



**Desarrollo preliminar del Análisis de Inventario de Ciclo de Vida para un producto
empacado en plástico flexible**

Danny Esteban Giraldo Mesa

Informe de prácticas para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesor

Yesica Maria Gómez Jaramillo, estudiante de maestría en Ingeniería Ambiental

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Ingeniería Ambiental
Medellín, Antioquia, Colombia
2022

Cita

(Danny Esteban Giraldo Mesa, 2022)

Referencia

Giraldo Mesa, D. (2022). *Desarrollo preliminar del Análisis de Inventario de Ciclo de Vida para un producto empacado en plástico flexible* [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Estilo APA 7 (2020)



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Director: Jesús Francisco Bonilla.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

| | |
|---------------------------|----|
| Resumen | 7 |
| Abstract | 8 |
| Introducción | 9 |
| 1 Objetivos | 11 |
| 1.1 Objetivo general | 11 |
| 1.2 Objetivos específicos | 11 |
| 2 Marco teórico | 12 |
| 3 Metodología | 16 |
| 4 Resultados y análisis | 19 |
| 5 Conclusiones | 30 |
| Referencias | 32 |

Lista de tablas

| | |
|-------------------------|----|
| Tabla 1 Entradas | 30 |
| Tabla 2 Salidas | 31 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Caracterización de Residuos sólidos en algunas ciudades de Colombia | 15 |
| Figura 2 Área de estudio | 18 |
| Figura 3 Límites del sistema | 24 |
| Figura 4 Unidad funcional | 25 |
| Figura 5 Pesaje y mezcla | 26 |
| Figura 6 Preparación | 27 |
| Figura 7 Empaque y despacho | 28 |
| Figura 8 Proceso de empaque | 29 |

Siglas, acrónimos y abreviaturas

| | |
|-------------|---|
| ACV | Análisis de Ciclo de Vida. |
| ICV | Inventario de Ciclo de Vida. |
| ONG | Organización No Gubernamental. |
| REP | Responsabilidad Extendida del Productor. |
| UdeA | Universidad de Antioquia. |
| MADS | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. |

Resumen

Todas las actividades humanas generan algún tipo de impacto en el medio ambiente, emitiendo sustancias o modificando el entorno durante su vida útil. A fin de proteger el medio ambiente se han desarrollado metodologías que permiten evitar, disminuir o mitigar estos impactos. Una de estas metodologías es el ACV. En el marco de la resolución 1407 de 2018, modificada por la 1342 de 2020, este trabajo tiene como objetivo el desarrollo preliminar de los dos primeros pasos del ACV para un producto empacado en plástico flexible, en la empresa Productos Seba Seba, con un alcance definido de puerta a puerta, siendo la unidad funcional un empaque de bizcocho semilla y con los límites del sistema marcados por los procesos internos dentro de la empresa. Realizando una búsqueda exhaustiva en la literatura se encuentra que en Colombia esta metodología aún es bastante incipiente y que las empresas no estaban obligadas a invertir en la innovación de sus empaques. La empresa Productos Seba Seba, en su proceso de empaque, pierde el 7,17% del plástico flexible en donde se empaca el bizcocho semilla, además de esto libera alrededor de 38 g de CO₂ a la atmósfera en el proceso de preparación y empaque del bizcocho semilla, siendo esto, una oportunidad de mejora para la empresa.

Palabras clave: ACV, programa colectivo, línea base, plástico flexible, recuperación, entradas y salidas, unidad funcional, alcance.

Abstract

All human activities generate some type of impact on the environment, emitting substances or modifying the environment during their useful life. To protect the environment, methodologies have been developed to avoid, reduce or mitigate these impacts. One of these methodologies is the LCA. Within the framework of resolution 1407 of 2018, modified by 1342 of 2020, this work aims at the preliminary development of the first two steps of the LCA for a product packaged in flexible plastic, in the company Productos Seba Seba, with a defined scope from door to door, being the functional unit a packaging of bizcocho semilla and with the limits of the system marked by the internal processes within the company. An exhaustive search in the literature shows that in Colombia this methodology is still quite incipient and that the companies were not obliged to invest in the innovation of their packaging. The company Productos Seba Seba, in its packaging process, loses 7.17% of the flexible plastic in which bizcocho semilla is packaged, in addition to this, it releases about 38 g of CO₂ into the atmosphere in the process of preparation and packaging of the seed cake, being this an opportunity for improvement for the company.

Keywords: LCA, collective program, baseline, flexible plastic, recovery, inputs and outputs, functional unit, scope.

Introducción

Todos los procesos y actividades humanas, incluyendo las actividades industriales, generan algún tipo de impacto medioambiental, consumen recursos, emiten sustancias al medio ambiente o generan otras modificaciones ambientales durante su vida (SEMARNAT, 2009). En las últimas décadas, estos impactos se han seguido de cerca por la mayoría de las naciones y organismos internacionales, además, los científicos advierten que el deterioro ambiental pone en riesgo la supervivencia de innumerables especies, incluyendo la humana (Kinne, 1997).

Actualmente, la crisis ambiental se caracteriza por la aparición de fenómenos de escala mundial como el cambio climático, el efecto invernadero, el adelgazamiento de la capa de ozono, la pérdida de biodiversidad y otros más focalizados como la degradación de tierras, el agotamiento de las aguas subterráneas, la deforestación y la desertificación, la aparición de plagas, la contaminación de mares y ríos y el agotamiento de los recursos pesqueros (Demo et al., 1999).

Debido a la creciente preocupación por dichas problemáticas, se ha despertado una conciencia referente a los impactos asociados a las actividades y procesos de los productos manufacturados y consumidos con el fin de proteger el medio ambiente. De esta manera se ha desarrollado el interés de encontrar y crear métodos que permitan comprender, evitar, disminuir o mitigar esos impactos. Una de las técnicas desarrolladas para este fin es el ACV, metodología que permite, de manera objetiva, estimar y evaluar los impactos que un producto o servicio puede tener sobre el medio ambiente durante todas las etapas de su vida (ISO 14040:2006).

Este trabajo de investigación busca estructurar la base para el ACV de un empaque hecho con plástico flexible, en el marco del programa colectivo de gestión ambiental de envases y empaques Aprored, desarrollado por la corporación Ambiental Vida para un Planeta Verde Bioplaver, que busca dar cumplimiento a la resolución 1407 de 2018, modificada por la 1342 de 2020. Esta resolución tiene por objetivo reglamentar la gestión ambiental de residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal (Barrera et al., 2019) y busca que las empresas productoras recuperen un porcentaje de los residuos que ponen en el mercado como envase o empaque.

El 82,6 % de la meta de aprovechamiento del programa colectivo Aprored, corresponde a plástico flexible, puesto que la mayoría de las empresas afiliadas al programa utilizan este material

como principal materia prima para sus empaques. Así pues, se pretende brindar una herramienta a las empresas afiliadas al programa que utilizan este material para empacar sus productos, estas empresas son: Productos Seba Seba, Lácteos Betania, Truchas Belmira, Hielos Iglú, Pandapan y Lácteos La Holandesa. Esto, con el fin de determinar cualitativa y cuantitativamente los impactos de mayor magnitud o los puntos más críticos en su proceso de producción, para posteriormente, definir las estrategias que se llevarán a cabo teniendo en cuenta cada requerimiento específico para los diferentes productores.

En este orden de ideas, en este trabajo se realiza un acercamiento preliminar a un análisis de ICV en la empresa Productos Seba Seba, planteando el objetivo y el alcance como el desarrollo de los dos primeros pasos de la metodología de ACV, siendo la unidad funcional un producto empacado en una bolsa de plástico flexible, con límites del sistema marcados en la fase puerta a puerta, recogiendo y cuantificando los datos correspondientes a las entradas y salidas durante este proceso.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Implementar los dos primeros pasos del ICV bajo la metodología de ACV para un producto empacado en plástico flexible.

1.2 Objetivos específicos

Revisar en la literatura estudios de ICV aplicados a productos alimenticios empacados en plástico flexible.

Definir el objetivo y alcance del estudio, además de los límites del sistema y la unidad funcional.

Identificar los datos correspondientes a las entradas y las salidas del proceso de empaque en plástico flexible para un solo producto.

2 Marco teórico

El impacto ambiental alude los efectos o consecuencias de la incidencia humana sobre el medio ambiente o sobre sus componentes, su intensidad varía de acuerdo con las actividades que lo originan y las demandas para su recuperación (Martín & Santamaría, 2004). Muchos problemas son producto de las modificaciones realizadas por las empresas al ambiente natural, dentro de los que destacan desertización de suelos cultivables, bosques y selvas sobreexplotados, acumulación de gases por el efecto invernadero, calentamiento global, lluvias ácidas, desaparición de especies animales y vegetales, agujero en la capa de ozono y contaminación o polución ambiental (Rosas, 2003).

La creciente conciencia con respecto a la importancia de la protección ambiental a nivel mundial, y los posibles impactos negativos asociados con la extracción de las materias primas, pasando por el procesado, fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil (depósito, reutilización o reciclado) de bienes y servicios en general, han aumentado el interés por el desarrollo de métodos para comprender mejor y tratar estos impactos (Aristizábal et al., 2020). Esta preocupación mundial por la degradación del medio ambiente ha llevado a una intensa presión por parte de las comunidades, las ONG y la opinión pública en general por los efectos de las actividades económicas sobre el entorno natural y sobre la sostenibilidad del desarrollo global (Martín & Santamaría, 2004). De esta manera, se ha desarrollado el interés de encontrar y crear métodos que permitan comprender, analizar y contrarrestar esos impactos.

Una de las técnicas desarrolladas para este fin es el ACV, el cual es un proceso para evaluar las descargas ambientales asociadas con un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando los materiales y la energía utilizada y los residuos liberados al ambiente; para evaluar el impacto del uso de esos materiales y energía y de las descargas al ambiente; y para identificar y evaluar oportunidades para efectuar mejoras ambientales (Ferreira et al., 2017).

En el marco del ACV, las normas más aceptadas internacionalmente son las desarrolladas por la Organización Internacional de Estandarización (ISO), la cual crea en el año 1993 el Comité Técnico 207 (ISO/TC 207) para desarrollar normas internacionales para la gestión medioambiental, y poniendo a cargo del Subcomité SC 5 la elaboración de las normas para regular el Análisis del Ciclo de Vida. La norma ISO 14040 permite estandarizar la metodología de ACV, en donde se puede observar:

UNE EN ISO 14040:2006: Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.

UNE EN ISO 14044:2006: Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices.

De acuerdo con la norma UNE EN ISO 14040, el desarrollo de un ACV contiene 4 fases:

- **Definición de objetivos y alcance:** Define el objetivo, alcance y los límites del sistema.
- **Desarrollo del inventario de ciclo de vida (ICV):** Se recogen y cuantifican los datos correspondientes a las entradas y salidas para todos los procesos del sistema de producto definidos en el alcance.
- **Evaluación del impacto de ciclo de vida (EICV):** Utilizando los resultados del análisis de inventario, se evalúa la importancia de los potenciales impactos ambientales generados por las entradas y salidas del sistema.
- **Interpretación:** Incluye la combinación de los resultados de las dos etapas anteriores, con la finalidad de extraer, de acuerdo con los objetivos y alcance del estudio, conclusiones y recomendaciones que permitan la toma de decisiones.

Además, se especifica que estas normas abarcan dos tipos de estudio: análisis del ciclo de vida (estudios de ACV) y análisis del inventario del ciclo de vida (estudios de ICV), encontrando que los estudios de ICV son similares a los estudios de ACV, pero excluyen la fase de evaluación del impacto de ciclo de vida (EICV), existiendo casos en los cuales el objetivo de un ACV se puede satisfacer desarrollando únicamente un análisis de inventario y una interpretación.

Según la Comisión Nacional de medio Ambiente de Chile, Guía 2001, para la definición del objetivo, se debe incluir el uso de los resultados de cada objetivo específico del estudio, así como también las personas responsables de tal información. Quienes lleven a cabo el estudio deben comprender el propósito de este, con el objeto de tomar las decisiones correctas durante su desarrollo. La definición del objetivo determina el nivel de sofisticación del estudio y los requerimientos del informe final. En el alcance, se establecen los límites de la evaluación, es decir, cuál es el sistema para estudiar y qué método de evaluación se utilizará. El alcance debe quedar suficientemente bien definido, para así asegurar que la profundidad y nivel de detalle del estudio sean compatibles con el objetivo fijado anteriormente. Debido a la naturaleza iterativa del ICV este estudio necesitará ser revisado y, si es necesario, modificado mientras el estudio está en desarrollo.

Se cuenta con diferentes tipos de alcance en el desarrollo de un ACV. Algunos ejemplos de diferentes tipos de alcance se mencionan a continuación:

1. **De la cuna a la cuna:** Este alcance considera a el ciclo de vida completo del producto, ya que abarca desde el acondicionamiento de las materias primas hasta que el producto, tras quedar fuera de uso, es reintroducido en el mismo proceso productivo o en otro.
2. **De la puerta a la tumba:** Para este alcance se considera todo el proceso productivo de la empresa y abarca hasta la fase de gestión de los residuos a que da lugar el producto.
3. **De la puerta a la puerta:** Este alcance solo considera las actividades dentro de la empresa, se puede decir, que solo se enfoca en el proceso productivo.
4. **De la puerta a la cuna:** Considera el proceso desde que el producto sale de la empresa, hasta que el producto, después de ser utilizado, es reintroducido a la cadena productiva.

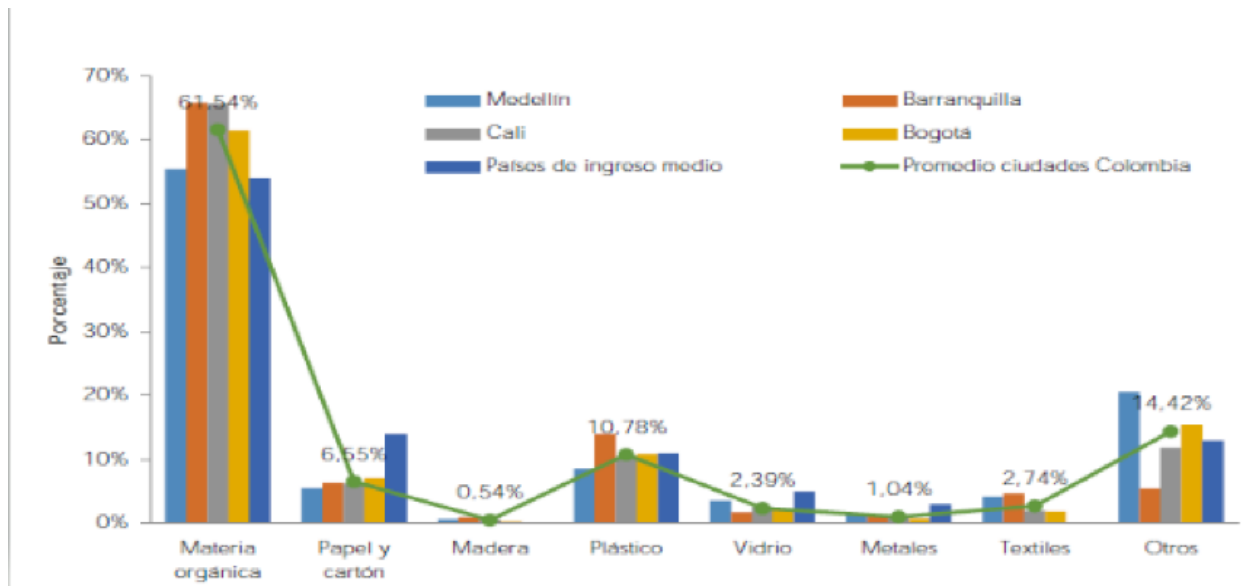
Se debe hacer claridad en que hay más alcances que se presentan para la metodología de ACV, sin embargo, es decisión de los encargados de llevar a cabo el estudio de definir la profundidad de este.

La unidad funcional y la definición de los límites del sistema también forman parte del objetivo y alcance del estudio. La unidad funcional establece la cantidad de producto neto para la cual se realizará la evaluación, mientras que a través de los límites del sistema se definen las entradas, salidas y los procesos que se considerarán en el ICV. Por último, la fase de análisis de inventario se compone de los siguientes pasos: diagrama de flujo del proceso, recolección de los datos, procesamiento de datos e interpretación (Comisión Nacional de Medio Ambiente, 2001).

En el año 2016, el Consejo Nacional de Política Económica y Social de la República de Colombia, emite el documento CONPES 3874 en el cual se establece la política nacional para la gestión integral de residuos sólidos. Según el diagnóstico realizado por esta entidad, en Colombia se generan al año 12 millones de toneladas de residuos sólidos, de los cuales el 10,78% corresponden a residuos plásticos (CONPES, 2016), después de los residuos orgánicos, con un 61,54% de generación, los residuos plásticos son el segundo grupo de residuos de mayor generación en el país, siendo de gran interés en la economía circular que se pretende fortalecer, como se puede observar en la Figura 1.

Figura 1

Caracterización de Residuos sólidos en algunas ciudades de Colombia.



Nota. Fuente <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf> (CONPES, 2016).

En el marco de esta Política Nacional, se estableció lo que se conoce como REP, que obliga a las empresas dentro del territorio nacional a formular, implementar, y mantener actualizado un plan de Gestión Ambiental de Residuos de Envases y Empaques, que fomente el aprovechamiento. En el año 2018 surge la resolución 1407, modificada por la 1342 de 2020, la cual tiene por objetivo reglamentar la gestión ambiental de residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). Según esta resolución, uno de los criterios de seguimiento y control de la norma es la inversión en investigación aplicada para la innovación y el ecodiseño de envases y empaques, estos recursos pueden ser destinados en los siguientes aspectos:

- La utilización de materiales industrialmente reciclables o compostables.
- La incorporación de materiales procedentes de recursos naturales renovables.
- La reducción de la cantidad en peso de material de envase y empaque puesto en el mercado.
- Los cambios a envases y empaques monomateriales, reciclables o compostables.
- Otras condiciones que demuestren un beneficio ambiental medible y verificable.

3 Metodología

3.1. Revisión bibliográfica

Para el desarrollo de esta investigación se inició con un proceso de revisión de la literatura. En primer lugar, se hizo una revisión de las normas: NTC-ISO 14040 y NTC-ISO 14044, las cuales se encontraron disponibles por medio del Icontec. Estas normas describen los pasos a seguir para realizar el análisis de ciclo de vida de un producto. Posteriormente, se realizó una búsqueda de investigaciones similares, a nivel internacional, que han sido aplicadas a la industria, es decir, en productos alimenticios empacados en plástico flexible, teniendo en cuenta, que colectivos de REP han sido destacados en el mundo, esta información sobre los diferentes colectivos se pudo obtener gracias al informe del Ministerio de Medio Ambiente y el Gobierno de Colombia llamado “Retos en la implementación del modelo de responsabilidad extendida del productor para envases y empaques, avanzando hacia la economía circular”, donde destacan distintos colectivos y también, en el repositorio de información bibliográfica de la UdeA. Además de esto, se hizo especial énfasis en investigaciones en donde la herramienta utilizada fuera el ACV. Adicionalmente, la búsqueda se basó en estudios aplicados en el marco de la responsabilidad extendida del productor, teniendo en cuenta que en muchos países esta norma está en vigencia desde hace varios años y que ya hay resultados que han sido comprobados y aplicados en la industria. Este proceso de revisión de la literatura se realizó durante toda la investigación.

3.2. Definición de la empresa para aplicar ICV

El segundo paso fue definir en cual empresa se realizaría la investigación, puesto que, al momento de comenzar el estudio, 12 empresas formaban parte del programa colectivo Aprored. Es importante mencionar que, a pesar de que el estudio haya sido realizado en una sola empresa, este debía servir como base para la aplicación en las diferentes empresas que conforman el colectivo. Para este fin, se procedió a determinar cuáles empresas utilizaban como empaque plástico flexible, debido a que este material es el de más alto porcentaje en la meta de aprovechamiento del programa, en otras palabras, es el material que los productores o empresas más disponen en el mercado como empaque y, por ende, el de mayor relevancia a la hora de buscar alternativas de sustitución o aprovechamiento. En este orden de ideas, las empresas dentro del colectivo que utilizan plástico flexible son: Productos Seba Seba, Lácteos Betania, Truchas Belmira, Hielos Iglú, Pandapan y Lácteos La Holandesa. Se eligió dentro de estas empresas a la empresa Productos Seba Seba, puesto

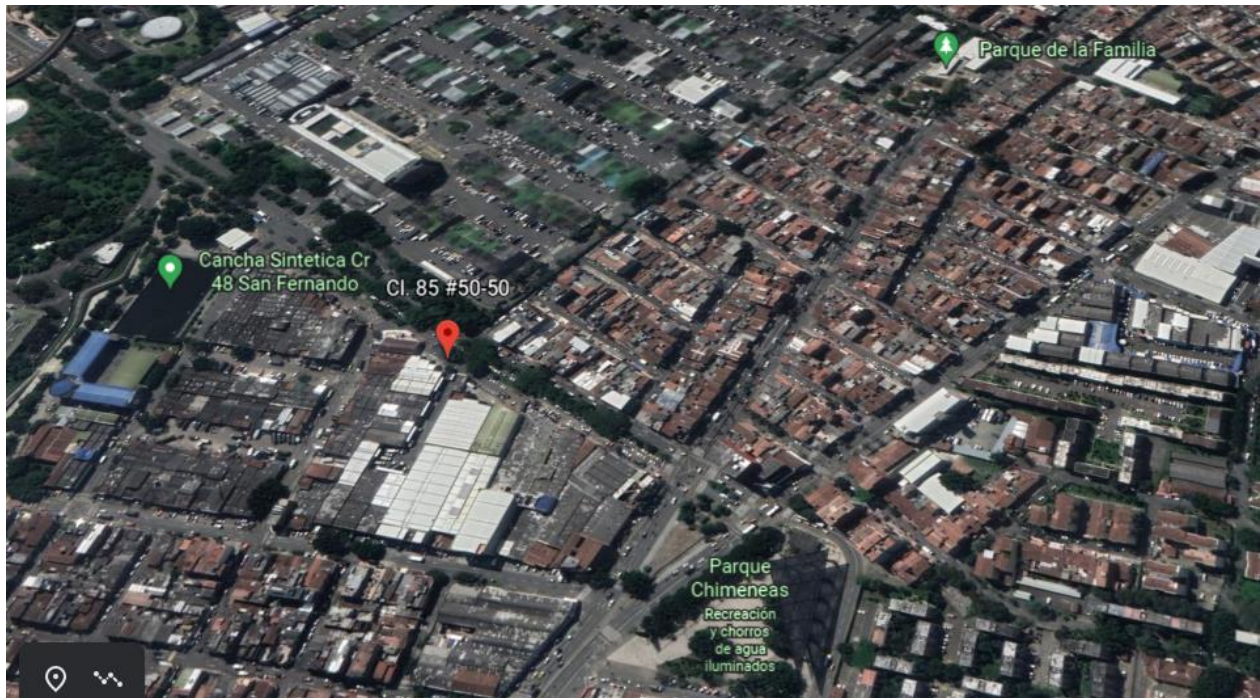
que está ubicada en la ciudad de Medellín y, además, contaba con la información suficiente requerida para realizar la investigación. Todo este proceso de elección de la empresa se realizó durante el primer mes de la investigación.

3.3. Ubicación

El estudio se llevó a cabo en el Valle de Aburra, en la empresa Productos Seba Seba, ubicada en el municipio de Itagüí en la dirección Calle 85 con número 50-50.

Figura 2

Área de estudio.



Nota. Fuente <https://www.google.com/intl/es/earth/>.

3.4. Definición del objetivo y alcance del estudio

El segundo y tercer mes de la investigación, con base en lo obtenido anteriormente, se definió el objetivo y alcance del estudio, los límites del sistema y la unidad funcional también se definieron durante ese periodo de tiempo. Para establecer esto, fue importante tener en cuenta la información con la que contaba la empresa y que información se podía consultar o estaba disponible para nosotros como programa colectivo, sin que esto comprometiera los intereses de la empresa y que tampoco afectará la investigación. También se debe mencionar que, en esta fase de

definición del objetivo y alcance, se tuvo en cuenta a las demás empresas del colectivo y se planteó el estudio para que se pudiera seguir desarrollando de forma escalable en el tiempo.

3.5. Levantamiento de la información

Por último, a fin de levantar información que permitiera conocer el proceso y determinar las entradas y salidas del sistema, se realizaron visitas a la empresa a partir del tercer mes. En estas visitas, primero se empezó socializando con el personal el proceso que se iba a llevar a cabo, esto con la intención de dar a conocer que información era necesaria. Posteriormente, se tomaron los datos de entradas y salidas en cada una de las etapas del sistema.

4 Resultados y análisis

4.1. Revisión bibliográfica

Los envases y empaques plásticos son los tipos de envases más utilizados en la industria colombiana, con una participación del 33% frente a otros tipos de materiales como el vidrio, el papel, el cartón y el aluminio (Higuita y Gonzáles, 2018).

Según Aude et al. (2011), los residuos de envases y empaques tienen un impacto significativo en términos ambientales por su alta presencia en los residuos sólidos urbanos, sobre todo en los rellenos sanitarios. Además, menciona que, los impactos negativos que generan los residuos de envases y empaques se pueden representar de la siguiente manera, los plásticos aportan el 51% de estos, el vidrio un 24,23 %, los papeles y cartones un 17,06 %, los multimateriales un 3,88%, el acero 2,54 % y el aluminio un 1,22%.

Comúnmente, en la fabricación de los envases y empaques, se suelen pasar por alto los criterios ambientales, la afectación en la salud humana y la salud de los ecosistemas. Así, pueden pasar desapercibidos factores como las características fisicoquímicas que podrían permitir una logística inversa para la recuperación de materiales; las estrategias comunicacionales para la promoción de las prácticas en separación de la fuente; la inviabilidad económica de los canales de comercialización de ciertos residuos de envases y empaques para su reciclaje (Ospina, 2015).

En Colombia, no se exigen estudios rigurosos para los productores de envases y empaques que permitan determinar la línea de vida, según McDonough y Braungart (2005), esto permitiría diseñar estrategias en función de la eficiencia de consumo de recursos, y la reciclabilidad de los materiales usados. También, la producción de envases y empaques, al igual que los demás sistemas productivos, se presenta con una tendencia lineal, acorde a un modelo de extracción de materias primas, fabricación, consumo/uso y eliminación o disposición de los residuos, ocasionando la aceleración del consumo de residuos naturales y la generación de millones de desechos cada año.

4.1.1. La pertinencia del ACV en el Ecodiseño

La metodología de ACV es una metodología con enfoque ambiental y científico, estudiando el desempeño ambiental de un sistema de producción, basado en la revisión de los fenómenos de las ciencias naturales para la medición de este desempeño, según la NTC-ISO 14040 (2007). En el ACV se centra el estudio sobre los impactos ambientales desde un enfoque ecológico, por su parte,

el ecodiseño, está enfocado principalmente a la reducción de impactos ambientales. Para Cruz y Fonseca (2017), el ecodiseño aborda la disminución en el consumo de recursos, la reducción de impactos ambientales a través de la inclusión de mejores tecnologías de desarrollo, selección de materia prima, mejoras en el transporte y alternativas en la disposición final. Es decir, mientras el ecodiseño nace como una alternativa de mejorar las condiciones ecológicas y ambientales, el ACV permite determinar, caracterizar y contrarrestar los impactos ambientales. Es por esto mencionado anteriormente, que el ACV potencia el ecodiseño cuando se habla de sostenibilidad, puesto que hace parte de un conjunto de herramientas de investigación, que permiten determinar y contrarrestar los impactos ambientales, al adicionarle un enfoque de sostenibilidad a los diseños.

Para el diseño sostenible en la producción de los envases y empaques, principalmente aquellos elaborados con resinas plásticas, debe tenerse en cuenta diversos aspectos asociados con los beneficios económicos, sociales y ambientales, teniendo en cuenta la practicidad y facilidad en el uso de resinas plásticas como empaques. Según Fonseca, en su estudio titulado: Del ecodiseño al diseño sostenible en los planes de gestión ambiental de residuos de envases y empaques plásticos, la articulación del ACV como herramienta en la innovación de envases y empaques en la REP, podría generar ecodiseños en los empaques y sumado a esto un beneficio económico y social relevante en todos los actores involucrados en la cadena de circularidad de las resinas plásticas.

Es pertinente, según lo consultado, que cuando se hable de la innovación y el ecodiseño de envases y empaques, se mencione también directamente el ACV, ya que esta metodología abre la puerta para la estandarización, medición y comparación de los impactos ambientales negativos de los envases y empaques en el país, teniendo en cuenta que esta es una metodología técnica adoptada internacionalmente para implementar acciones de ecodiseño y reducir considerablemente las implicaciones ambientales en la fabricación, uso, transporte, disposición y reciclaje de un producto (Fonseca, 2021).

4.2. Definición de objetivo y alcance

De acuerdo con la información recolectada en la búsqueda bibliográfica se propusieron diferentes escenarios para el desarrollo del estudio. Teniendo en cuenta toda la metodología y la cantidad de información que se requiere para un proceso completo de ACV, se propuso dividirlo por etapas desarrolladas de manera escalable por el colectivo Apored.

La primera etapa requería un acercamiento para conocer y determinar qué tipo de material es el más determinante dentro de la línea base del plan colectivo, en otras palabras, cual es el tipo de material que las empresas productoras colocan en el mercado en mayores cantidades. Se analizó la línea base del año 2019 del programa colectivo, esta línea base es la que determina la cantidad de residuos que se deben recuperar para cumplir con la meta de recolección para el año 2022; se encontró que el plástico flexible aporta el 82,6% de esta meta. Poniendo estos datos en palabras simples, por cada 100 kilogramos que se deban recuperar de residuos de envases y empaques por parte del programa colectivo, se deben recuperar 82,6 kilogramos de plástico flexible y solo 17,4 kilogramos de otros materiales. Por esta razón se determinó que el estudio iba a estar enfocado en el plástico flexible.

Una vez se tenía claridad sobre el tipo de materia en el que se iba a desarrollar el estudio, se plantearon los diferentes escenarios:

1. Desarrollar el ACV en sus cuatro fases: definición de objetivo y alcance, análisis de inventario, evaluación de impacto e interpretación.
2. Desarrollar el ACV hasta su tercera fase, es decir, definición de objetivo y alcance, análisis de inventario y evaluación de impacto.
3. El tercer escenario se planteó como un acercamiento preliminar a los dos primeros pasos del ACV, esto es, la realización del ICV.

Teniendo en cuenta estos tres escenarios, se procedió a evaluar cada uno, conociendo el tiempo de desarrollo del estudio y los recursos para este. La primera opción planteaba un desarrollo completo de ACV, metodología que requiere una cantidad de información substancial que posiblemente podía retrasar el proceso y evitar que el estudio se llevara a cabo durante el tiempo establecido. Para el segundo escenario, la evaluación de impacto requiere del manejo de un software que permita determinar el impacto en cada aspecto, por ende, precisa también la elección del software para la evaluación y la manipulación de este; en este primer acercamiento se determinó que no se realizaría la evaluación de impacto. Siendo así, el tercer escenario el seleccionado para el desarrollo del estudio.

Por ende, la definición del objetivo se estableció como el desarrollo preliminar de los dos primeros pasos del ACV, dicho de otra forma, el objetivo es la realización del ICV.

4.3. Alcance, límites del sistema y unidad funcional

Aprored, conoce de cerca el proceso de la puerta a la cuna, puesto que el seguimiento y control de los empaques cuando pasan a ser residuos y su posterior transformación, es la razón de ser del programa colectivo, ya que se encarga de la recuperación y reincorporación de los residuos; sin embargo, este alcance no involucra directamente a las empresas productoras, puesto que una vez el producto sale al mercado, no hay un seguimiento estricto de este, por esta razón, se descartó en esta primera fase ese alcance, ya que se desea involucrar directamente a los productores. El alcance de la cuna a la cuna es un alcance muy amplio, contempla desde la extracción de materias primas, hasta la reintroducción del producto a la cadena productiva después de haber sido utilizado, en este caso, se descartó este alcance por la cantidad de información necesaria para el desarrollo del estudio, sin embargo, no se descarta en estudios posteriores o continuación de este mismo. Los dos alcances que se evaluaron con mayor profundidad en este estudio fueron, respectivamente, de la puerta a la tumba y el alcance puerta a puerta. Finalmente se optó por definir el alcance del estudio como puerta a puerta, esto debido a que se tenía el contacto directo con la empresa y la información al alcance de la mano. Se plantea, como continuación de esta investigación, profundizar en un segundo acercamiento con el alcance de la puerta a la tumba, puesto que, con la participación del programa colectivo en la recuperación de los residuos de envases y empaques, se permite indagar, en el corto plazo, en esta fase. Los límites del sistema, teniendo claro el alcance puerta a puerta del estudio, se definieron en tres fases dentro de la empresa, como muestra la siguiente figura.

Figura 3

Límites del sistema.



Fuente: Elaboración propia.

Estas fases para los límites son: Pesaje y mezcla, preparación y empaque y despacho. Estas etapas hacen parte de todo el proceso de manufactura del producto que se da dentro de la empresa, comenzando desde la recepción y preparación de la materia prima, hasta el empaque y posterior distribución del producto, saliendo de la fábrica. En este punto, se da a entender que los límites físicos del sistema de estudio están marcados por los procesos que se llevan a cabo en las instalaciones de la empresa. Ahora, los límites temporales del estudio se tomaron en forma mensual, lo que quiere decir que se evaluarán las entradas y salidas del sistema para un mes.

Para definir la unidad funcional del sistema, se buscó un producto dentro de la empresa Productos Seba Seba, que tuviera una rotación significativa, lo que quiere decir que el porcentaje de sus ventas fuera representativo comparado con los demás productos, esto significa que también los residuos que pone como empaque aportan un porcentaje considerable a la línea base de la empresa, ya que esto nos asegura un mayor impacto en el estudio, puesto que si se elige un producto que no presente ventas elevadas para la empresa, este producto no aportaría tantos residuos a la línea base y por ende, se disminuye la importancia del estudio para el programa colectivo Aprored. Adicionalmente, fue importante considerar la información con la que la empresa contaba para suministrar en el ICV. También, se determinó la unidad funcional por el sistema de empaque que esta tenía, proceso que se va a explicar un poco más en detalle cuando se presente el sistema de empaque. La unidad funcional del sistema se definió entonces como un paquete de bizcocho semilla, como el que se muestra en la siguiente figura.

Figura 4

Unidad funcional.



Fuente: Tomado de la página web de Productos Seba Seba. Recuperado de: <https://productossebaseba.com/producto/bizcocho-alinado-x-220-gr/>

4.4. Inventario

4.4.1 Etapas del proceso

Para la realización del ICV se procedió a visitar la empresa y tomar registro fotográfico de cada etapa del proceso de producción.

Figura 5

Pesaje y mezcla.



Fuente: Fotografías propias tomadas de la empresa.

En esta primera etapa se realiza se recibe toda la materia prima por parte de los proveedores, esta se contabiliza y se pesa para su caracterización, posteriormente se realiza el mezclado para comenzar con la producción.

Figura 6

Preparación.



Fuente: Fotografías propias tomadas de la empresa.

En esta parte del proceso lo que se hace es preparar y cocinar todo el producto, mejor conocido como “bizcochito”, se realiza toda la manipulación de los alimentos para su posterior empaque y distribución.

Figura 7

Empaque y despacho.



Fuente: Fotografías propias tomadas de la empresa.

La última etapa en el proceso de producción de este producto empaquetado en plástico flexible es precisamente la de empaquetado y despacho, aquí se procede a organizar toda la producción y prepararla para su posterior distribución y entrega. En este proceso el producto ya sale de la fábrica.

4.4.2 Formas de empaque

Se realizó registro fotográfico también del proceso de empaque, a pesar de que este proceso pertenece a la última etapa, se quiso registrar puesto que es determinante para el estudio, ya que en este se evidencia como se ejecuta el empaque del producto en plástico flexible.

Figura 8

Proceso de empaque.



Fuente: Fotografías propias tomadas de la empresa.

Como se mencionaba anteriormente, cuando se habló de la elección de la unidad funcional, también incidió en la elección de esta el proceso de empaque. En Productos Seba Seba, para los productos empacados en plásticos flexibles, existen principalmente dos sistemas de empaque. El primero de ellos es el empaque por unidad de bolsa o producto, esta forma de empaque se determina por la compra de una cantidad determinada de empaques en plástico en los que cada uno de los productos es empacado, en este proceso la cantidad de residuos es mínima, puesto que los empaques individuales que son comprados son los mismos que se utilizan para empacar. La segunda forma de empaque es la que en la empresa se conoce como empaque por rollo o lamina de plástico, en este proceso, los empaques en plástico flexible vienen por rollos y el proceso de empaque de los productos se realiza por medio de una máquina que va cortando y seccionando el rollo de plástico flexible para cada producto que ha de ser empacado, como se observa en la Figura 8. Se eligió la unidad funcional porque tenía un proceso de empaque por rollo, lo que permite determinar también la cantidad de residuos que se generan dentro de la empresa con este método de empaque.

4.4.3 Consideraciones

Es importante aclarar que ciertos ingredientes dentro del inventario para los bizcochos semilla no fueron suministrados por la empresa porque se consideran secreto de fábrica. En el estudio de inventario se evaluó principalmente las entradas y salidas en lo que concierne al plástico flexible, puesto que los ingredientes de la mezcla del producto no van a ser modificados una vez terminado el desarrollo de la investigación, por eso se hizo especial énfasis en los procesos que si pueden ser optimizados o mejorados a partir de las conclusiones de este estudio; Son aquellos procesos los que en realidad le competen al programa colectivo Aproved.

En el proceso de preparación y horneado del producto, no solamente se prepara bizcocho semilla, también se llevan a cabo otros procesos de preparación de diferentes productos de panadería de la empresa, por ende los cálculos realizados sobre las entradas y salidas se aproximan por medio de fórmulas matemáticas para disminuir el porcentaje de error, ya que no es posible determinar todos los datos solo para el proceso de preparación del bizcocho semilla puesto que requería detener toda la producción y enfocarse solo a este producto.

Todos los datos que se suministraron fue información que la empresa Productos Seba Seba suministro a la investigación.

4.4.4 ICV

En las siguientes tablas se observa el inventario para el bizcocho semilla.

Tabla 1
Entradas

| Material | Cantidad | Unidad | Etapas | Referencia |
|----------------------------|----------|--------|-----------------|--------------------------|
| Harina | 98 | g | | Productos Seba Seba |
| Huevos | 17 | g | Pesaje y mezcla | Productos Seba Seba |
| Mantequilla | 6 | g | | Productos Seba Seba |
| Agua | 0.032 | g | | Productos Seba Seba |
| Electricidad (preparación) | 0.062 | KW/h | Preparación | Camara-Salim et al, 2020 |
| Plástico | 2.48 | g | | Productos Seba Seba |
| Electricidad (Empaque) | 0.038 | KW/h | Empaque | Camara-Salim et al, 2020 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2
Salidas

| Material | Cantidad | unidad | Etapa | Referencia |
|--------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------------------|
| plástico (empaque harina) | 0.0093 | g | | Productos Seba Seba |
| Cascara de huevo | 0.00072 | g | Pesaje y mezcla | Productos Seba Seba |
| Plástico (empaque mantequilla) | 0.00018 | g | | Productos Seba Seba |
| Vapor de Agua | 0.032 | g | Preparación | Productos Seba Seba |
| CO2 | 24 | g | | Camara-Salim et al, 2020 |
| Bizcicho Semilla | 1 | 1 | | Productos Seba Seba |
| Plástico | 0.178 | g | Empaque | Productos Seba Seba |
| CO2 | 14.71 | g | | Camara-Salim et al, 2020 |

Fuente: Elaboración propia.

En esta fase se cuantificaron las entradas y salidas del sistema de estudio, teniendo en cuenta que la unidad funcional definida era un paquete de bizcocho semilla, se debía dividir la cantidad de empaques que salen en promedio al mes y los datos de insumos utilizados para este. Este análisis se enfoca principalmente en los datos correspondientes al plástico y energía, debido a que estos aspectos son los que conciernen al desarrollo del estudio. Los datos de ciertos ingredientes que se consideran sensibles no fueron suministrados por la empresa, los datos de entrada de harina, huevos y mantequilla fueron suministrados de forma general por la empresa.

En cuanto a los rollos de plástico, la empresa entrego la información de pedidos anual, estos rollos de plástico contienen alrededor de 5040 bolsas de empaque cada uno, con un peso aproximado de 12,5 kg, haciendo la división arrojo un resultado de peso por bolsa individual de 2,48 g, teniendo este dato como entrada, se prosiguió evaluando la cantidad de residuos de plástico que se generan en el proceso en la etapa de empaque, con un resultado de 0,178 g de residuos de plástico. Estas cifras representan una pérdida del 7,17 % del plástico utilizado en el empaque. Aunque esta perdida mensual parezca pequeña, al año se estaría perdiendo 2,136 g de plástico, lo que es un poco menos que el empaque de la unidad funcional.

Respecto a los datos de entradas y salidas de energía, estos fueron tomados de la literatura, ya que en el proceso de producción no solamente se produce la unidad funcional utilizada para el estudio, sino también otros productos dentro de la empresa. El estudio del cual fueron tomados los datos es un análisis de ciclo de vida, realizado en España, donde se evalúa la producción de un kilogramo de pan artesanal (Camara-Salim et al, 2020), y los datos de entrada y salida de energía fueron calculados en el proceso de molienda y horneado del pan, a través del modelo Ecoinvent.

5 Conclusiones

Cuando se habla de innovación y ecodiseño en los envases y empaques, la metodología de ACV cobra especial relevancia en este aspecto. La estrategia del MADS de incluir como criterio de seguimiento la inversión en investigación aplicada para la innovación y el ecodiseño dentro de la resolución 1407 de 2018, modificada por la 1342 de 2020, permite establecer una base a partir de la cual se pueda empezar a trabajar para mejores desarrollos en cuanto a empaques, y, sobre todo, empaques de plástico flexible, puesto que, según lo consultado, en Colombia aún es bastante baja la inversión en este tipo de estudios. La industria es conocedora de sus necesidades y las necesidades que presenta el mercado en cuanto a envases y empaques, en este sentido, la academia debe cobrar también relevancia como actor dentro de la resolución, puesto que se encuentra más actualizada en cuanto a los últimos avances en investigaciones relacionadas con la innovación y el ecodiseño de envases y empaques, tanto el sector empresarial, como la academia, deben empezar a buscar alianzas que permitan presentar alternativas, buscando disminuir los impactos generados en la comercialización de productos.

Para el programa colectivo Apored, este primer acercamiento con la metodología ACV permite identificar como se encuentran las empresas afiliadas al colectivo en cuanto a la innovación y ecodiseño de sus empaques. Uno de los principales obstáculos que se presentan es la falta de información y caracterización de los datos dentro de las empresas. Al ser un proceso relativamente nuevo para los productores, es importante empezar a determinar cuál es la información relevante para generar un verdadero impacto en el desarrollo de nuevos empaques.

La definición del objetivo y alcance del estudio permitió ver la magnitud de la metodología de ACV y comprender que este es un proceso que se debe llevar de manera sostenida en el tiempo, con objetivos y alcances claros para cada etapa y empresa que desarrolle la investigación. Este primer acercamiento con Productos Seba Seba es solo el inicio para lograr una innovación en el desarrollo de sus empaques. Es importante manifestar que este debe ser un trabajo conjunto, tanto entre el programa colectivo, operado por la corporación Ambiental Bioplaver, la empresa Productos Seba Seba y los proveedores de empaques de plástico flexible, por esta razón, se hace imperativo vincular a estos productores dentro del programa colectivo, empezar a generar vínculos y alianzas que permitan ampliar el alcance de los próximos estudios de ACV.

A pesar de que el primer acercamiento con la metodología de ACV se hizo para un producto empacado en plástico flexible, vale la pena aclarar que esta metodología puede aplicarse a los demás empaques de diferentes materiales con que cuenta el programa colectivo. El plástico flexible es el de mayor cantidad en cuanto a la meta de recolección, como se mencionó durante la investigación, sin embargo, esto no significa que otros materiales no sean importantes dentro de la reducción de la meta de aprovechamiento. Siendo así entonces, un tema importante para incluir dentro de la agenda del programa colectivo, las nuevas investigaciones basadas en la metodología de ACV para diferentes materiales de envases y empaques dentro de la meta de recolección.

Esta investigación, debe ser aplicada como referencia para las demás empresas del colectivo, teniendo en cuenta que ahora debe variar la definición del objetivo y el alcance que se proponga cada productor en acompañamiento con el programa colectivo. No obstante, es fundamental la disposición que tengan las empresas productoras para brindar la información necesaria para llevar a cabo el desarrollo de la investigación, teniendo en cuenta que esta información puede resultar de manejo sensible para cada una de las empresas.

Uno de los alcances tentativos para una investigación en el corto plazo, es el que se establece de la puerta a la cuna. Apored, como programa colectivo, también cuenta con el acceso a la información del proceso de los productos una vez salen de las empresas, se podría hacer un seguimiento de un producto empacado en plástico flexible, tanto el que se deposita directamente en el relleno sanitario, como el que se lleva a las empresas transformadoras afiliadas al programa colectivo. Es importante empezar a conocer y caracterizar la información durante este proceso, puesto que eso permitiría evaluar la trayectoria de dichos productos. Es de aclarar también, que para esta investigación que se propone, debe contarse con la disposición de varios actores más dentro de la resolución, no solamente los productores, sino también, los recolectores, transformadores y hasta los propios consumidores.

En el análisis de inventario, se puede observar que hay un margen de mejora en cuanto al proceso, ya que las pérdidas en plástico flexible son del 7,17%. El siguiente paso para la empresa podría ser evaluar en que parte del proceso se pierde realmente ese porcentaje de plástico. En el hipotético caso de que se disminuyera esta pérdida, se lograría también una reducción en la línea base de la empresa y por ende en la meta de recolección, lo que podría significar menores gastos, no solamente en la compra de materiales de empaque, sino también en la recuperación de estos cuando ya se convierten en residuos después de su uso.

Referencias

- Aude, V., Bertini, L., Fidalgo, M., & Yrazu, F. (2011). Elaboración de una matriz de impacto ambiental comparativa de materiales de envases. Influencia en la generación y posterior gestión de residuos sólidos urbanos (RSU), Instituto Tecnológico de Buenos Aires. <https://silo.tips/download/elaboracion-de-una-matriz-de-impacto-ambiental-comparativade-materiales-de-enva#>
- BARRERA PEÑA, Ivonne Natalia, et al. Estudio de la resolución 1407 del 2018 y propuesta preliminar de un plan de gestión ambiental de residuos de envases y empaques para la industria cosmética en Colombia. 2019.
- Braungart, M., & McDonough, W. (2005). De la cuna a la cuna. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas (1ª ed.). McGraw-Hill.
- Carlos E. Aristizábal Álzate, José L. González Manosalva, Juan C. Gutiérrez Cano (2020). Análisis del ciclo de vida y cálculo de la huella de Carbono para un proceso de reciclaje de botellas PET en Medellín, Antioquia. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v15n1/1909-0455-pml-15-01-7.pdf>
- Camara-Salim, I., Almeida-Garcia, F., Gonzalez-Garcia, S., Romero-Rodriguez, A., Ruiz-Nogueiras, B., Pereira-Lorenzo, S., ... & Moreira, M. T. (2020). Life cycle assessment of autochthonous varieties of wheat and artisanal bread production in Galicia, Spain. *Science of the Total Environment*, 713, 136720.
- Centenaro, D. Torres, C. (2016). Sistema producto-servicio. El caso de la comercialización en las cabinas telefónicas y en las calles de Bogotá, Colombia. Hecho en casa. Recuperado de: <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/proyecta/article/view/1957> MacArthur Foundation. Recuperado de: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto#:~:text=La%20econom%C3%ADa%20circular%20es%20una,del%20sistema%20desde%20el%20dise%C3%93o.>
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. Guía 2001. "Guía Metodológica Estudio de Ciclo de Vida. Proyecto minimización de Residuos provenientes de Embalajes, p. 25. Recuperado de: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/ciclo.pdf>
- Cruz, S., & Fonseca, E. (2017) Diseño de contenido teórico en Análisis de Ciclo de Vida de plásticos para el desarrollo de una plataforma tecnológica ambiental [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Recuperado de: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7635/1/CruzL%C3%B3pezDavidSamuel2017.pdf>
- Demo, C. et al. (1999), "El Banco Mundial y el desarrollo sustentable. Algunas reflexiones sobre su perspectiva", en Problemas de desarrollo. Revista latinoamericana de economía, vol. 30, núm. 118, México: Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), Universidad Nacional Autónoma de México. EcoFriba. Recuperado de: <https://ecofibrachile.cl/about.html>.
- Fonseca Correcha, E. D. (2021). Del ecodiseño al diseño sostenible en los planes de gestión ambiental de residuos de envases y empaques plásticos. Recuperado de:

<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/19849/Trabajo%20de%20Grado%20Edgar%20Fonseca%20MDA%20UTADEO%20Repositorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Higuita, C., & Gonzáles, H. (2018). Normatividad de los empaques, embalajes y etiquetados (EEE) para las exportaciones colombianas de alimentos procesados a Estados Unidos. *Revista Espacios*, 39 (24), 8 – 20.
- ISO 14040:2006(es), Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia. (n.d.). Retrieved September 15, 2021, recuperado de: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- Emvarias. (2020). Cartilla Manejo de residuos Emvarias Grupo EPM. Recuperado de: https://www.emvarias.com.co/Portals/0/documentos/CARTILLA_MANEJO_RESIDUOS_2020.pdf?ver=2020-07-14-152337-630.
- LOAIZA TORRES, José Santos. (2018) Del ciclo de vida del producto al ciclo de vida del cliente: Una aproximación hacia una construcción teórica del ciclo de vida del cliente. *Investigación y Negocios*. Vol.11, n.18, pp.100-110. ISSN 2521-2737. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2521-27372018000200010&lng=es&nrm=iso.
- Martín, A. y Santamaría, J. M. (2004). *Diccionario terminológico de contaminación ambiental*. Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra.
- M.K. Eriksen, K. Pivnenko, M.E. Olsson, T.F. Astrup (2018). Contamination in plastic recycling: influence of metals on the quality of reprocessed plastic *Waste Manag.* pp. 595-606 Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X1830494X?via%3Dihub>
- Ospina, J. (2015). *Fundamentos de Envases y Empaques*. Barranquilla: Educosta.
- Resolución N° 1407. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. República de Colombia, 26 de julio de 2018
- Rozas, G. (2003). Aproximación psico comunitario ambiental al problema de calentamiento global. *Revista de Psicología*, Vol. XII, N° 2, 19-34.
- Secretaria de medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2009). Estudio comparativo de bolsas de plástico degradables versus convencionales mediante la herramienta de Análisis de Ciclo de Vida. Informe final. Recuperado de: http://biblioteca.anipac.mx/wp-content/uploads/2017/10/estudio_comp_bolsas.pdf.
- S. Ferreira, M. Cabral, S. De Jaeger, N.F. Da Cruz, P. Simões, R.C. Marques (2017). Life cycle assessment and valuation of the packaging waste recycling system in Belgium. *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, 19 (2017), pp. 144-154. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-015-0383-x>.