Veloza-Contreras/higuierilla-en-Colombia.pdf>
- World Energy Outlook. (2004). *International Energy Agency*. Paris, Italia.

8. ANEXOS

I. EMISIONES DE LA COMBUSTIÓN DE BIODIESEL

En un estudio desarrollado por la EPA sobre emisiones producidas a causa de la combustión en diferentes medios de transporte, se evaluaron para el transporte pesado las correlaciones básicas de emisiones de los óxidos de nitrógeno, del material particulado, del monóxido de carbono y de los hidrocarburos. Las correlaciones obtenidas por la EPA involucran concentraciones biodiesel con porcentaje de cambio en las emisiones, y se reportan de la siguiente forma:

$$\% \text{ cambio en emisiones: } (e^{(a * (\frac{v}{v^{diesel}}))} - 1) * 100$$

Donde la siguiente tabla muestra los valores de los coeficientes “a” para cada uno de los contaminantes.

CONTAMINANTES	COEFICIENTES “a”
NO _x	0.0009794
PM	-0006384
HC	-0.011195
CO	-0.006561

Tabla A. contaminantes, con su coeficiente de cambio

II. CICLO DE VIDA PARA CUALQUIER PRODUCTO

Según la ISO 14040 (2006), “El ACV es una recopilación y evaluación de entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida.” Por lo tanto, en la siguiente figura, se muestra un esquema en donde se puede observar diferentes etapas que conforman el ciclo de vida de un producto o un servicio.

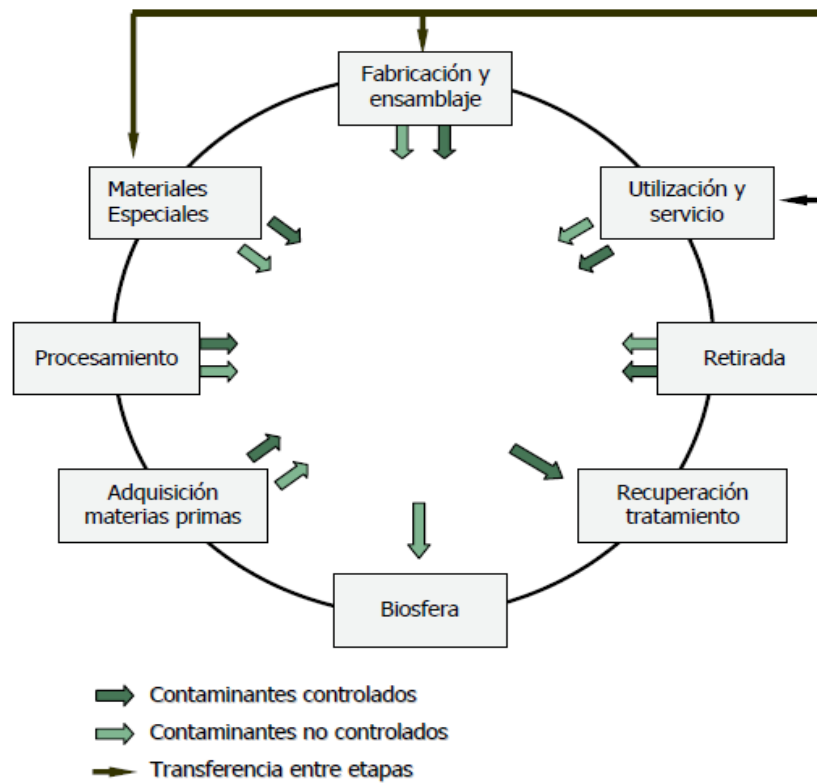


Figura A. Esquema del ciclo de vida de un producto o servicio