

**Análisis del ciclo de vida del producto BioMultiusos detergente líquido en la  
empresa Probionar S.A.S**

**Trabajo de Grado**

**Presentado como requisito parcial de los requerimientos necesarios para  
obtener el título de Magister en Ciencias Ambientales – Modalidad Profundización -  
de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira**

**Por**

**Javier Mauricio Villota Paz, Ingeniero de Procesos**

**Programa de Maestría en Ciencias Ambientales**

**Facultad de Ciencias Ambientales**

**Universidad Tecnológica de Pereira**

**2020**



**Jurado: MSc. Jhon Jairo Arias Mendoza**

**Director: Ph.D. José Luis Osorio Tejada**

**Derechos Reservados**

**Javier Mauricio Villota Paz**

**2020**

## ***Resumen***

Se realizó el análisis del ciclo de vida (ACV) del producto BioMultiusos, en la empresa Probionar S.A.S, ubicada en el municipio de Buesaco, en el departamento de Nariño (Colombia). El consumo de productos de aseo y limpieza en la actualidad ha ido en aumento, generando consigo un desgaste en la calidad de recursos como el agua. Debido a distintos componentes perjudiciales, como: fósforo, nitrógeno, aceites, lejía, y compuestos ácidos, contenidos en los detergentes convencionales. Con respecto a lo anterior se espera encontrar en el mercado local productos realmente verdes, bajo el concepto de economía circular, los cuales garanticen la remoción de agentes contaminantes, pero que a su vez eviten generar impactos negativos, a la salud humana, el ecosistema y los recursos. El ACV al ser una de las herramientas más poderosas para la valoración de impactos, involucra gran cantidad de datos, y criterios de diseño, los cuales se tendrán en cuenta a la hora de modelar el caso particular, empleando el software SimaPro 9. Para esto resulta necesario el levantamiento de información dentro de las condiciones geográficas y operacionales de la empresa, y consigo un análisis en las 5 etapas: obtención de materias primas, proceso productivo, distribución, uso y disposición final, bajo la NTC 14040:2007. Finalmente se evaluó el ACV, identificando la generación de impactos negativos más relevantes. Con lo anterior, se logró proponer distintas recomendaciones para la empresa, las cuales buscan disminuir el impacto global del producto, y generar con esto ventajas competitivas para la empresa.

## *Dedicatoria*

El desarrollo de este trabajo tiene una dedicatoria especial a mi familia, por siempre brindarme su apoyo en los momentos más difíciles y ser inspiración para continuar en el camino del estudio y la superación personal.

## *Agradecimientos*

Agradezco de manera especial a mi director José Luis Osorio, por apoyarme en la asesoría, consolidación de este documento, y la renovación de la licencia del software SimaPro. Al director de programa Tito Morales Pinzón por apoyarme en la generación de la idea y el asesoramiento inicial. A la empresa Probionar S.A.S y con ello todo su personal y proveedores, por brindarme la información necesaria para realizar el presente estudio. A mis compañeros por motivarme y enseñarme muchas cosas a través de sus intervenciones y consejos.

### ***Hoja de Vida***

Enero 4, 1994.....Nacido en – Pasto, Nariño, Colombia

2017 .....Ingeniero de Procesos, Universidad Mariana  
San Juan de Pasto, Colombia

2015 - Presente .....Co-Fundador y Director Técnico Empresa  
Probionar S.A.S, San Juan de Pasto,  
Colombia

2018 - Presente ..... Docente Facultad de Ingeniería –  
Universidad Mariana San Juan de Pasto,  
Colombia.

### ***Campos de Estudio***

Campos de estudio principales: Análisis de Ciclo de vida

Desarrollo de Procesos y de Productos

Emprendimiento, Innovación y Desarrollo tecnológico

## ***Tabla de Contenido***

<i>Capítulo 1 – Introducción</i> .....	1
1.1 Resumen del trabajo de grado.....	1
1.2 Antecedentes Generales .....	2
1.3 Marco Teórico General .....	3
1.3.1 Problemática ambiental asociada a la pérdida de calidad de agua.....	3
1.3.2 Análisis de Ciclo de vida. ....	4
1.3.3 Herramientas existentes para la modelación de ACV.....	6
1.4 Objetivos de la investigación .....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	7
<i>Capítulo 2 – Desarrollo de la investigación</i> .....	8
2.1 Introducción .....	8
2.1.1 Objetivo del estudio .....	8
2.2 Metodología .....	8
2.2.1 Fase 1: definir el objetivo y el alcance del estudio. ....	9
2.2.2 Fase 2: análisis del inventario del ciclo de vida (ICV). ....	19
2.2.3 Fase 3: evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV).....	23
2.2.4. Fase 4: Interpretación de Ciclo de vida.....	32

2.2.5 Proponer un plan de acción para mitigar los impactos .....	45
<i>Capítulo 3 - Conclusiones y Recomendaciones</i> .....	48
3.1 Conclusiones .....	48
3.2 Recomendaciones y posibles ámbitos de investigación futura .....	50
4. <i>Referencias</i> .....	51

### *Listado de Tablas*

Tabla 1, función, unidad funcional y flujo de referencia .....	14
Tabla 2, Detalle del proceso de obtención de BioMultiusos transformación. ....	18
Tabla 3, datos e insumos de proveedores necesarios para la obtención del producto .....	20
Tabla 4, inventario empleado en la obtención de BioMultiusos detergente líquido.....	21
Tabla 5, consumo energético planta Probionar S.A.S febrero a noviembre 2018 .....	22
Tabla 6, consumo energético producto BioMultiusos .....	22
Tabla 7, distribución del producto BioMultiusos .....	23
Tabla 8, datos comparativos de envase PET vs envase PEAD. ....	38
Tabla 9, datos de comparación tensoactivos .....	41

## *Listado de Figuras*

Figura 1, fases del análisis del ciclo de vida (ACV).....	9
Figura 2, límites del sistema de ciclo de vida .....	13
Figura 3, ciclo de vida BioMultiusos .....	15
Figura 4, diagrama de Procesos del ciclo de vida BioMultiusos .....	16
Figura 5, diagrama de red etapa obtención de materias primas.....	26
Figura 6, caracterización de impactos ambientales e.....	27
Figura 7, diagrama de red ciclo de vida del producto.....	28
Figura 8, análisis de impactos en el ciclo de vida del producto.....	29
Figura 9, evaluación de impactos ambientales método de punto final .....	30
Figura 10, evaluación de impactos ambientales por categorías .....	31
Figura 12, diagrama de red producto con porcentaje de tensoactivo.....	39
Figura 13, comparación Tensoactivos .....	41

## *Listado de Fotografías*

Fotografía 1, obtención de BioMultiusos en la empresa Probionar S.A.S .....	12
Fotografía 2, tipos de envase para el producto BioMultiusos.....	36
Fotografía 3, socialización de campaña redímete con el medio ambiente.....	47

## *Capítulo 1 – Introducción.*

### **1.1 Resumen del trabajo de grado.**

Considerada como una de las más poderosas herramientas de diseño (Chacón, 2008), el análisis del ciclo de vida (ACV), obedece a una nueva tendencia impulsada por las preocupaciones del cambio climático, en la cual se busca valorar los daños que afectan al medio ambiente desde distintas categorías de impacto (De Koning *et al.*, 2010). Frente a lo anterior existe una gran necesidad por consumir productos que verdaderamente cumplan con un análisis exhaustivo en todas las etapas de su existencia, para que así se logre dar garantías a consumidores responsables con el medio ambiente.

En el mercado de los detergentes de tipo líquido o en polvo, existen distintas marcas nacionales como internacionales que ofertan productos libres de componentes tóxicos y perjudiciales para los ríos, los cuales buscan atraer a distintos consumidores, y generar en ellos una sensación de conformidad de cara al uso responsable de los recursos naturales (De Koning *et al.*, 2010). Frente a esta premisa, es necesario analizar si existe un producto que logre cumplir distintas condiciones de ecodiseño que disminuya la generación de impactos negativos al medio ambiente (Balboa *et al.*, 2014).

Probionar S.A.S, es una empresa nariñense, creada en el año 2015 gracias a recursos del Estado a través del programa Fondo emprender de la institución SENA. Su actividad principal consiste en la fabricación y comercialización de detergentes líquidos, los cuales,

dentro de su propuesta de valor, incluyen un modelo de negocio sostenible, a través de distintas técnicas medio ambientales, tanto en el producto como en el proceso, que procuran mitigar impactos negativos al medioambiente.

El objeto de este documento se centra en analizar el ciclo de vida del producto BioMultiusos, de la empresa Probionar S.A.S, el cual es un detergente líquido especializado en el lavado de ropa y de distintas superficies. En el año 2018 fue el producto con mayor rotación, superando las 5 toneladas en ventas.

## **1.2 Antecedentes Generales.**

Para el desarrollo oportuno de la presente investigación se realizó una exhaustiva revisión de artículos científicos en distintas bases de datos a nivel global, en donde se destacan distintos autores que han logrado desarrollar estudios relacionados al análisis de ciclo de vida de múltiples productos, en diferentes cadenas productivas. Por su parte la empresa Probionar S.A.S, no contaba con estudios certeros relacionados a la evaluación de impactos ambientales a lo largo del ciclo de producción de sus productos, por lo cual los resultados generados en este estudio son de gran relevancia para la empresa, y para siguientes investigaciones.

### **1.3 Marco Teórico General.**

El presente marco teórico de la investigación tiene como finalidad abarcar antecedentes bibliográficos, bases teóricas y, definir distintos términos relacionados al análisis del ciclo de vida del producto BioMultiusos en la empresa Probionar S.A.S, ubicada en el municipio de Buesaco, departamento de Nariño (Colombia).

#### ***1.3.1 Problemática ambiental asociada a la pérdida de calidad de agua.***

Es evidente encontrar que el recurso hídrico a través de los años ha sido el más afectado por el uso indiscriminado del ser humano, además, según Castro *et al.* (2014), “actualmente se considera el agua como un recurso esencial que requiere la máxima atención de los Estados por ser indispensable para la preservación de la vida y encontrarse expuesta al deterioro, en ocasiones irreversible, ocasionado por un uso irresponsable e intensivo del recurso” (p.111).

Dentro de los impactos que más han afectado a este recurso se encuentra la eutrofización, la cual, según la Real Academia de la Lengua, y en términos de ecología, se define como el incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses, que provoca un exceso de fitoplancton. En una revisión bibliográfica inicial se destaca el trabajo realizado por Madriaga *et al.* (2007), el cual evalúa a través de un modelo el riesgo, los poli fosfatos presentes en los detergentes asociados al riesgo de eutrofización del fósforo.

Bajo este indicador es necesario analizar si existe un producto que logre cumplir distintas condiciones de ecodiseño que disminuya la generación de impactos negativos al medio ambiente (Balboa and Domínguez, 2014), y que integre unos conceptos claves en materia de responsabilidad ambiental a lo largo de su ciclo de vida, de lo contrario se estaría tratando con un caso de *Greenwashing*. El anterior es un término que hace referencia al encubrimiento ecológico que utilizaban algunas organizaciones para engañar a sus clientes y/o consumidores, con la finalidad de mejorar su imagen y reputación ante ellos (Salas, 2018). *Greenwashing* o “lavado verde” se usa normalmente como un peyorativo, refiriéndose a la práctica de interpretar una actividad como realmente amigable con el medioambiente. En este sentido se asemeja a su concepto precursor “*el blanqueo*” cuando significa dinero lavado (es decir, la creación de valor residencia utilizando recursos que eran ganados ilegalmente) (Wehr and Lippert, 2013). Para evitar principalmente otro caso de *Greenwashing* se ha planteado el análisis de ciclo de vida del producto BioMultiusos, para así contribuir de forma efectiva en la disminución de impactos negativos al medioambiente.

### ***1.3.2 Análisis de Ciclo de vida.***

El análisis de ciclo de vida o en inglés *Life Cycle Analysis (LCA)* consiste en la recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida (ICONTEC, 2007).

En el texto de Chacón (2008), se menciona que los aspectos que desencadenaron en un inicio el interés por estudiar el análisis de ciclo de vida, están asociados a hechos históricos socioculturales, como lo son la crisis del petróleo, los límites de crecimiento demográfico, y un sinnúmero de consecuencias generadas por el desgaste de recursos generados por actividades del humano (Chacón, 2008). Se encuentra también que según el texto de la Red Colombiana de formación ambiental (2007), la investigación debe estar asociada a la visión total u holística, en la cual se debe involucrar el análisis de ciclo de vida de un producto, ya que esta incluye todas las fases que conllevan la obtención del producto en mención (González, 2007). Estas fases van desde la obtención de materias primas, transformación, distribución, consumo y post-consumo. La visión holística involucra la totalidad de las partes en función a una variable de respuesta directa, asociada a la disminución de impactos negativos al medioambiente.

De igual forma se destaca el estudio realizado por Aguirre (2010), en el cual se definen las 5 etapas del análisis de ciclo de vida de un producto, estas son: análisis de la procedencia y obtención de materias primas; proceso productivo para la obtención de producto final; etapa de distribución de productos; consumo; y disposición final (Aguirre, 2010).

En el estudio de Gignorio *et al.* (2017), se evaluaron los impactos ambientales de los detergentes y beneficios de su recuperación en la industria de lavado. Para esto se realizó un análisis del ciclo de vida, ejecutado en diferentes detergentes y sistemas de lavado industriales. Se concluyó que los mayores impactos ambientales en este sector están

asociados en la fabricación de materias primas, y en la descarga de los mismos. Se propusieron dos procesos utilizando membranas para recuperar agua y detergentes, para la reutilización parcial (Giagnorio *et al.*, 2017).

### ***1.3.3 Herramientas existentes para la modelación de ACV.***

Se establece que SimaPro y GaBi son las herramientas de software líderes utilizadas para las evaluaciones del ciclo de vida. A través de estas herramientas se evalúan los sistemas de productos que aplican exactamente la misma base de proceso unitario, lo cual produce conjuntos de resultados comparables con cualquiera de las herramientas. Los rendimientos del software se comparan con base a una muestra aleatoria de procesos de 100 unidades (Herrmann and Moltesen, 2015).

***1.3.3.1 SimaPro.*** Es una herramienta de software líder, utilizada para la evaluación del ciclo de vida (Herrmann and Moltesen, 2015). SimaPro es un programa desarrollado por la empresa holandesa PRé Consultants, que permite realizar análisis de ciclo de vida, mediante el uso de bases de datos de inventario propias (creadas por el usuario) y bibliográficas. Se encuentra que la herramienta SimaPro, permite analizar y comparar los aspectos medioambientales de un producto de una manera sistemática y consistente (Aguillón *et al.*, 2014).

***1.3.3.2 Métodos empleados en el análisis de ciclo de vida.*** Para la medición de impactos ambientales se establecen dos alternativas basadas en técnicas de punto medio,

relacionados a los efectos intermedios del impacto ambiental, y punto final concernientes al efecto último del impacto ambiental (Vallejo, 2004). Se establece de igual forma que las categorías de impacto ambiental intermedias se hallan más cercanas a la intervención ambiental, ya que logran emplear modelos de cálculo que se ajustan mejor a la realidad. Así mismo brinda información más detallada de la forma en la cual afecta al medio ambiente.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### ***1.4.1 Objetivo General.***

Analizar el impacto potencial ambiental del ciclo de vida del producto BioMultiusos detergente líquido, en la empresa Probionar S.A.S.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos.***

***1.4.2.1 Objetivo 1.*** Realizar una revisión Inicial Ambiental, referente al estado actual del producto y la empresa.

***1.4.2.2 Objetivo 2.*** Modelar ambientalmente el ciclo de vida del producto BioMultiusos.

***1.4.2.3 Objetivo 3.*** Calcular los impactos potenciales ambientales del producto BioMultiusos.

***1.4.2.4 Objetivo 4.*** Identificar acciones de mejoramiento ambientales para el sistema, frente al producto analizado BioMultiusos.

## ***Capítulo 2 – Desarrollo de la investigación.***

### **2.1 Introducción.**

Se expone a continuación el desarrollo que tuvo la presente investigación. Por medio de la cual se aportó a la comunidad académica e industrial, con el desarrollo del análisis de ciclo de vida orientado a la obtención de un detergente líquido. En esta etapa se expuso la metodología empleada, la cual está acorde a las normas de estandarización a nivel internacional, dando así cumplimiento a los requisitos del estudio. Así mismo se resalta el apoyo de la herramienta SimaPro, la cual se especializa en el ACV y es un referente a nivel mundial.

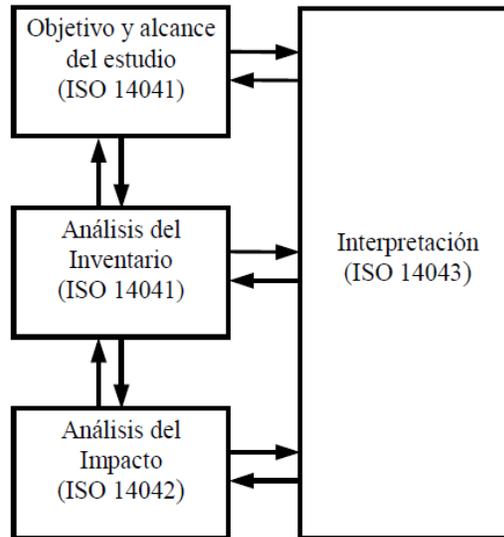
#### ***2.1.1 Objetivo del estudio.***

El presente estudio tiene como objetivo analizar los impactos medioambientales generados por la producción de BioMultiusos en la empresa Probionar S.A.S.

### **2.2 Metodología**

La investigación se realizó en el Municipio de San Juan de Pasto, ubicado sobre los 2.527 m.s.n.m con coordenadas geográficas 1° 12' 36" N, 77° 16' 29" W, y en la planta de producción de la empresa Probionar S.A.S, ubicada a 20 minutos de la ciudad, sobre los 2.859 m.s.n.m aproximadamente, en la vereda El Palmar del municipio de Buesaco-Nariño con coordenadas geográficas 1°17'40.1"N 77°14'07,5"W. Para el planteamiento de la metodología se tuvo en cuenta la norma ISO 14040, en la cual se describen de forma

detallada los componentes del estudio del análisis del ciclo de vida. Este estudio incluye cuatro fases: objetivos y alcance del estudio, análisis del inventario del ciclo de vida (ICV), evaluación del impacto (EICV), e interpretación del ciclo de vida (ver Figura 1).



*Figura 1, fases del análisis del ciclo de vida (ACV) según la ISO 14040. Tomado de norma ISO 14040 2007 versión 2.*

### **2.2.1 Fase 1: definir el objetivo y el alcance del estudio.**

Se describen a continuación las actividades desarrolladas en esta fase:

**2.2.1.1 Tipología del ACV.** Dentro de las consideraciones empleadas en el desarrollo del presente estudio, se planteó que el análisis de ciclo de vida realizado, corresponde a un modelo estático, ya que, en elementos como el transporte, empleado en los distintos recorridos realizados, no se consideran elementos variables en el tiempo; como lo pueden ser: la eficiencia del motor del vehículo.

En cuanto al tipo de enfoque, este resulta ser atributivo, debido a que su modelación está basada en procesos lineales, además, se encuentra estructurado en los resultados relativos a las decisiones y efectos valorados en el análisis. En función a lo anterior, el objetivo se encarga de describir los impactos aportados por los componentes del sistema, excluyendo los efectos generados en la disponibilidad de materiales, limitaciones o restricciones del mercado, es decir, la disponibilidad de cualquier producto requerido será total (European Commission, 2013).

Por su parte la valoración del sistema con otro tipo de enfoque como el consecuencial, bajo un estado dinámico, es más frecuente en evaluaciones a largo plazo, donde las decisiones con relación a cambios de tecnologías, métodos de fabricación y uso de materiales, así como los impactos de fase de uso del producto, podrían afectar la disponibilidad de materiales (European Commission, 2013).

Adicionalmente, se decidió seleccionar el método de asignación cut-off, basado en unidades másicas, con enfoque atributivo (*allocation cut-off, by classification System*), debido a que el presente estudio no pretende evaluar el impacto de decisiones tomadas fuera del sistema referente, ya que el interés, se centra en los impactos directos de cada una de las etapas evaluadas en la delimitación del sistema (Ecoinvent, 2020).

**2.2.1.2 Definir el objetivo que tiene el desarrollo del presente estudio.** Para la empresa Probionar S.A.S es de mucha importancia el compromiso con el medioambiente, ya que es aquí donde se concentra su propuesta única de valor, por lo tanto, se ha decidido

realizar un análisis de ciclo de vida; al producto con mayor rotación en el mercado denominado BioMultiusos (detergente líquido).

El objetivo del presente estudio tuvo como finalidad identificar los impactos ambientales generados en la obtención de BioMultiusos durante el año 2018, en la empresa Probionar S.A.S (ver fotografía 1).

Aunque en la literatura existen distintos estudios relacionados a evaluar los impactos generados por la fabricación de detergentes, son escasos los trabajos realizados en el país, en los cuales se busque analizar el ciclo de vida, donde se logre evidenciar distintos aspectos relacionados a los daños ambientales ocasionados por la obtención de materiales, la transformación o manufactura, transporte de materias primas e insumos, energía empleada, usos del producto, y por la generación de residuos en su etapa de post-consumo. En general, este estudio logra identificar los daños al entorno, contabilizando los impactos y atribuyendo los distintos daños ambientales a cada unidad de masa o flujo referente para el producto.

Con respecto a lo anterior, se logró establecer que las partes interesadas del estudio se conforman por proveedores, clientes, entidades de regulación ambiental (Corponariño), comunidad académica, y accionistas de la empresa Probionar S.A.S

Así mismo, el conocimiento de cuál de las etapas del ciclo de vida resulta más negativa, permitirá la adopción de técnicas que procuren mejorar ambientalmente la

obtención del producto BioMultiusos. Respecto a lo anterior, se procedió con las siguientes actividades:

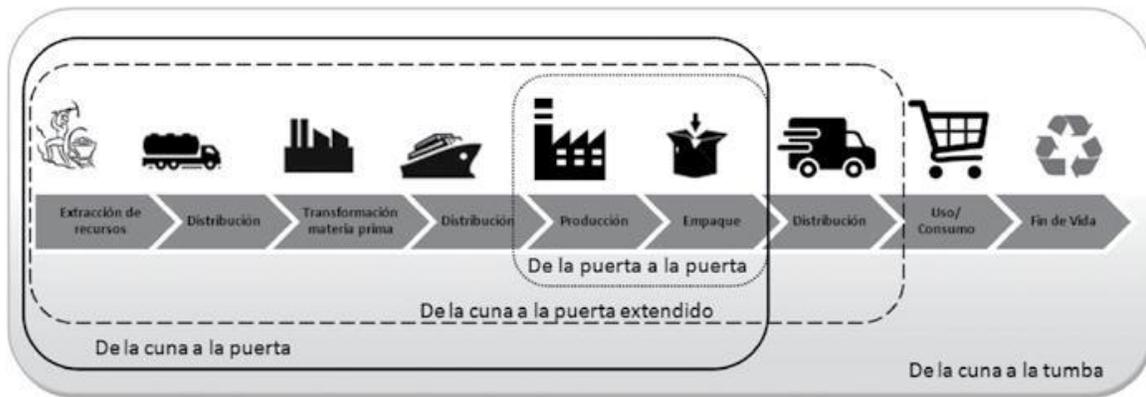
- ✓ Análisis de impactos generados por el consumo de materiales en la obtención del producto.
- ✓ Ciclo de vida del producto en las fases de obtención de materias primas, transformación, y distribución.
- ✓ Estrategias para disminuir los impactos ambientales.
- ✓ Implementación de estrategia para la disminución de impactos ambientales.
- ✓ Comparación de envases plásticos.
- ✓ Comparación entre BioMultiusos convencional, versus formulación mejorada para la disminución de impactos.



*Fotografía 1, obtención de BioMultiusos en la empresa Probionar S.A.S*

**2.2.1.3 Alcance del estudio.** El alcance del estudio asegura que la amplitud, profundidad y el nivel de detalle del análisis, sean compatibles y suficientes para alcanzar

el objetivo ya identificado (ICONTEC, 2007). Con ello, se establece en primer lugar el sistema, el cual según la figura 2, obedece a: “de la cuna a la puerta extendido” o lo también llamado en inglés “*cradle to gate*”.



**Figura 2, límites del sistema de ciclo de vida, tomado de Guías metodológicas: análisis de ciclo de vida y huella hídrica, proyecto mejora de las economías regionales y desarrollo local.**

En cuanto a las categorías seleccionadas para la evaluación de impactos, se encuentran que distintos autores ya han identificado cuales son las afectaciones generadas por el consumo de detergentes. Shahmohammadi *et al.* (2018), estudiaron las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas al consumo energético, encuentran que una categoría de análisis está relacionada a la huella de carbono (Calentamiento Global), así mismo, indicaron por su parte que la mayor cantidad de impactos al medioambiente se generaban en la fase de manufactura y con ello el consumo de agua (Consumo de agua). Giagnorio *et al.* (2017), analizaron que los mayores impactos ambientales en este sector, están asociados a la fabricación de materias primas, y en la descarga de los mismos (Uso de la tierra). Golsteijn *et al.* (2015) identificaron impactos relevantes en la producción de detergentes para el hogar en Europa, alto consumo de agua, temperatura del agua, dosificación del producto y la elección y cantidad del surfactante. Kjellin and Johansson.

(2010) indican que, aunque existen distintos detergentes “verdes”, la mayoría de los surfactantes provienen del petróleo (Escases de recursos fósiles). Finalmente, Madriaga *et al.* (2007) evaluó la eutrofización de los polifosfatos presentes en los detergentes (Eutrofización), así mismo se midieron las propiedades fisicoquímicas, toxicológicas y ecotoxicológicas, para lograr comparar así con criterios preestablecidos para determinar con ello su peligrosidad (Ecotoxicidad).

**2.2.1.4 Función, unidad funcional y flujo de referencia.** Para establecer la unidad funcional se tuvo en cuenta que en particular el producto BioMultiusos es un detergente líquido con múltiples funciones enfocadas en realizar actividades de limpieza en distintas superficies; dentro de sus principales usos están: el lavado de ropa, limpieza de pisos, paredes, baños, techos, y componentes plásticos de distintos elementos.

Así mismo, resultó necesario presentar los datos de producción, cantidad de productos consumidos por los clientes Programa de Alimentación Escolar (PAE) de San Juan de Pasto, equivalentes a 5.323 litros, y el número final de consumidores 223 IEMs instituciones educativas municipales; tabla 1.

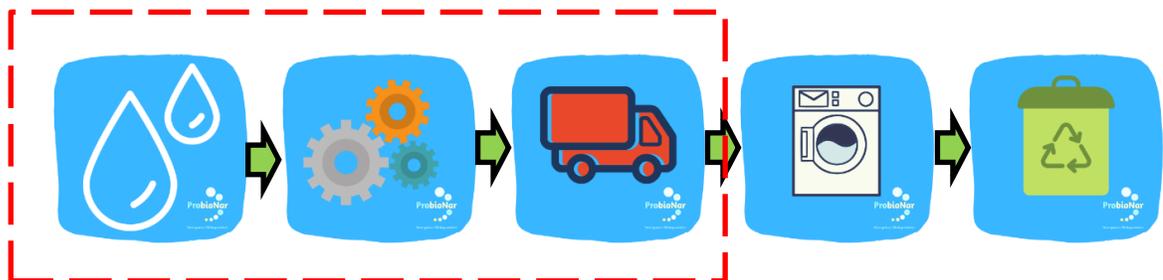
Producto	Función	Unidad Funcional	Rendimiento	Flujo de referencia
Envase de BioMultiusos detergente líquido, presentación en PET de un litro	Servir como agente limpiador de superficies en las IEMs de San Juan de Pasto	Un litro	1.250 m <sup>2</sup> /Litro	5.323 Litros

*Tabla 1, función, unidad funcional y flujo de referencia*

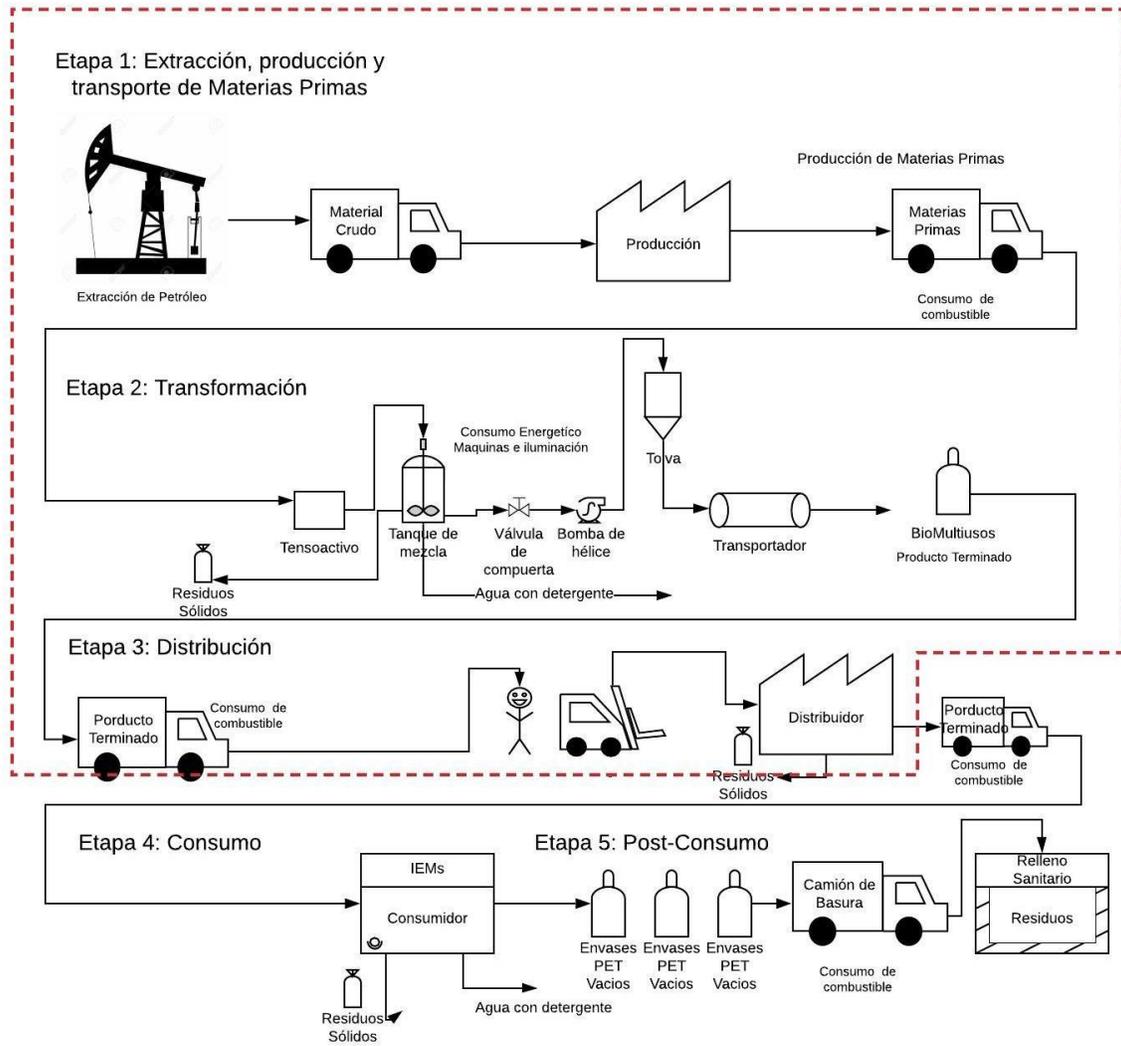
Se establece la unidad funcional para el producto BioMultiusos en cuanto a uno de los principales clientes, que presentó el mayor consumo de este producto en las IEMs. Cabe resaltar que por áreas se entienden a: pisos, paredes, mesones, techos, puertas y demás superficies en las cuales se necesita garantizar la limpieza en un comedor escolar.

**2.2.1.5. Definición de los límites del sistema.** En esta fase se definieron los procesos unitarios incluidos en el sistema, resaltando las entradas y salidas entre los límites, y las actividades referentes a la cadena de suministros, lo cual es necesario para la obtención del producto (ICONTEC, 2007). Para dar cumplimiento a lo previsto se tuvieron en cuenta las siguientes operaciones: adquisición de materias primas, entradas y salidas en la secuencia principal de fabricación, distribución/transporte, producción y utilización de combustibles, electricidad y calor, y operaciones adicionales como la iluminación de la planta de producción.

Resulta necesario resaltar las distintas etapas que se estudiaron para la obtención del producto en mención, teniendo en cuenta la disponibilidad de información y la mayor generación de impactos medioambientales (ver figura 3 y 4)



**Figura 3, ciclo de vida BioMultiusos**



**Figura 4, diagrama de Procesos del ciclo de vida BioMultiusos**

En relación a lo expresado en la figura 4, es pertinente explicar en detalle cada una de las etapas que se analizaron. Las etapas seleccionadas se encuentran encerradas en un recuadro de color rojo, en este sentido se abarcaron de igual forma las actividades puntuales que se generan por cada categoría, con el fin de realizar la modelación y la interpretación de los resultados hallados. Así mismo se argumenta que no se consideró la evaluación de las dos últimas etapas del ciclo de vida del producto, ya que en el consumo, existe

únicamente impactos asociados al el uso de agua de lavado; para la mezcla de producto y para retirar el detergente líquido de las superficies, y en la fase de post-consumo, se podría indagar sobre los impactos por la recuperación de los envases y la biodegradabilidad del producto en los cuerpos de agua, sin embargo, la complejidad de estas actividades generarían un estudio muy extenso, por lo cual se recomienda abarcarlo en una próxima investigación.

**2.2.1.5.1. Etapa 1 Obtención de Materias Primas.** Se contempló la obtención de materias primas locales como: el cloruro de sodio, los envases, las etiquetas y el cartón corrugado, y materias primas importadas como el tensoactivo. Para esto se realizó la visita a los proveedores con el fin de identificar los flujos de entrada de cada materia prima y las distancias recorridas. Algunas materias primas como el conservante (*isotiazolinonas*), no se tuvieron en cuenta en esta etapa, debido a que el flujo de esta materia no era muy representativo.

**2.2.1.5.2 Etapa 2. Transformación.** En esta etapa se contemplaron los flujos de materiales para la obtención de los 5.323 litros de BioMultiusos, así como el consumo energético de las distintas maquinas. Cabe aclarar que en esta fase no se tuvo en cuenta la utilización y mantenimiento de productos, la disposición de los residuos del proceso, la recuperación de productos, el mantenimiento de equipos.

En cuanto a la mano de obra que se emplea en el proceso productivo, están involucrados los siguientes cargos: director técnico, jefe de producción, jefe de calidad y

un operario. A continuación se presenta en detalle el proceso productivo para la obtención de BioMultiusos (Ver tabla 2):

Proceso	Variable de control	Equipo empleado
1. Llenar el tanque de mezcla con agua	2 horas	Tanque de Mezcla 500 Litros
2. Pesar insumos	20 minutos	Balanza y Bascula
3. Mezclar agua con Sulfato de alcohol graso	horas	Tanque de mezcla
4. Agregar a la mezcla anterior: cloruro de sodio, y conservante.	40 minutos	Tanque de mezcla
5. Medir pH	pH = 8 +- 0,5	Potenciómetro
6. Homogenizar y reposar	Mínimo: 12 horas	Tanque de mezcla
7. Medir pH Final	pH = 7 +- 0,5	Potenciómetro
9. Tomar muestra de retención, llevar a laboratorio y rotular.	Q = 250 a 300 cm <sup>3</sup>	
10. Envasar	2 horas	Envasadora y Compresor
11. Tapar	1 hora	
12. Lavar y limpiar derrames en envases	2 horas	
13. Etiquetar	2 horas	
14. Embalaje	2 horas	

*Tabla 2, Detalle del proceso de obtención de BioMultiusos en la etapa de transformación.*

**2.1.1.5.3 Etapa 3 Distribución.** En la distribución se contempló el consumo de combustible fósil empleado para la distribución del BioMultiusos, en las rutas especificadas más adelante. En esta etapa no se tuvo en cuenta la distribución del producto hasta el consumidor final.

## ***2.2.2 Fase 2: análisis del inventario del ciclo de vida (ICV).***

Se describen a continuación las actividades desarrolladas para esta fase.

***2.2.2.1 Revisión de datos generales de la empresa referentes a políticas ambientales de la empresa Probionar S.A.S.*** Es compromiso de la empresa Probionar S.A.S adelantar y gestionar todas las actividades desarrolladas, con base en principios y beneficios económicos, balance medioambiental y responsabilidad social, en armonía con los recursos naturales y el entorno social, liderando la búsqueda de alternativas viables para la promoción de la salud, utilización de procesos y tecnologías limpias dentro del proceso productivo.

Todos los funcionarios, trabajadores, asociados, contratistas y subcontratistas de la empresa Probionar S.A.S se someterán a las políticas y normas dictadas por la empresa para dar conformidad al principio de proactividad y el cumplimiento de los requisitos legales aplicables, se busca el “*Continuo mejoramiento de las condiciones de trabajo, en cuanto a buen manejo de recursos y disposición de residuos*”; el cual debe ser de conocimiento activo de todas las personas que participan; en la reducción, la minimización de todas las condiciones ambientales peligrosas y actos inseguros que se encuentren o se puedan generar.

***2.2.2.2 Caracterizar los datos de proveedores.*** La caracterización de proveedores se realizó con la disponibilidad de información y el consentimiento de los mismos para un

adecuado análisis de las distancias recorridas y el tipo de combustible empleado para la distribución hacia la empresa Probionar S.A.S. Así mismo, se empleó la herramienta de *Google Maps* para cuantificar las distintas distancias entre los proveedores y la empresa, (ver tabla 3).

Insumo	Proveedor	Ubicación	Cantidad (Kg)	Km	Combustible	Tkm
Sulfato de alcohol graso	Protecnica S.A	Cra. 34 #13-150, Yumbo	548	392	Diésel	214,9
Isotiazolinas	Protecnica S.A	Cra. 34 #13-150, Yumbo	5	392	Diésel	2,14
Envase PEAD	Envasar LTDA	Ak 30 #20, Bogotá	117,2	936	Diésel	56,4
Envase PET	Envasar LTDA	Ak 30 #20, Bogotá	60,34	936	Diésel	56,4
Cloruro de Sodio	Abraham delgado	Calle 20 #21B - 16, Pasto, Nariño	329	14,4	Gasolina	4,73
Etiquetas	Pasto Clasificados	Cl. 17 #23-84, Pasto, Nariño	7	14,7	Gasolina	0,10
Cajas de Cartón	Redcom	Alto de daza	72	7,9	Gasolina	0,568

*Tabla 3, datos e insumos de proveedores necesarios para la obtención del producto*

**2.2.2.3. Desarrollo de ecobalances.** Se determinaron, mediante los flujos individuales en la producción del BioMultiusos, los insumos empleados en el año 2018 para abastecer el programa de alimentación escolar.

**2.2.2.4. Análisis del inventario empleando el método de punto medio.** Se describen a continuación las actividades desarrolladas para este método:

2.2.2.5.1 *Establecer datos referentes a las materias e insumos necesarios para la obtención de BioMultiusos.* Una vez realizados los ecobalances se logró consolidar las materias primas y flujos necesarios para establecer los datos de materias primas e insumos empleados en la obtención de 5.323 litros del producto trabajado. Con relación a lo anterior, se presenta la siguiente tabla para indicar los datos encontrados (ver tabla 4).

Insumo	Input	Cant. Litro (g)	Cant. Total (Kg)
Agua (Producto y lavado)	Water	1,73	9.200
Sulfatos de alcoholes grasos	Fatty alcohol sulfate	0,103	548
Isotiazolinonas	Isothiazolinones	9,4x10 <sup>-4</sup>	5
Cloruro de Sodio	Sodium chloride	0,062	329
Envase PET	Polyethylene terephthalate	0,011	60,34
Etiquetas impresas	Printed Paper	0,0013	7
Cajas de Cartón Corrugado	Corrugate board box	0,013	72

***Tabla 4, inventario empleado en la obtención de BioMultiusos detergente líquido***

2.2.2.5.2 *Identificar el gasto energético en cada etapa del ciclo de vida del producto BioMultiusos.* Para analizar los datos del consumo energético, se tuvieron en cuenta los datos de consumos mensuales tomados por la empresa prestadora de servicios (Cedemar S.A) y suministrados mensualmente en los recibos de pago. Los datos consolidados se presentan a continuación (ver tabla 5).

Número	Mes	Consumo	Unidad
1	Febrero	26	kWh
2	Marzo	30	kWh
3	Abril	38	kWh
4	Mayo	30	kWh
5	Junio	15	kWh
6	Julio	33	kWh
7	Agosto	28	kWh
8	Septiembre	29	kWh
9	Octubre	14	kWh
10	Noviembre	22	kWh
Total consumo		265	kWh

*Tabla 5, consumo energético planta Probionar S.A.S febrero a noviembre 2018*

En este espacio resultó necesario realizar una serie de cálculos equivalentes para identificar el consumo energético para la producción de 5.323 litros del producto BioMultiusos, ya que los datos suministrados por la empresa prestadora del servicio público, no discrimina las variedades de productos que se elaboran en la empresa. Con respecto a lo anterior se obtuvo la siguiente tabla (Ver tabla 6).

Consumo Promedio mes	Consumo total	Total producción por mes	Porcentaje de utilización BioMultiusos	Consumo energético BioMultiusos
26,5 kWh	265 kWh	2.400 Litros	22%	58,3 kWh

*Tabla 6, consumo energético producto BioMultiusos*

De esta forma se puede analizar que el consumo de energía para la obtención de un litro de BioMultiusos es de: 0,0109 kWh.

2.2.2.5.3 *Cuantificar el consumo de combustible empleado en la distribución del producto BioMultiusos.* Para la fase de distribución se tuvo en cuenta la ubicación geográfica de los clientes representados en tres empresas, quienes a su vez distribuyen los productos a las IEMs. Para el cálculo de las distancias entre la empresa y clientes, se empleó la herramienta de *Google Maps*. Los datos encontrados se expresan en la siguiente tabla (ver tabla 7):

Ruta	Cliente	Desde	Hasta	Km recorridos
1	Redcom	Kilómetro 15 vía Buesaco Planta Probionar SAS	Alto de daza	7,6
2	Compsur SAS	Kilómetro 15 vía Buesaco Planta Probionar SAS	Cra. 11 #15-17, Pasto, Nariño B/ las Violetas	15,4
3	Coopumnar	Kilómetro 15 vía Buesaco Planta Probionar SAS	Cl. 20a #2a16, Pasto, Nariño B/Las mercedes	15,7
Total recorrido				38,7

*Tabla 7, distribución del producto BioMultiusos*

Teniendo en cuenta los datos expresados en la tabla 7, se logró cuantificar los siguientes datos requeridos: cantidad total distribuida 5,4 Ton; kilómetros recorridos: 38,7; toneladas por kilómetros recorridos: 210,45 tkm y TKM para cada litro de producto: 0,04 tkm

### **2.2.3 Fase 3: evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)**

Esta fase tuvo como propósito evaluar qué tan significativos son los impactos medioambientales potenciales, empleando los datos de la fase anterior (ICV), así que, estos procesos relacionan los datos del inventario con las distintas categorías interpretadas. Para

la evaluación del impacto se empleó así mismo el software especializado SimaPro en su versión 9.

**2.2.3.1 Selección del método de punto medio.** En cuanto a la metodología del ACV, se encuentra que el software SimaPro, ofrece a la comunidad global el método ReCiPe, el cual según el software SimaPro, se define como un método para la evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV), cuyo objetivo principal es convertir la larga lista de resultados del inventario del ciclo de vida en un número limitado de puntajes de indicadores, dividido en dos niveles: punto medio (18 indicadores), punto final (3 indicadores), los cuales expresan la gravedad relativa en cada categoría de impacto ambiental (RIVM, 2017).

Así mismo, los dos tipos de niveles cuentan a su vez con tres perspectivas culturales: individualista (I); jerárquico (H); e igualitaria (E). Estas perspectivas indican un conjunto de opciones sobre razones, sobre como el tiempo o la gestión adecuada en un desarrollo tecnológico, pueden evitar daños futuros.

En este estudio se decidió seleccionar el nivel de punto medio, bajo la perspectiva Jerárquico, o inglés "*Hierarchist*". El cual es un modelo de consenso, se encuentra a menudo en los modelos científicos, además es el método predeterminado de punto medio. Por lo anterior su uso es muy frecuente para usuarios nuevos, ya que facilita el manejo y la interpretación del software (SimaPro, 2017). Así mismo este método actualmente es uno

de los más empleados en diversos estudios de análisis de ciclo de vida, referentes al consumo de detergentes en la industria de lavado (Giagnorio *et al.*, 2017).

Además se decidió seleccionar el método de punto medio, ya que el interés del estudio se enfoca en el análisis de las categorías de impacto ambiental intermedias, las cuales se hallan más cercanas a la intervención ambiental (Vallejo, 2004), así mismo este análisis brinda información más detallada, sobre de qué manera y en qué punto se afecta el medioambiente. Por otro lado, según distintos estudios relacionados con ACV, actualmente, es más común recurrir a categorías de impacto intermedias.

***2.2.3.2 Modelación del ciclo de vida del producto seleccionado a través del software especializado en el análisis de ciclo de vida del producto SimaPro 9.*** Se describen a continuación las actividades a desarrollar en este procedimiento:

***2.2.3.2.1 Identificar la calidad de los datos, dependiendo de la base de datos propia y la disponible en Ecoinvent 3.*** Con el fin de realizar la medición de impactos ambientales se empleó la base de datos Ecoinvent 3, bajo el método de asignación cut-off, previamente sustentado.

En la selección de los insumos y materias primas presentes en la base de datos, se tuvo en cuenta la mayor afinidad de las materias seleccionadas, posterior a esto, se adecuaron los flujos de materiales a las condiciones del territorio local, en cuanto al tipo

de energía, el tipo de combustible empleado en la obtención de las materias primas. Todo lo anterior se realizó con el fin de tener mayor precisión en los análisis realizados.

2.2.3.2.2 Realizar la modelación del ciclo de vida por medio de la técnica de punto medio empleando el método ReCiPe 2016. Una vez relacionados los datos, se procedió a ingresar los flujos por cada materia prima, empleando al software SimaPro 9, para así obtener un análisis inicial del ciclo de vida del producto, el cual nos permite tomarlo como ejemplo, para evaluar la categoría de Calentamiento Global, generando así el diagrama de red del BioMultiusos detergente líquido (Ver figura 5).

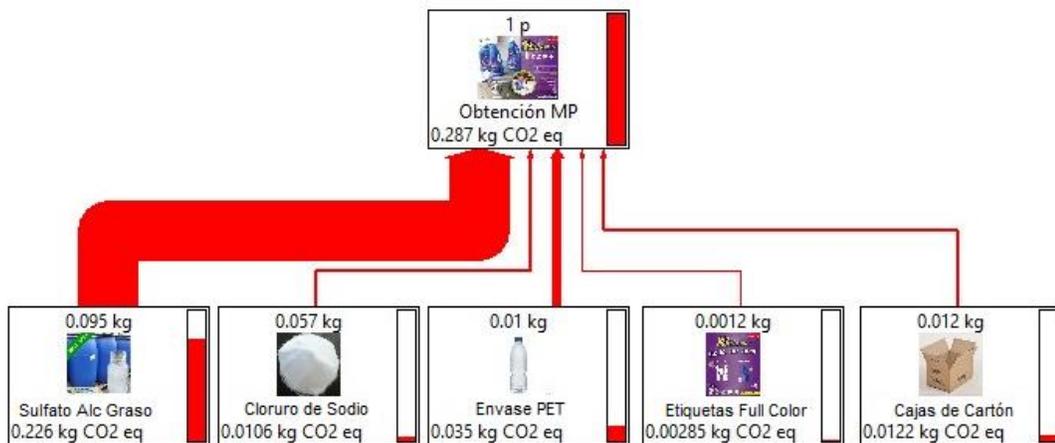
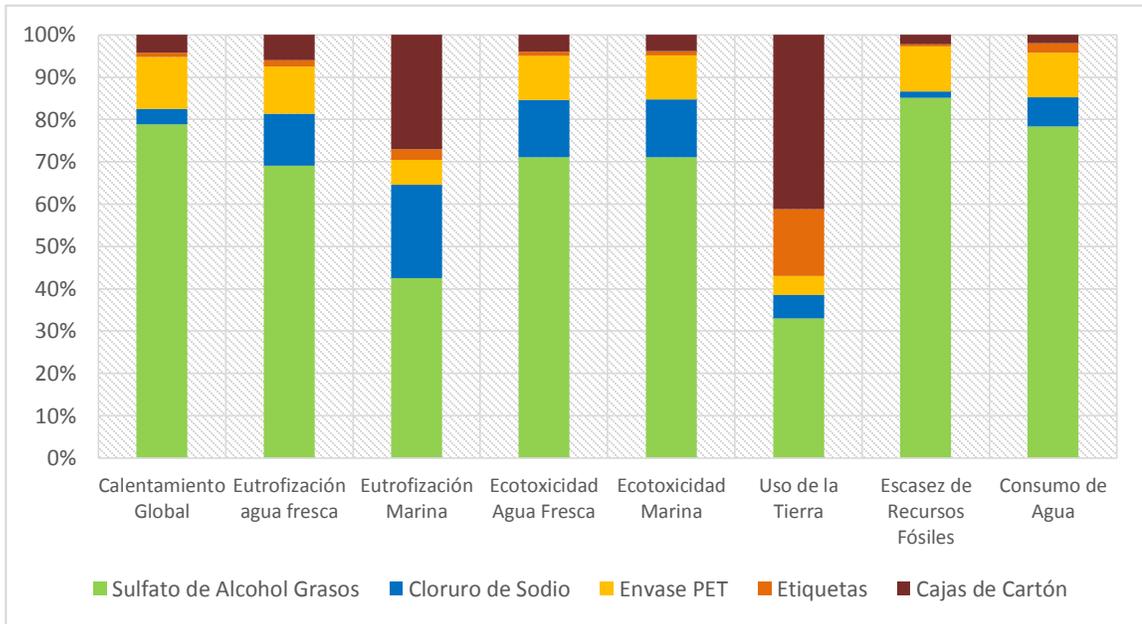


Figura 5, diagrama de red etapa obtención de materias primas.

Con relación a lo expuesto en la figura 5, se logra evidenciar que el mayor impacto ambiental en la etapa de obtención de materias primas, frente a la categoría de cambio climático (emisiones de CO<sub>2</sub>), se está generando por el consumo de tensoactivos (Sulfato de Alcoholes grasos). En cuanto a las ocho categorías de impacto anteriormente nombradas y expuesta a continuación (ver figura 6), se logra evidenciar:

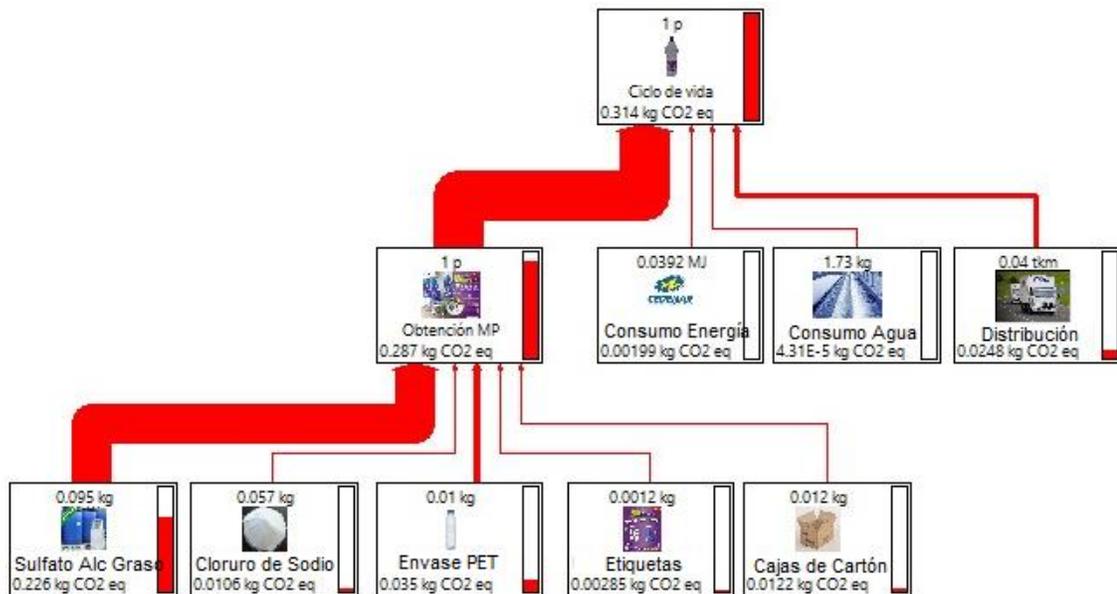


**Figura 6, caracterización de impactos ambientales en la obtención de materiales para la producción de BioMultiusos.**

Se toma un ejemplo adicional, para identificar la mayor afectación en la etapa de obtención de materias primas, para la elaboración de un litro de BioMultiusos, está representada en la categoría de escasez de recursos fósiles con 0,1556 Kg oil eq, seguido por calentamiento global 0,287 Kg de CO<sub>2</sub> eq, enseguida uso de la tierra 0,0119 m<sup>2</sup>a crop eq, luego Ecotoxicidad Marina 0,0116 Kg 1,4 –DCB, ecotoxicidad de agua fresca 0,00813 Kg 1,4 –DCB, siguiente a esto, consumo de agua 0,00366 m<sup>3</sup>, posterior se encuentra la

categoría de eutrofización en agua fresca con  $9,03 \times 10^{-5}$  kg P eq, y finalmente eutrofización en agua marina  $1,03 \times 10^{-5}$  kg N eq.

Para el análisis del ciclo de vida del producto, para las tres etapas definidas en los límites del sistema, se tuvieron en cuenta los datos anteriormente presentados para las fases de obtención de materias primas, transformación y distribución. Posterior a esto se desarrolló el diagrama de red, que se expone a continuación (ver figura 7).

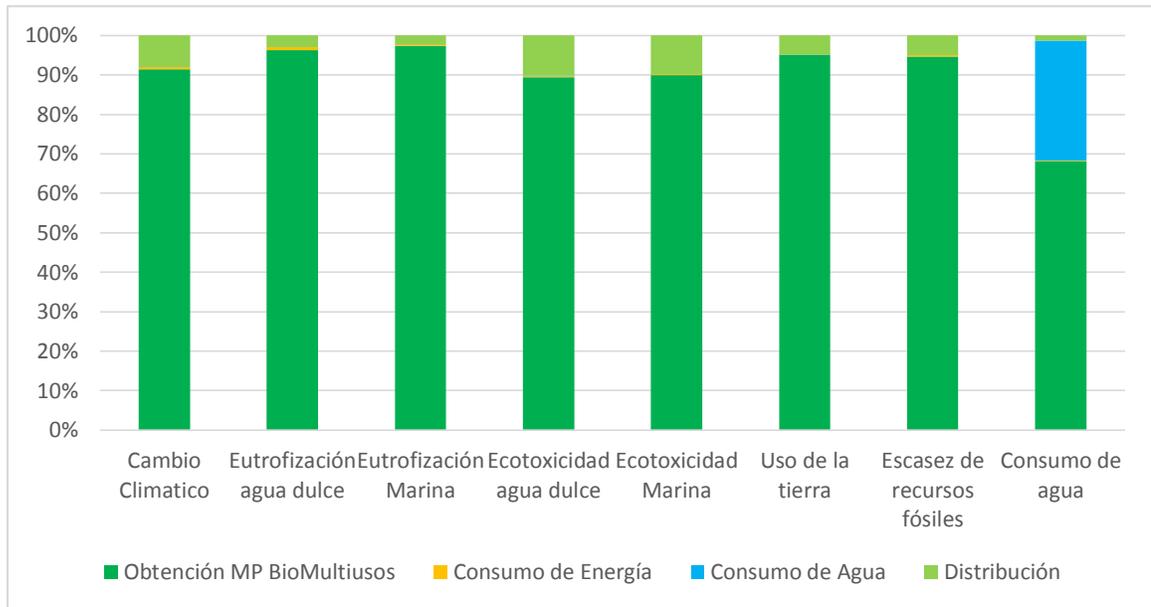


*Figura 7, diagrama de red ciclo de vida del producto*

Se logra evidenciar en la figura 7, que la mayor afectación en la categoría de Calentamiento global, se está generando en la etapa de obtención de materias primas. En este mismo sentido, resultó necesario analizar los impactos de punto medio generados en el ciclo de vida del producto BioMultiusos detergente líquido, para así identificar los

efectos por cada una de las etapas, relacionadas a las categorías fijadas. Los datos encontrados se expresan en la figura 8.

En otro sentido, cabe aclarar que para la etapa 2 del ciclo de vida, relacionada a la transformación del producto, se emplearon los datos de consumo de energía, y consumo de agua, expresados de la misma forma en la figura 7.

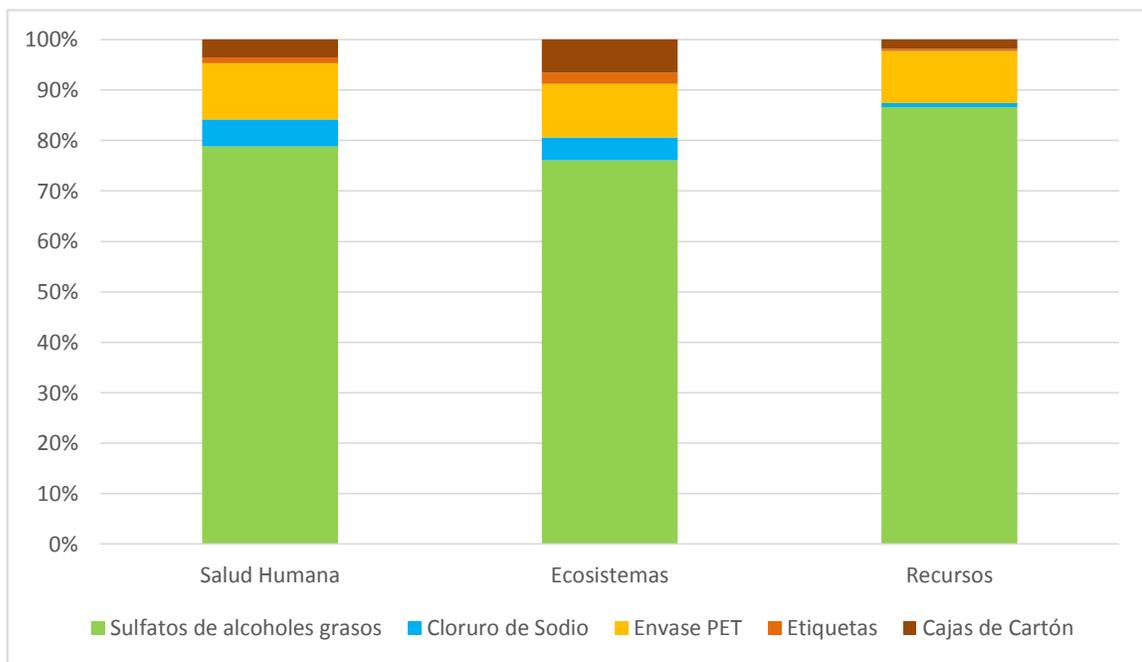


**Figura 8, análisis de impactos en el ciclo de vida del producto BioMultiusos detergente líquido**

De acuerdo a lo expresado en la figura 8, se logra evidenciar así mismo, que por la elaboración de un litro de BioMultiusos, en sus etapas tres etapas iniciales, la de mayor contribución en todas las categorías de impacto evaluadas fue la etapa de obtención de materias primas, lo cual se detalló por cada insumo en la sección anterior (ver figura 6). Generando un reporte en la sección de análisis de impacto del software SimaPro, se indica la siguiente información: consumo de agua 0,0054 m<sup>3</sup>, escasez de recursos fósiles 0,163 Kg oil eq, uso de la tierra 0,0125 m<sup>2</sup>a crop eq, ecotoxicidad marina 0,013 kg 1,4-DCB,

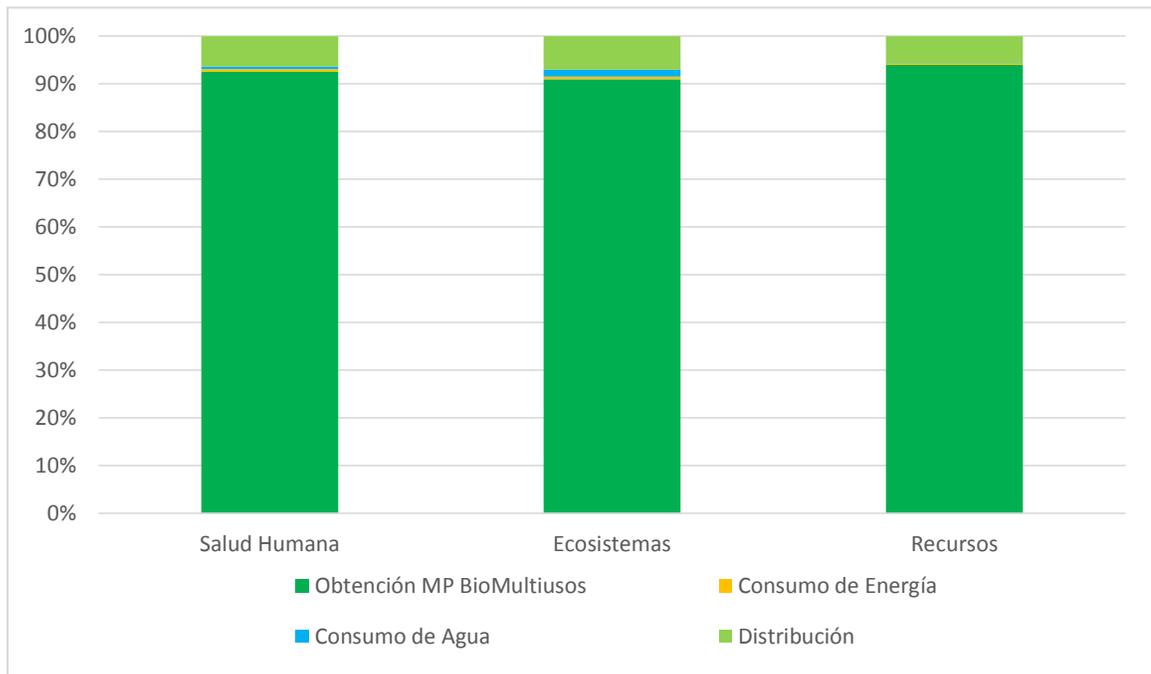
ecotoxicidad de agua dulce 0,0091 kg 1,4-DCB, eutrofización marina  $1,06 \times 10^{-5}$  kg de N eq, eutrofización agua dulce  $9,37 \times 10^{-5}$  kg de P eq, y finalmente cambio climático 0,314 kg de CO<sub>2</sub> eq.

2.2.3.2.3 Realizar la modelación por medio de la técnica de punto final empleando el método ReCiPe 2016. Con el fin de realizar una comparación entre los impactos generados a un nivel de punto medio y punto final, se presenta a continuación un análisis de impactos para categorías de punto final. Se puede encontrar que en estas categorías se encuentran variables que afectan directamente a la sociedad, por lo tanto su elección resultaría más relevante y comprensible a escala global (Vallejo, 2004). Empleando el método ReCiPe 2016 V1.02, versión Hierarchist, en el Software SimaPro, se obtuvieron las siguientes figuras (ver figura 9 y 10).



**Figura 9, evaluación de impactos ambientales en la etapa de Obtención de Materias Primas por método de punto final**

Se logra identificar que bajo el método de punto final, el insumo denominado sulfatos de alcoholes grasos es el que más efectos negativos genera en las categorías de la salud humana ( $5,34 \times 10^{-7}$  DALY), ecosistemas ( $1,07 \times 10^{-9}$  species.yr) y recursos naturales (0,0493 USD2013).



**Figura 10, evaluación de impactos ambientales por categorías de impacto de punto final**

Con base a lo expresado en la figura 10, se logra observar que la elaboración de un litro de BioMultiusos, de igual forma, la etapa de obtención de materias primas es la que más afectó a las categorías de punto final, ya que los insumos como el Sulfato de alcoholes grasos, el envase PET y el cloruro de Sodio generan efectos negativos en las distintas categorías. El reporte generado por el software SimaPro, empleando el análisis de impacto, arrojó la siguiente cuantificación de impactos ordenados por mayor impacto: recursos 0,0606 USD2013, salud humana  $7,32 \times 10^{-7}$  DALY, y ecosistemas  $1,54 \times 10^{-9}$  species.yr.

#### **2.2.4. Fase 4: Interpretación de Ciclo de vida.**

De acuerdo a los datos obtenidos con el software SimaPro en la fase 3 - Evaluación de impactos ambientales (EICV), se logró hacer la siguiente interpretación por cada uno de los hallazgos realizados:

**2.2.4.1 Impactos generados por el consumo de Tensoactivo.** El software SimaPro permitió identificar las etapas que mayores impactos negativos han generado al medioambiente; por consiguiente, a través de la modelación se identificó que los insumos que más están afectando en la etapa de obtención de materias primas, son los tensoactivos o también llamados surfactantes. Aunque en la actualidad se encuentra en la bibliografía, que la mayoría de los surfactantes modernos son fácilmente biodegradables y presentan baja toxicidad en el medio acuático, gran parte de ellos se sintetizan empleando petróleo (Kjellin and Johansson, 2010).

En el caso particular del producto de estudio, en la obtención de materias primas, se empleó el tensoactivo denominado “Sulfato de alcohol graso” el cual tiene una amplia aplicación en la industria, como tensoactivos aniónicos, catiónicos y no iónicos, los cuales presentan entre 12 y 18 cadenas de carbono, son empleados como detergentes (Ríos *et al.*, 2006).

Aunque las ventajas que presenta esta materia prima en la industria de los detergentes son numerosas, se logra asumir que el mayor impacto ambiental está relacionado al consumo de petróleo, ya que para la obtención de esta materia prima se emplean olefinas y etileno, generando así alcoholes sintéticos saturados que pueden presentar cadenas lineales o ramificadas, con número impar o par de carbonos (Ríos *et al.*, 2006).

Se debe recordar que el petróleo es un recurso que está cada vez más limitado, y que la disputa por la utilización de este mineral para la obtención de combustibles, envases plásticos, y demás materias primas, han llegado a una fase de su punto máximo de producción, denominado “*pico del petróleo*”, después de esto la disponibilidad bajará progresivamente cada año hasta casi cero al fin de este siglo (Zandvliet, 2011).

Por lo anteriormente planteado, se puede identificar que el consumo de tensoactivos derivados del petróleo afecta en gran proporción a la categoría denominada, escasez de recursos fósiles, generando así una de las mayores afectaciones para el medioambiente.

**2.2.4.2 Características del producto BioMultiusos detergente líquido.** A través del análisis del ciclo de vida realizado al producto BioMultiusos se logró identificar que un litro de este producto genera un total de 0,314 kg de CO<sub>2</sub>, cabe mencionar que en este estudio se tomaron en cuenta las etapas de obtención de materias primas, transformación y distribución, por lo cual hay algunos impactos en la fase de consumo y post-consumo, que seguramente aumentarían este valor. Debido a que según algunos artículos asociados a la

medición de huella de carbono de un detergente, se encontró que en la fase de consumo empleado el producto para el lavado de ropa con una máquina de lavado, se generó 0,57 Kg de CO<sub>2</sub> eq / kWh (De Koning *et al.*, 2010).

En cuanto al consumo de agua para la obtención de un litro del producto estudiado, logró ser de 0,0054 m<sup>3</sup> de los cuales el uso del tensoactivo aporta con 0,00166 m<sup>3</sup>, siendo así el insumo que más afecta al medioambiente. Cabe resaltar que, aunque el consumo de agua no es elevado en comparación con otros productos, si es conveniente plantear estrategias para la disminución de este recurso empleado en la obtención del detergente. Con lo anterior se logra informar que la huella hídrica por la producción de un litro de detergente líquido BioMultiusos en sus tres primeras etapas del ciclo de vida es de 5,4 litros.

Otra de las categorías que requieren un análisis minucioso y que se debe tener en cuenta para este producto, se centra en la Eutrofización de agua dulce y marina, ya que en esta se involucraron dos elementos (fósforo y el nitrógeno), los cuales son de mucho cuidado en el consumo de detergentes. Los datos arrojados en la modelación fueron:  $9,37 \times 10^{-5}$  kg de fósforo equivalente (huella de fósforo: 0,9 g de P eq) y,  $1,06 \times 10^{-5}$  kg de nitrógeno equivalente (huella de nitrógeno: 0,1 g de N eq). Es necesario mencionar que estos valores son relativamente bajos para un detergente (Madriaga *et al.*, 2007), pero aun así es clave disminuir los insumos como el tensoactivo y cloruro de sodio que aumentan el aporte de fósforo y nitrógeno en las categorías de impacto mencionadas.

**2.2.4.3 Recomendaciones.** De acuerdo a lo identificado en la fase de interpretación se logra percibir que la empresa Probionar S.A.S, debe iniciar con la sustitución del tensoactivo “sulfato de alcoholes grasos”, el cual, aunque es bajo en fósforo y nitrógeno es un derivado del petróleo. Con relación a lo anterior se podría pensar que la implementación de un tensoactivo que no sea derivado del petróleo, pueda mitigar algunos impactos ambientales asociados a la escasez y con ello la dependencia del petróleo, frente a ello, se recomienda realizar una modelación de análisis de ciclo de vida con un tensoactivo a base de aceite de palma, posterior a ello comparar los resultados y tomar las decisiones correspondientes.

La siguiente recomendación consiste en iniciar campañas de siembra de árboles propios del sector donde se encuentra la empresa, como es el caso de árboles de aliso (*Alnus glutinosa*), el cual permite la fijación de N<sub>2</sub> atmosférico, llegando así hasta 200 Kg N Ha/año (Matta *et al.*, 2009). Así mismo, con ello se lograría promover la compensación de la huella de carbono generada por la obtención del BioMultiusos detergente líquido.

Otra de las recomendaciones para la empresa, está asociada a la sustitución del envase tipo PET, por un envase tipo PEAD, el cual permita usar más veces el envase. A partir de esta acción la empresa deberá cumplir con un 30% de retorno de este plástico hasta el año 2030 de acuerdo a la resolución 1407 de 2018. Para esto la empresa debe implementar un plan para el aprovechamiento de este material y cumplir así con el indicador expuesto por las entidades de control ambiental (Ministerio de Ambiente, 2018).

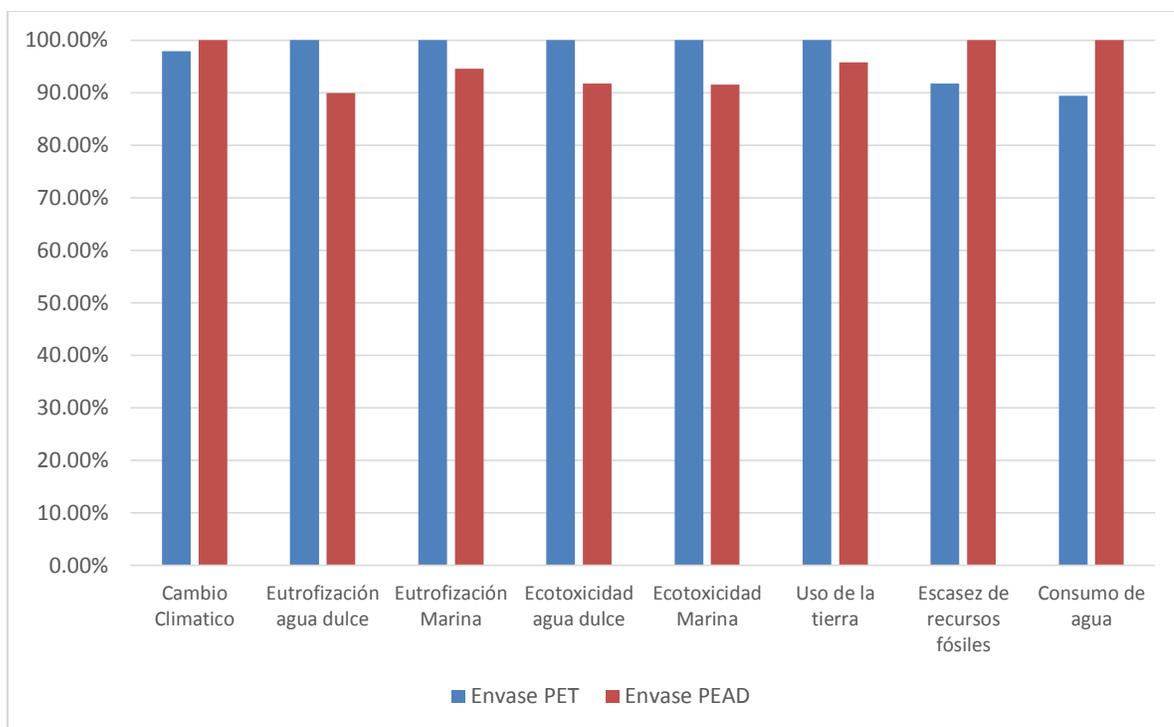
**2.2.4.4. Comparaciones.** Con respecto a las recomendaciones propuestas en la sección anterior, el software SimaPro versión 9, nos permite comparar determinados productos, materiales, sustancias, entre otras consideraciones, que nos ayude a tomar decisiones con respecto al beneficio y las mejoras de diseño frente al factor medioambiental.

**2.2.4.4.1 Comparación de tipos de envase (Envase tipo PET vs envase tipo PEAD):**

Se realizó la comparación entre los dos tipos de envase que puede utilizar la empresa para envasar el litro de detergente líquido BioMultiusos (ver fotografía 3). Con base en los datos suministrados, se conoció que, para la producción de los 5.323 litros de producto, se emplearon 60,34 kg de envase tipo PET, mientras que para el envase PEAD se deben emplear 117,2 Kg, por lo cual en la fabricación de un litro se emplea: 0,011 kg y 0,022 kg respectivamente. Así mismo se empleó el software, con el método de punto medio ReCiPe 2016 V 1.02, versión Hierarchist, para analizar los impactos generados en las ocho categorías previamente sustentadas y determinadas, con el ánimo de tener respuestas sobre: “¿Cuál envase es más conveniente emplear para disminuir los impactos negativos en la obtención del producto?”. Los resultados de esta comparación se pueden visualizar en la figura 11.



**Fotografía 2, tipos de envase para el producto BioMultiusos**



***Figura 11, comparación de envases Envase tipo PET vs Envase tipo PEAD***

Se podría resaltar que el envase PEAD resulta ser mejor ya que disminuye los impactos generados por el envase tipo PET en cinco categorías. Así mismo, se debe precisar que el envase tipo PEAD consume más recursos fósiles, ya que para la elaboración del envase se emplea mayor cantidad de material para obtener una estructura más rígida y con ello resistente.

Con el fin de tener valores más precisos sobre el estudio comparativo de los dos materiales expuestos anteriormente, se presentan los resultados arrojados en el análisis de impactos del software SimaPro V.9, en la siguiente tabla (Ver tabla 8).

Categoría de impacto	Envase PET	Envase PEAD	Unidad
Cambio Climático	0.314	0.321	kg CO <sub>2</sub> eq
Eutrofización agua dulce	9.37x10 <sup>-5</sup>	8.43x10 <sup>-5</sup>	kg P eq
Eutrofización Marina	1.06x10 <sup>-5</sup>	1.0x10 <sup>-5</sup>	kg N eq
Ecotoxicidad agua dulce	0.0091	0.0083	kg 1,4-DCB
Ecotoxicidad Marina	0.0129	0.0118	kg 1,4-DCB
Uso de la tierra	0.0125	0.0120	m <sup>2</sup> a crop eq
Escasez de recursos fósiles	0.164	0.179	kg oil eq
Consumo de agua	0.0054	0.0060	m <sup>3</sup>

*Tabla 8, datos comparativos de envase PET vs envase PEAD.*

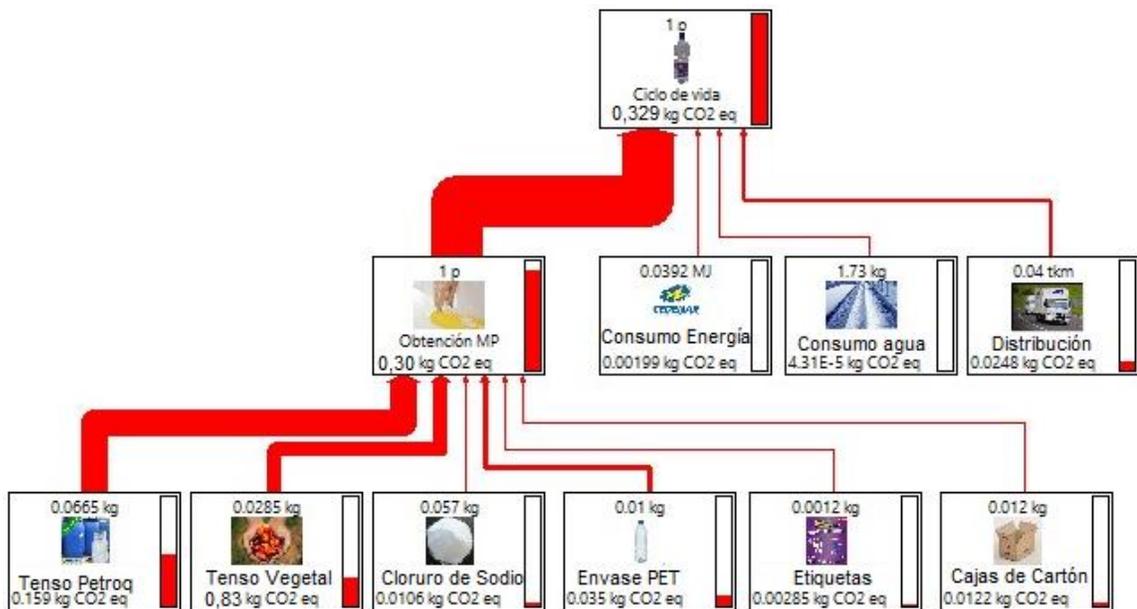
Según los datos expresados en la tabla 8, se logró percibir que el envase favorece a las categorías de eutrofización de agua dulce y mariana, Ecotoxicidad de agua dulce y marina, y uso de la tierra. Pero a su vez, aumenta la huella de carbono del producto en 7 gramos equivalentes de CO<sub>2</sub>, la huella hídrica en 0,6 litros, y el consumo de petróleo en 15 gramos equivalentes.

Bajo los escenarios propuestos, se deben contemplar otras ventajas que permitan emplear el envase PEAD. Los posibles beneficios están asociados a la capacidad de tener un segundo uso, debido a la resistencia del material, mientras que el envase PET, aunque emplea menos recursos fósiles para su obtención, en su etapa de post-consumo generalmente debe ser descartado, ya que por la manipulación y la resistencia se desgasta, dificultando la reutilización del mismo.

Es clave mencionar, que la estrategia de la reutilización de los envases, propuesta en este estudio, se puede respaldar por lo expresado por distintos autores. Los cuales expresan que los envases reutilizados tienen un mejor rendimiento medioambiental, frente

a los envases que se usan una sola vez y luego se envían a reciclaje. Así mismo, los impactos se reducen cuando se aumenta el número de rotaciones (Biganzoli *et al.*, 2018). Adicionalmente, podemos considerar que el reúso de esos envases disminuye impactos significativamente, comenzando con 5 a 10 usos, por lo cual se recomienda que el contenedor debe usarse al menos 10-15 veces (Nessi *et al.*, 2014).

*2.2.4.4.2 Comparación entre Tensoactivo (Origen Petroquímico vs Origen Vegetal):* Según los datos suministrados por el proveedor del tensoactivo de origen vegetal (*aceite de palma*), se logra formular un nuevo producto que contiene un 30% de tensoactivo de origen vegetal y un 70% de tensoactivo de origen petroquímico. La configuración para el ciclo de vida en las etapas de obtención de materias primas, transformación y distribución se exponen en la figura 12.

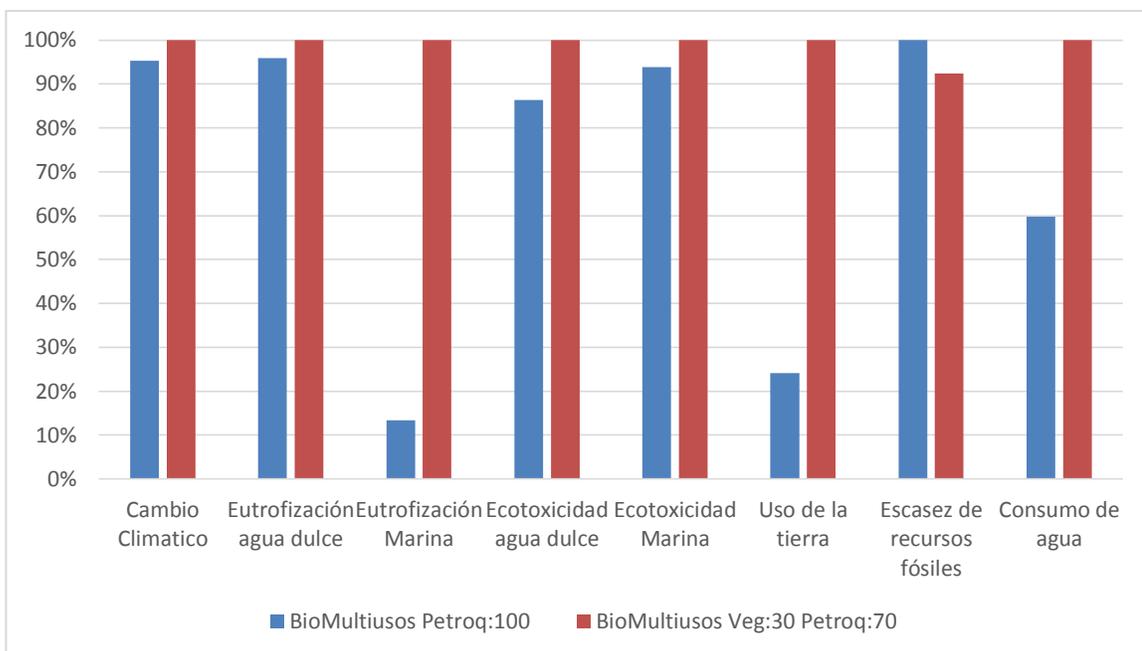


*Figura 11, diagrama de red producto con porcentaje de tensoactivo de origen vegetal*

Los datos que se tuvieron en cuenta para el ciclo de vida expuesto en la figura 12, corresponden a las descripciones proporcionadas por el software SimaPro, bajo la base de datos Ecoinvent, donde se tomaron datos de la obtención de Sulfatos de alcoholes grasos, a partir de la palma de aceite, donde se incluyó un análisis desde la recepción del aceite de palma crudo en la puerta de la refinería, hasta la refinación del aceite de palma crudo.

En el proceso de producción de sulfato de alcohol graso, de aceite de palma, el software SimaPro indica que la ruta del insumo, se ha determinado como “moderna”, ya que permite cambiar la capacidad, con cambios en la demanda, en comparación con la mayoría de las otras materias primas oleoquímicas. Anexo a lo anterior, es importante describir que en el proceso de obtención del tensoactivo de origen vegetal, los sulfatos de alcoholes grasos se obtienen por sulfonación de los alcoholes, y una fina película de alcohol se une con una mezcla de óxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ) y aire seco dentro de un tubo vertical, así mismo después de la sulfonación, se aplica hidróxido de sodio para neutralizar el ácido que se ha formado (SimaPro, 2017).

Para identificar cual formula resulta ser más respetuosa con el medioambiente, si la convencional que emplea 100% de tensoactivo de origen petroquímico, o la nueva fórmula propuesta, que emplea 70% de tensoactivo petroquímico, más 30% de tensoactivo de origen vegetal, se realizó una comparación empleando el software SimaPro, con el método de punto medio ReCiPe 2016 V1.02, versión Hierarchist. Los resultados obtenidos se pueden observar en la figura 13.



**Figura 12, comparación Tensoactivos (Origen Vegetal vs Origen Petroquímico)**

Con respecto a la figura anterior, se logra evidenciar que el producto nuevo con una mezcla de tensoactivo de origen vegetal, genera mayores impactos en siete de las ocho categorías estudiadas. Sin embargo, cabe resaltar que, en la categoría de escasez de recursos fósiles, se logra disminuir los impactos generados. Para concebir un análisis más detallado en cada categoría estudiada, se efectuó de igual forma una tabla comparativa expresada en seguida (ver tabla 9).

Categoría de impacto	BioMultiusos Petroq:100	BioMultiusos Veg:30 Petroq:70	Unidad
Cambio Climático	0.314	0.329	kg CO <sub>2</sub> eq
Eutrofización agua dulce	9.37x10 <sup>-5</sup>	9.77x10 <sup>-5</sup>	kg P eq
Eutrofización Marina	1.06x10 <sup>-5</sup>	7.95x10 <sup>-5</sup>	kg N eq
Ecotoxicidad agua dulce	0.0091	0.0105	kg 1,4-DCB
Ecotoxicidad Marina	0.0129	0.0137	kg 1,4-DCB
Uso de la tierra	0.0125	0.0519	m <sup>2</sup> a crop eq
Escasez de recursos fósiles	0.1640	0.1515	kg oil eq
Consumo de agua	0.0054	0.0090	m <sup>3</sup>

**Tabla 9, datos de comparación tensoactivos**

Bajo el análisis de datos en las categorías de impactos del software, se logró identificar que la única categoría que se resultó beneficiada por la sustitución de un 30% de tensoactivo de origen vegetal (palma de aceite), es la referente a la Escasez de recursos fósiles, ya que se logra disminuir el consumo de 12,5 gramos de petróleo equivalente por cada litro de producto, lo cual en una producción anual de 5.323 litros reduciría un total de 66,5 kg equivalentes de petróleo.

Los impactos generados en las otras categorías de interés, están relacionados a la etapa de obtención de materias primas. Estas afectaciones se pueden asociar, por ejemplo, a un uso inadecuado de las tierras en los cultivos de palma, deforestación destructiva, degradación del hábitat, así mismo, por algunos insumos perjudiciales para el medioambiente, que son empleados en la fabricación del sulfato de alcohol graso, como solventes, hidróxido de sodio, y el óxido de azufre, entre otros, lo cual aumenta los impactos generados en las distintas categorías.

Realizando una breve revisión bibliográfica, se encuentra por ejemplo, que la producción de aceite de palma, ha convertido a Indonesia, en el mayor productor de palma de aceite a nivel mundial, con más de 700 molinos de extracción (Nasution *et al.*, 2018), pero a su vez, en el tercer país mayor emisor de gases de efecto invernadero del mundo (Parlour, 2017).

Por otra parte, otros estudios indican que los impactos ambientales generados en la producción de aceite de palma, en países como Tailandia, se centran en el desarrollo de

cinco actividades, estas son: 1) quema de fibras en calderas; 2) uso de fertilizantes; 3) tratamientos de aguas residuales y eliminación de racimos de frutos vacíos; 4) uso de gasolina en motoguadaña y; 5) uso de glifosato para el control de malezas (Saswattecha *et al.*, 2015).

Estas actividades a su vez, están relacionadas con impactos específicos en distintas categorías, como: Calentamiento global, asociada a las altas emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) de las aguas residuales en estanques abiertos en la fase de molienda, y las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) de la aplicación de fertilizantes nitrogenados en la fase de cultivo. Toxicidad humana, ya que en la producción de aceite de palma se generan varios contaminantes del aire durante la combustión del combustible, como partículas (PM), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles no metanos (COVNM) y monóxido de carbono (CO) (Saswattecha *et al.*, 2015). Otras de las categorías más afectadas en la producción de aceite de palma, son: formación de ozono, acidificación, y eutrofización. Esta última está asociada al alto uso de fertilizantes de nitrógeno y fósforo, empleados para mejorar el rendimiento en los cultivos de palma aceitera, los cuales provocan eutrofización en agua superficiales (Saswattecha *et al.*, 2015).

Por lo anterior se puede mencionar que, en la actualidad bajo un análisis general, los tensoactivos de origen vegetal pueden llegar a ser un sustituto de los petroquímicos, siempre y cuando los métodos de obtención del tensoactivo de origen vegetal sean ecológicamente sostenibles.

**2.2.4.5 Análisis de Sensibilidad.** Con base a los datos encontrados en el análisis de ciclo de vida del producto, se logró identificar que las variaciones en el sistema inicial generan unos cambios representativos, por lo cual el sistema se considera sensible. La nueva formulación que contiene únicamente un 30% de tensoactivo de origen vegetal resultó beneficiando únicamente una categoría de impacto, lo cual indica que no se aconseja cambiar la formulación de los insumos del producto.

Por su parte la sustitución del envase tipo PET por envase PEAD, indicó que esta acción beneficia a cinco de las ocho categorías de impacto, y aunque se aumenta la huella de carbono, los efectos negativos de esta categoría, a su vez se pueden reducir gracias a la campaña de recuperación del envase plástico.

**2.2.4.6 Análisis de incertidumbre.** Para la modelación del ciclo de vida del producto estudiado, se utilizaron datos reales proporcionados por proveedores, clientes, y la empresa, sobre el flujo de materiales, de manera cualitativa y cuantitativa, para asegurar la confiabilidad de los datos. Los insumos fueron seleccionados de la base de Ecoinvent versión 3, y se adecuaron para el país de Colombia, con relación al consumo de agua y energía local. Así mismo el transporte necesario para realizar los recorridos de las materias primas, se adaptaron para los tramos reales entre los proveedores y la empresa, empleando herramientas como “*Google Maps*” con el fin de identificar las distancias más precisas, y con ello disminuir en gran medida los niveles de incertidumbre del estudio. Con respecto a lo anterior los datos arrojados por el software SimaPro, indican un intervalo de confianza del 95%.

Se puede concluir con lo anterior, que la incertidumbre de este estudio fue baja, sin embargo, un detalle más específico en la selección de los insumos en el software SimaPro, lograría aumentar los niveles de confianza del estudio y con ello detallar más los impactos analizados.

### ***2.2.5 Proponer un plan de acción para mitigar los impactos negativos generados en la etapa de evaluación del ciclo de vida.***

Se describen a continuación las actividades desarrolladas para este plan.

***2.2.5.1. Elaboración de una campaña que busque sensibilizar al consumidor con la disposición de los envases.*** Con el firme objetivo de disminuir los impactos ambientales generados en la obtención del producto BioMultiusos detergente líquido, se propuso realizar una campaña para retornar el envase PEAD a la empresa Probionar S.A.S, para darle un manejo adecuado en cuanto a la desinfección y acondicionamiento para el aprovechamiento. Esta campaña fue denominada: “Redímete con el Medio Ambiente”.



*Figura 14, campaña redímete con el medio ambiente*

La figura 14, indica la imagen de la campaña que se propone implementar en las Instituciones Educativas Municipales de Pasto, para recuperar el envase generado en la etapa de postconsumo del producto BioMultiusos.

La campaña redímete con el medioambiente, además de traer posibles beneficios para el entorno, genera una disminución en los costos de fabricación para la empresa, ya que el envase recuperado es más económico que el envase virgen. Así mismo, genera un estímulo para las manipuladoras de alimentos o encargadas del aseo, ya que al guardar estos envases y entregarlos a la empresa, podrán obtener puntos, los cuales pueden redimir por premio al finalizar un periodo académico.

**2.2.5.3 Realizar difusión de la campaña ambiental planteada.** A través de los restaurantes escolares de las Instituciones Educativas Municipales se logró realizar charlas y capacitaciones para la implementación de la campaña ambiental realizada (ver fotografía

3), con ello se espera generar un retorno del mínimo 30% de los envases que se distribuyen en estos espacios y así disminuir los impactos generados y dar cumplimiento a lo dispuesto en la resolución 1407 de 2018.



*Fotografía 3, socialización de campaña redímete con el medio ambiente con las comunidades implicadas.*

Adicional a esto se preparó un vídeo para compartir con los clientes interesados en conocer más sobre esta campaña y sus beneficios para el medio ambiente y la economía.

## *Capítulo 3 - Conclusiones y Recomendaciones.*

### **3.1 Conclusiones.**

Se encontró que el análisis de ciclo de vida resulta ser una herramienta muy estudiada y empleada en la medición de impactos de distintas actividades en países de todo el mundo. Así mismo, se deben resaltar los referentes teóricos específicos en la industria de los detergentes y el lavado, arrojando con ello distintos resultados que han permitido la toma de decisiones más acertadas a los actores interesados.

Por su parte la norma técnica colombiana ISO14040 de 2007, facilitó el desarrollo metodológico del presente estudio, ya que propone una serie de requisitos y actividades puntuales que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el análisis de ciclo de vida de un producto.

Dentro de las tres etapas del ciclo de vida que se estudiaron, la obtención de materias primas aporta en 91% a la generación de impactos asociados a la categoría de cambio climático. En la etapa de obtención de materias primas, la modelación indicó que los insumos que más impactan en orden son: sulfato de alcohol graso aporta con un 78,8%, en un orden descendente continúan: el envase PET con 12,2%, las cajas de cartón corrugado con 4,2%, el cloruro de sodio con 3,6% y por ultimo las etiquetas con un 0,9%.

En cuanto a las categorías de impacto, se logró identificar que la escasez de recursos fósiles es la sección que más se ve afectada, especialmente en la etapa de obtención de materias primas, seguida por cambio climático y consumo de agua. Por su parte el estudio permitió calcular impactos específicos en la producción de un litro del producto BioMultiusos, obteniendo los siguientes datos: huella de carbono 0,314 kg de CO<sub>2</sub> equivalente, huella hídrica 5,4 litros, huella de fósforo 0,9 g de P equivalente y huella de nitrógeno 0,1 g de N equivalente.

En cuanto a las comparaciones, se definió que el emplear un envase PEAD lograría reducir algunos impactos ambientales, pero para maximizar sus beneficios, y conforme a lo citado por otros autores, se recomienda reutilizar los contenedores en la elaboración del producto estudiado. Por su parte, el emplear un tensoactivo de origen vegetal, no garantiza que los impactos se disminuirán de manera global, por lo cual, se requiere primero conocer las condiciones de producción del aceite de palma.

Finalmente se logró concluir que sí fue posible realizar un análisis del ciclo de vida del producto BioMultiusos detergente líquido en la empresa Probionar S.A.S, empleando la herramienta SimaPro V.9.

### **3.2 Recomendaciones y posibles ámbitos de investigación futura**

Las recomendaciones relacionadas a las posibles investigaciones, están dirigidas a la creación y/o adecuación de materias primas para Colombia, empleando el Software SimaPro, ampliando con ello estudios de ciclo de vida en la industria química y generando así reportes significativos a las bases de datos. Lo anterior permitirá el desarrollo de nuevas modelaciones de productos que se procesan de manera local, y con ello se podrá plantear estrategias significativas y coherentes en la mitigación de impactos ambientales.

Profundizar en el proceso productivo para la obtención de tensoactivo vegetal a base de aceite de palma u otro tipo de aceite vegetal, en el territorio colombiano. Con ello se puede lograr que se empiecen a sustituir con mayor proporción los tensoactivos petroquímicos, y así depender cada vez menos de los recursos fósiles.

Para dar continuidad a este estudio, se recomienda desarrollar las siguientes etapas del ciclo de vida del producto, asociadas al consumo y post-consumo. Gracias a esto se podrá indagar que tan positivo resulta en el caso propio, recuperar el envase plástico empleado para contener el detergente líquido, y con ello buscar sellos ambientales, que respalden la responsabilidad con el medioambiente por el cual fue concebido el producto.

#### 4. Referencias

- Aguillón, J, González, G, and Guzmán, J. 2014. “Análisis de ciclo de vida en las ciencias del hábitat.” *Universidad Autónoma de San Luis Potosí*. 1–20.
- Aguirre, Valencia, D. 2010. “Evaluación de las dos primeras etapas del análisis de ciclo de vida (Acv) de La producción de panela en el trapiche matecaña, Municipio de Pereira.” 2010.
- Balboa, C, Hermida, C, and Domínguez, M. 2014. “Circular Economy as an Ecodesign Framework: The ECO III Model.” *Informador Técnico* 78(1):82.
- Biganzoli, L, Rigamonti, L, and Grosso, L. 2018. “Intermediate Bulk Containers Re-Use in the Circular Economy: An LCA Evaluation.” *Procedia CIRP* 69(May):827–32.
- Castro, M, Almeida, J, Ferrer, J, and Diaz, D. 2014. “Indicadores de La Calidad Del Agua: Evolución y Tendencias a Nivel Global.” *Ingeniería Solidaria* 10(17):111–24.
- Chacón, J, Vargas, R. 2008. “Historia Ampliada y Comentada Del Análisis de Ciclo de Vida ( ACV ).” *Revista de La Escuela Colombiana de Ingeniería* (72):37–70.
- Ecoinvent. 2020. “Allocation Cut-off by Classification.” *Allocation Cut-off by Classification*. Retrieved (<https://www.ecoinvent.org/database/system-models-in-ecoinvent-3/cut-off-system-model/allocation-cut-off-by-classification.html>).
- European Commission. 2013. “Recommendation 2013/179/EU on the Use of Common Methods to Measure and Communicate the Life Cycle Environmental Performance of Products and Organisations.” *Official Journal of European Union* (L 124):210.
- Giagnorio, M, Amelio, A, Grüttner, H and Tiraferri, A. 2017. “Environmental Impacts of Detergents and Benefits of Their Recovery in the Laundering Industry.” *Journal of*

*Cleaner Production* 154:593–601.

Golsteijn, L, Menkveld, R, King, H, Schneider, C, Schowanek, D and Nissen, S. 2015. “A Compilation of Life Cycle Studies for Six Household Detergent Product Categories in Europe: The Basis for Product-Specific A.I.S.E. Charter Advanced Sustainability Profiles.” *Environmental Sciences Europe* 27(1):1–12.

González, F. 2007. “Aportes Para Una Caracterización de Las Ciencias Ambientales.” *Las Ciencias Ambientales: Una Nueva Área Del Conocimiento. Red Colombiana de Formación Ambiental* 182.

Herrmann, I. and Moltesen, A. 2015. “Does It Matter Which Life Cycle Assessment (LCA) Tool You Choose? - A Comparative Assessment of SimaPro and GaBi.” *Journal of Cleaner Production* 86:163–69.

ICONTEC. 2007. “NTC ISO 14040: Gestión Ambiental. Análisis de Ciclos de Vida. Principios Y Marco de Referencia.” *Icontec* 2(571):1–24.

Kjellin, M; Johansson, Ingegård. 2010. “Surfactants from Renewable Resources.” 1–320.

De Koning, A, Schowanek, D, Dewaele, J, Weisbrod, A and Guinée, J. 2010. “Uncertainties in a Carbon Footprint Model for Detergents; Quantifying the Confidence in a Comparative Result.” *International Journal of Life Cycle Assessment* 15(1):79–89.

Madriaga, B, Ramos, J and Tarazona J. 2007. “Development of an european quantitative eutrophication risk assessment of polyphosphates in detergents model implementation and quantification of the eutrophication risk associated to the use of phosphates in detergents barbara m . de Madariaga ; M . José.” *Green Planet Research Report* (October 2006):1–8.

- Matta, L, Amado, G, Criollo, P, Cravajal, T and Roa, J. 2009. *EL ALISO (Alnus Acuminata H.B.K.) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano*. Vol. 1.
- Ministerio de Ambiente. 2018. “Resolución 1407 de 2018.” 05/12/2014 1–20.
- Nasution, M, Wibawa, D, Ahamed, T and Noguchi, R. 2018. “Comparative Environmental Impact Evaluation of Palm Oil Mill Effluent Treatment Using a Life Cycle Assessment Approach: A Case Study Based on Composting and a Combination for Biogas Technologies in North Sumatera of Indonesia.” *Journal of Cleaner Production* 184:1028–40.
- Nessi, S, Rigamonti, L and Grosso, M. 2014. “Waste Prevention in Liquid Detergent Distribution: A Comparison Based on Life Cycle Assessment.” *Science of the Total Environment* 499(1):373–83.
- Parlour, L. 2017. “Palm Oil Effects and Soaps That Contain Pal Oil.” Retrieved (<https://levityparlour.com/blogs/news/palm-oil-effects-and-soaps-that-contain-palm-oil>).
- Ríos, L, Franco, A and Echeverri, D. 2006. “Producción de Alcoholes Grasos a Partir de Aceites de Palma y de Palmiste Utilizando Procesos de Hidrogenación Catalítica. Una Revisión Bibliográfica.” *Palmas* 27(1):65–76.
- RIVM. 2017. “ReCiPe 2016 v1.1.” 201.
- Canales, S, 2018. “El Greenwashing y Su Repercusión En La Ética Empresarial: Greenwashing and Its Impact on Business Ethics.” *Neumann Business Review* 4(1):28–43.

- Saswattecha, K, Kroeze, C, Jawjit, W and Hein, L. 2015. “Assessing the Environmental Impact of Palm Oil Produced in Thailand.” *Journal of Cleaner Production* 100:150–69.
- Shahmohammadi, S, Steinmann, Z, Clavreul, J, Hendrickx, H, King, H and Huijbregts, M. 2018. “Quantifying Drivers of Variability in Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Consumer Products—a Case Study on Laundry Washing in Europe.” *International Journal of Life Cycle Assessment* 23(10):1940–49.
- SimaPro. 2017. “Metodología de Evaluación de Impacto Actualizada ReCiPe2016.” M. Retrieved (<https://simapro.com/2017/updated-impact-assessment-methodology-recipe-2016/>).
- Vallejo, A. 2004. “Utilización Del Análisis Del Ciclo de Vida En La Evaluación Del Impacto Ambiental Del Cultivo Bajo Invernadero Mediterráneo.” Politècnica de Catalunya.
- Wehr, K, and Lippert, I. 2013. “Greenwashing.” *Green Culture: An A-to-Z Guide*.
- Zandvliet, H. 2011. “El Pico de Petróleo y El Destino de La Humanidad: No Existen Soluciones Técnicas Rápidas y Las Consecuencias Pueden Ser Graves.” *Ney York* 1–25.