



Ecodiseño de Envases y Empaques como Estrategia para la Disminución de Impactos Ambientales Negativos

Packaging Ecodesign as a Strategy for Reducing Negative Environmental Impacts

Lisa María Gutiérrez Rodríguez | Universidad de La Salle, Bogota, Colombia

ARTICLE HISTORY

Received: 27/10/2022
Accepted: 18/11/2022

KEY WORDS

Ecodesign, circular economy, environmental management, impacts.

PALABRAS CLAVE

Ecodiseño, economía circular, gestión ambiental, impactos.

ABSTRACT

The research aims to propose alternatives for environmental management of post-consumer packaging as an important ecodesign element established in Resolution 1407 of 2018 of the Colombian Environment and Sustainable Development Ministry, therefore, through a diagnostic phase about packaging the ecodesign criteria were selected that allowed formulating alternatives to the current scenario, these alternatives were evaluated by the application of the key performance indicators. The assessment was carried out using SimaPro software, it indicates the incidence of the alternatives in damage and impact categories, where Pesquera Mar Adentro has a lower impact percentage if they replace its current packaging with a ThermoBox, and Compañía Pesquera del Mar S. A. S has significantly reduced its negative environmental impacts by using oxo-biodegradable point-of-payment bags.

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo plantear alternativas de gestión ambiental de envases y empaques posconsumo como aspecto clave del ecodiseño establecido en la Resolución 1407 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia, por lo que, mediante una fase diagnóstica sobre los envases y empaques se seleccionaron criterios de ecodiseño que permitieron formular alternativas al escenario actual, dichas alternativas se evaluaron por medio de una herramienta informática y la aplicación de indicadores de rendimiento clave. La valoración se ejecutó en el software SimaPro, que indica la incidencia de las alternativas en categorías de daño e impactos. La empresa Pesquera Mar Adentro tiene un menor porcentaje de impacto si sustituye su empaque actual por una caja thermobox y Compañía Pesquera del Mar S. A. S, ha disminuido significativamente los impactos negativos al ambiente con el uso de bolsas de punto de pago oxobiodegradables.

I. INTRODUCCIÓN

Los envases y empaques de productos generan impactos negativos al ambiente desde su fabricación hasta su disposición final, en principio el impacto está asociado al material utilizado para su producción y la cantidad de dicho material, influyendo así en el consumo de recursos fósiles, uso de energía primaria y emisiones de dióxido de carbono (CO₂), igualmente, su condición de artículo de un solo uso lo convierte en un residuo, en lugar de un producto para ser reciclado o reutilizado [1]. Del mismo modo, los envases y empaques son uno de los residuos sólidos que se generan en Colombia con mayor representatividad debido a que constituyen entre el 15-25%

de los residuos sólidos urbanos del país, donde más del 60% de la demanda global de empaques se concentra en el sector de alimentos (38%), bebidas (18%), cosméticos (3%) y farmacéuticos (5%) como lo señala [2], lo anterior como consecuencia de su naturaleza, ciclo de vida y dinámica de consumo de la población. Es por lo anterior que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia emite la Resolución 1407 de 2018, [3] la cual señala que se debe formular, implementar, actualizar y presentar el Plan de Gestión Ambiental de Residuos de Envases y Empaques a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) el cual está

enfocado en el aprovechamiento de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal, con el fin de disminuir y mitigar los impactos ambientales generados por el residuo posconsumo, las materias primas que se emplean, su proceso productivo y la energía utilizada, lo cual indica la necesidad de actuar no solo en la segregación y reutilización de este tipo de residuos, sino actuar desde el inicio de la producción mediante la incorporación de alternativas que prevengan y minimicen la fabricación y toxicidad de los residuos en los nuevos envases, empaques y embalajes o en el rediseño de los actuales [1]. Adicionalmente, en el apartado i del artículo 6 de la Resolución en cuestión, señala la obligatoriedad de invertir en la investigación aplicada y el desarrollo experimental para la innovación y el ecodiseño, siendo este un tema fundamental en la formulación de alternativas a los envases y empaques que generan efectos nocivos y como una oportunidad de transición hacia la economía circular, por lo que, la empresa Green Economy Services Colombia, a través de este artículo, tiene como objetivo diseñar y formular estrategias de ecodiseño a dos de sus adheridos: Pesquera Mar Adentro y Compañía Pesquera del Mar S. A. S, con el propósito de disminuir los impactos ambientales actualmente generados.

Según la guía de ecodiseño de envases y embalajes, [4] el ecodiseño de envases consiste en un proceso técnico, creativo y multidisciplinar que tiene como propósito mostrar en el mercado envases factibles, técnicamente industrializables, financieramente rentables y sostenibles, lo que conlleva a la aplicación de herramientas y métodos para gestionar eficientemente los recursos asignados al envase, obteniendo beneficios para el medio ambiente, como la reducción del consumo de materiales, agua, energía, vertimientos y residuos. En lo que se refiere a las empresas, manejar este instrumento significa ventajas competitivas que mejorarán su gestión, procedimientos, productos, recursos, imagen e inversiones; asimismo, fomenta un proceso de mejora continua por el desarrollo e incorporación de innovaciones o modificaciones en el ciclo de vida de los productos, mediante el uso de estrategias a mediano y largo plazo que influyen en todos los niveles de decisión y operación [5]. Ahora bien, el ciclo de vida de un producto considera las etapas del bien o servicio desde que son extraídas las materias primas para su fabricación, producción, distribución, consumo y gestión del residuo que se genera, [6] de manera que la aplicación del ecodiseño ha de tener en cuenta este concepto, ya que de ello dependerá la selección de estrategias, valorando si la solución no afecta de forma negativa el balance total de consumo de recursos y generación de emisiones o vertimientos. Por lo tanto, se tiene presente el concepto de economía circular debido a que uno de los objetivos

del ecodiseño de envases y empaques es cerrar ciclos, revalorizando los residuos de estos productos a través del reciclaje, reutilización o compostaje [4].

De manera que, como muestra [4] la selección de estrategias de ecodiseño, podrá formularse con base en las etapas de ciclo de vida de los productos según las exigencias del consumidor, los requisitos de la distribución, normativa vigente, la función del envase y los nuevos materiales empleados en los envases y empaques, las cuales se clasifican en:

- Estrategias para un diseño de envase eficiente
- Estrategias para la selección de materias primas sostenibles
- Estrategias para una fabricación y envasado optimizado
- Estrategias para una logística eficiente
- Estrategias para optimizar el reciclaje de envases

Las empresas interesadas en el ecodiseño de sus envases y empaques son Pesquera Mar Adentro, una empresa que compra, procesa, transforma y comercializa productos del mar quien solicitó el ecodiseño de su envase y empaque del producto de carne de jaiba pasteurizada a Green Economy Services Colombia, el empaque consta de una lata de aluminio y hojalata como envase primario, el envase secundario son dos cajas de cartón que almacenan doce latas del producto, cada una con laminillas de poliestireno expandido en las paredes y fondo de las cajas, y el envase terciario consta de una caja de cartón que contiene la dos cajas del envase secundario, otras laminillas de poliestireno expandido y bolsas de boli y ziploc con gelpack para la refrigeración del producto. Así pues, es de interés considerar dos de los materiales allí presentes, el cartón que es uno de los materiales con menor impacto ambiental ya que su proceso de fabricación corresponde a una reducción del 60% de las emisiones de CO₂ y petróleo respecto a otros materiales, se degrada rápidamente por su contenido de celulosa y la exposición a condiciones meteorológicas favorables influye positivamente en su eliminación, se trata de un material que no pierde durabilidad ni resistencia, lo que conlleva a la reutilización y reciclaje, esto último debido a que al reciclarlo se emplea 90% menos de agua y 50% menos de energía eléctrica, como lo indica [7]. El otro material es el poliestireno expandido que, a pesar de cumplir con la función de refrigeración, constituye un problema en la etapa de disposición final. De hecho, a partir de las cifras halladas por [8], en Colombia se utilizan aproximadamente 80.000 toneladas al año de poliestireno expandido, de las cuales 38% son utilizadas para empaque, y al final de su vida útil tan solo 500 toneladas son recuperadas. Así mismo, el poliestireno expandido se compone

principalmente por aire y partículas de petróleo que se calientan y se expanden, por lo que es bastante liviano y muy voluminoso, por ello, el espacio que ocupa es un inconveniente para el sistema de residuos, debido a que el material llena los vehículos recolectores y los rellenos sanitarios, además de que tarda más de mil años en biodegradarse [9].

La segunda empresa es Compañía Pesquera del Mar S. A. S, empresa pionera en la compra, proceso, comercialización y distribución de pescados, mariscos y productos alimenticios congelados como tubérculos, verduras y carnes que en el año 2022 sustituyó las bolsas de punto de pago de polietileno de alta densidad por bolsas oxobiodegradables. Estas consisten en bolsas con aditivos que consiguen romper la estructura química del plástico permitiendo su degradación cuando están expuestos a la luz solar, el calor o el esfuerzo mecánico (fricción y exposición a vientos), alcanzando un tamaño mínimo para que los microorganismos tomen dicho material y lo conviertan en dióxido de carbono, agua y biomasa. Según las características mencionadas por el proveedor de la Compañía Pesquera del Mar S. A. S, [10] dicho empaque tiene una vida útil controlada, su apariencia, resistencia y calidad es igual a la de una bolsa de plástico común fabricada en polietileno de baja y alta densidad y cuenta con dos etapas para su degradación. En principio, la bolsa oxobiodegradable comienza a fragmentarse por el contacto con el oxígeno, a partir de ello hay una atracción de agua que da origen a un ambiente en presencia de oxígeno y humedad que fomenta el desarrollo y crecimiento de microorganismos naturales para después comenzar la etapa de biodegradación, allí las moléculas de los materiales oxidados son lo suficientemente pequeñas para que los microorganismos los tomen como alimento y los degraden. Así pues, la vida útil de estas bolsas oscila entre los 8-12 meses, según las condiciones del ambiente en que se encuentre, sin contaminar los recursos naturales o alterar la salud del ser humano.

Se denominan polímeros oxobiodegradables ya que contienen aditivos prooxidantes o prodegradantes, que constituyen del 1 al 5% del peso molecular del mismo y se basan en combinaciones de iones metálicos de estabilidad y número de oxidación similares. Su función principal es acelerar la foto y oxidación térmica, de modo que, al ser expuestos a los rayos UV o a altas temperaturas puedan degradarse rápidamente mediante la formación de radicales libres que reaccionan con el oxígeno atmosférico, provocando la ruptura de la cadena polimérica y la producción de compuestos de bajo peso molecular, como ácidos carboxílicos, alcoholes y cetonas que posteriormente podrán ser asimilados por los microorganismo [11].

Ahora bien, en la literatura se encuentran dos términos que pueden llegar a confundirse, los plásticos oxobiodegradables y los plásticos oxodegradables, este último es un material que se degrada a simple vista pero que

permanece en pequeñas partículas en suspensión perjudiciales para la salud de los seres vivos y la dinámica de los ecosistemas [12]. En consecuencia, la Unión Europea [13] ha prohibido la comercialización de productos elaborados con plástico oxodegradable, a través de la Directiva 2019/904 en el artículo 5, ya que ese tipo de plástico no se biodegrada correctamente y contribuye a la contaminación del medio ambiente con microplásticos, no es compostable, afecta negativamente al reciclado del plástico convencional, no ofrece beneficios medioambientales comprobados y su rápida fragmentación en trozos minúsculos es motivo de preocupación. Además, como se visualiza en [14] la fundación Ellen MacArthur, una organización mundial líder en temas de economía circular, apoya la idea de que los envases de plástico oxodegradables no son una solución a la contaminación por plástico y no encajan en una economía circular, por el contrario, contribuyen a la contaminación por microplásticos y fomentan los riesgos ambientales ya que favorecen la bioacumulación en el medio.

2. MÉTODO

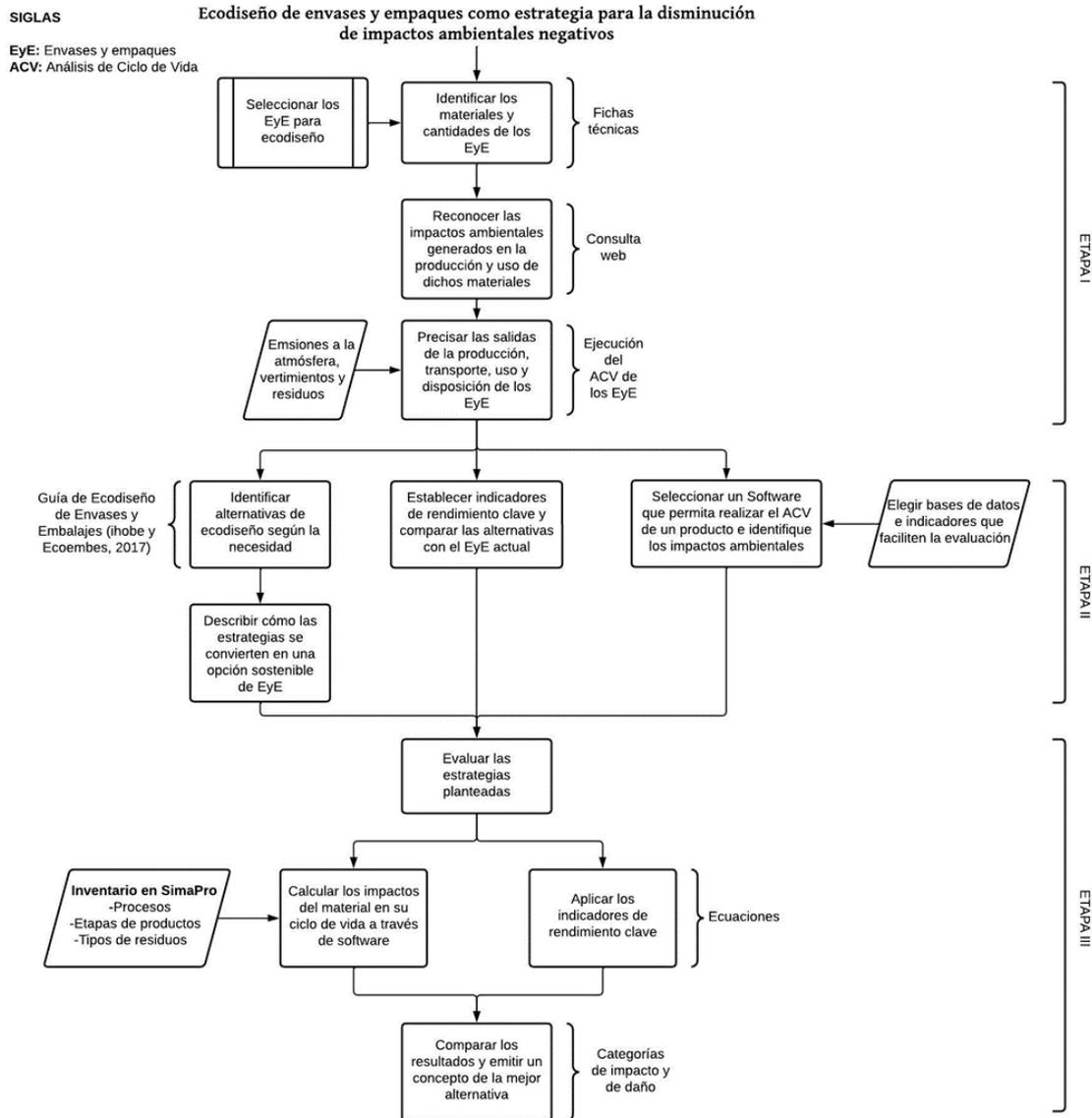
En la figura 1 se evidencia un diagrama de flujo con la metodología necesaria para la formulación de estrategias de ecodiseño. En principio, las empresas Pesquera Mar Adentro y Compañía Pesquera del Mar S. A. S identificaron los envases y empaques cuya intención es aplicar la innovación y el ecodiseño, a partir de ello se analizaron sus fichas técnicas proporcionadas por las empresas interesadas, de las cuales se reconocieron los materiales y la cantidad empleada para producir y distribuir un producto con su envase o empaque, de manera que fue posible determinar los impactos generados al ambiente; reconociendo las emisiones, vertimientos y residuos en diferentes etapas del ciclo de vida del envase y empaque por medio de literatura que estudia los aspectos ambientales, de salud y seguridad en la fabricación de materiales como plástico, metal o cartón (ver Figura 1).

Luego de la etapa de identificación en los envases y empaques de cada empresa se utilizó una técnica de generación de ideas denominada SCAMPER, mostrada en la figura 2, de la que surgen cuestionamientos con el fin de identificar los aspectos de mejora aplicables según el caso. Por consiguiente, el uso de esta herramienta facilita la reflexión sobre cuáles son los procesos en donde puede intervenir ya que se trata de etapas que no son estrictamente necesarias o no aportan valor que podrían ajustarse o potenciar, [4] y en consecuencia seleccionar estrategias definidas en la tipología mencionada anteriormente (ver Figura 2).

Desde otra perspectiva, para el presente estudio se utilizó una herramienta cuantitativa que se denomina indicadores de rendimiento clave (KPI por sus siglas en

Figura 1.

Metodología empleada para el ecodiseño de envases y empaques



Fuente: [7, p. 22].

Figura 2.

Técnica de generación de ideas scamper



Fuente. [4].

inglés *Key Performance Indicator*) con el objetivo de estimar la potencial mejora resultante de aplicar las estrategias de ecodiseño, y su selección depende de la meta que se desee alcanzar, ya sea en la materia prima del envase, la fabricación y envasado, logística, transporte o gestión

final. Es por lo anterior que, para Pesquera Mar Adentro, fueron seleccionados cuatro indicadores de rendimiento clave calculados a partir de la masa en gramos de los materiales involucrados en el empaque:

2.1. % CONTENIDO DE MATERIAL QUE SE PUEDE RECICLAR (CMR):

Se evaluará el aumento o disminución de la presencia de envases y empaques en materiales que tienen el potencial para ser reciclados, por medio de la Eq. 1.

$$\% \text{ CMR} = \frac{g \text{ del material reciclado}}{g \text{ total del envase y empaque}} * 100 \quad (1)$$

2.2. RELACIÓN ENTRE EL PESO DEL EMPAQUE Y EL PESO DEL PRODUCTO (REP):

Tiene como objetivo evaluar si el producto de venta requiere de un envase y empaque que supere su propio peso, de esta manera se evalúa si el consumidor recibe mayor cantidad de envases y empaques posconsumo que aquel artículo que sí es de necesidad para un fin específico y no tendrá que hacerse cargo de un número considerable de residuos, como se observa en la Eq. 2.

$$\text{REP} = \frac{g \text{ del empaque}}{g \text{ del producto}} \quad (2)$$

2.3 CANTIDAD DE MATERIAL DE EMPAQUE CON RELACIÓN AL NÚMERO DE ENVASES PRIMARIOS AGRUPADOS (RENE):

El presente indicador se mide mediante la Eq. 3 y busca analizar si el empaque actual justifica la cantidad de envases que se están distribuyendo, debido a que la intención de las empresas es vender un número mayor de productos por una cantidad menor de empaque, pues ello se ve reflejado en costos de producción.

$$\text{RENE} = \frac{g \text{ de empaque}}{\text{número de envases}} \quad (3)$$

2.4. CANTIDAD DE RESIDUOS NO APROVECHABLES DE EMBALAJE GENERADOS (RNA):

Un aspecto importante es determinar la cantidad de residuos no aprovechables que se están generando con los envases y empaques del producto, es así que este indicador corresponde a la suma de la masa de los artículos requeridos para distribuir el producto, como se evidencia en la Eq. 4.

$$\text{RNA} = \sum_n g \text{ de material} \quad (4)$$

Igualmente, para la empresa Compañía Pesquera del Mar S. A. S, se emplearon dos indicadores de rendimiento clave según su envase:

Reciclabilidad:

El objetivo de la medición es determinar la evolución de la reciclabilidad y/o recuperación de materiales de los residuos sólidos, en función de la eficiencia de los sectores productivos y la generación de flujos de materiales hacia el medio ambiente, dada la importancia del impacto ambiental que provoca la disposición final de residuos

y el uso ineficiente de los recursos físicos disponibles para la economía. Este se calculó como la razón entre los residuos que son tratados para ser reintroducidos a los procesos de producción (RR_{jt}) sobre la oferta total de residuos sólidos en un período determinado (RG_{jt}) como se visualiza en la Eq. 5 [15].

$$\text{TR}_{jt} = \frac{\text{RR}_{jt}}{\text{RG}_{jt}} * 100 \quad (5)$$

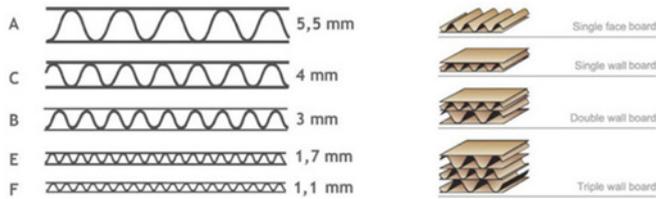
Reutilización del envase:

La reutilización de un envase se refiere a la operación mediante la cual los productos aún no se consideran residuos y se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron diseñados. En ese orden de ideas, se tendrá en cuenta el número de veces que puede ser usada una bolsa plástica convencional y una oxobiodegradable, según condiciones específicas de temperatura, humedad y luz.

Por último, con el fin de evaluar los impactos al ambiente generados por la utilización de los envases y empaques actuales en comparación con las estrategias sugeridas, se requiere el manejo de una herramienta informática para el análisis del ciclo de vida, por lo que se tuvo en cuenta las bases de datos disponibles, la forma en que el software importa los datos, el uso de métodos de evaluación de datos, la capacidad del entorno gráfico y la facilidad del uso de la herramienta, eligiendo así una herramienta informática que maneje una base de datos con información sobre los materiales del empaquetado (aluminio, vidrio, plásticos, papel, cartón, cartulina y hojalata), los procesos de producción, distribución y formas de disposición final del producto [16]. En este orden de ideas, fue elegido el software SimaPro, el cual es un sistema de aprendizaje permanente, integral e incluyente en las organizaciones, con el propósito de mejorar la eficiencia, la calidad y las condiciones de trabajo en las organizaciones que se caracteriza por fomentar la mejora continua de los productos mostrando el proceso de estos como un ciclo de evaluación constante e incluyente ya que favorece la participación de profesionales de diversas áreas [17]. En consecuencia, el procedimiento consistió en seleccionar la biblioteca Ecoinvent 3-consequential-unit que contiene datos del análisis de ciclo de vida de diversos sectores y facilita señalar las modificaciones realizadas ya sea durante el proceso de extracción, ensamblaje, transporte, uso o disposición final o en los materiales empleados; asimismo, posibilita la visualización de cada proceso como unidad y no todo el sistema que reúne dichos procesos [18].

Finalmente, en la fase de evaluación de los impactos se empleó el método de evaluación Ecoindicador 99, el cual es un indicador numérico que expresa el impacto ambiental total de un proceso, cuanto más grande sea el valor mayor será el impacto ambiental y se calcula mediante la introducción de coeficientes de ponderación en el análisis de ciclo de vida en cada etapa del producto y los

Figura 3.
Calibre del cartón



Fuente. [20].

materiales involucrados [19]. Para este estudio se tuvo el enfoque (I) que significa individualista y muestra los intereses a corto plazo, es así que los impactos que se obtienen resultan de las actividades inmediatamente anteriores y que se evidenciará en tres categorías de daño; en principio la salud humana mostrada como años de vida perdidos por discapacidad, donde el software hace una ponderación de las discapacidades causadas por varias enfermedades, el efecto sobre la calidad de los ecosistemas medido en función de la desaparición de especies de flora y fauna y en los recursos que se entiende a través de los requerimientos de energía para la extracción de materias primas. Desde otro punto de vista, por medio del software se pueden interpretar los impactos en diez categorías; sustancias cancerígenas, enfermedades respiratorias por compuestos orgánicos e inorgánicos, cambio climático, radiación, capa de ozono, ecotoxicidad, acidificación/eutrofización, uso del suelo y minerales, de los cuales se puede entender como un impacto de mayor magnitud a medida que el valor se acerca a 100.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ese sentido, los resultados para la empresa Pesquera Mar Adentro comprende dos alternativas para las que se tuvo presente la sustitución de laminillas de poliestireno expandido y mantener la refrigeración de la carne de jaiba pasteurizada entre 0-4 °C, por lo que las estrategias sugeridas a la empresa son:

Alternativa 1: Desmaterialización del envase y/o embalaje

Consiste en la eliminación de las dos cajas de doce latas para empacar directamente 24 latas de carne de jaiba pasteurizada en un solo empaque, así se eliminarían elementos excesivos que a pesar de proteger la integridad del producto puede sustituirse por cajas de cartón ondulado de mayor calibre, esto debido a que está compuesta por varias capas de papel (lisas y onduladas) que

Figura 4.
ThermoBox



Fuente. [21].

determinan el grosor, de manera que un mayor grosor garantiza mejor resistencia y, por ende, se adaptaría mejor a la necesidad de la mercancía. En este caso se podría considerar la transición a un cartón de canal A como se muestra en la figura 3, que hace referencia a un grosor de 5 mm siendo favorable para productos frágiles que requieren buena amortiguación y protección durante el transporte (ver Figura 3).

Alternativa 2: Emplear materias primas de menor impacto ambiental - thermobox

Consiste en eliminar el uso de poliestireno expandido en el embalaje, sin embargo, se debe garantizar un material que ayude en la preservación de la temperatura a la cual se debe encontrar el alimento, de esta forma se pueden reemplazar las cajas de cartón convencionales por cajas thermobox, que pueden apreciarse en la figura 4. Consiste en una caja fabricada por una combinación 100% de papel de hexacomb y corrugado, lo que significa que está hecha de un recurso renovable, reciclable y biodegradable que proporciona propiedades térmicas similares a las que brinda el poliestireno expandido (EPS) en el control de temperatura para productos que requieren congelación o refrigeración. Adicionalmente, si Pesquera Mar Adentro no considera la opción anteriormente expuesta puede visualizar la posibilidad de comprar láminas gruesas de cartón de aproximadamente 15 mm, para introducir las en la caja de cartón convencional, ello permitirá reforzar el empaque y preservar la temperatura de refrigeración sin humedecer o dañar el exterior de la caja (ver Figura 4).

Luego de calcular el valor de los indicadores de rendimiento clave de las Eqs. 1 a 4 para las dos alternativas los resultados se encuentran en la tabla 1, donde las columnas tituladas %₁ y %₂ corresponden al porcentaje de cambio de las alternativas con respecto al empaque actual (ver Tabla 1).

Es así que, analizando el porcentaje de cambio de las alternativas con respecto a las características del envase

Tabla 1.*Indicadores de rendimiento clave para las estrategias de Pesquera Mar Adentro*

KPi	Und	Act	Alt. 1	% ₁	Alt. 2	% ₂
CMR	%	84,44	77,39	-8%	100	+18%
REP	Unds	0,16	0,11	-31%	0,10	-38%
RENE	g/lata	70,98	48,85	-31%	48,14	-32%
RNA	g	265	265	0%	0	-100%

y empaque actual, se espera que exista un aumento en el primer indicador debido a que la intención es incluir materiales que puedan ser reciclados y una disminución en los últimos tres, pues el mejor escenario es que el peso del envase no supere el peso del alimento distribuido, la cantidad de este producto envasado tenga una proporción mínima con respecto a todo el embalaje y que la cantidad de residuos generados que no se puedan aprovechar sea nula ya que el modelo actual de economía se basa en la extracción de materias primas una única vez y retornar al ciclo productivo los materiales empleados. Por ende, para el primer indicador de la tabla 1 se entiende que un porcentaje mayor de material reciclable tendrá un menor impacto ambiental, pues si el 100% del empaque está hecho a partir de materias primas que no son de un solo uso la disposición final de estos empaques no será en un relleno sanitario o similares, por lo que, la alternativa 2 cumple con este principio aumentando en un 18% con respecto a la actualidad.

El cálculo del segundo indicador debe ser menor a 1 ya que las empresas han de distribuir un producto cuyo envase y empaque no supere el peso del producto, lo anterior para facilitar la disposición final de estos y que la responsabilidad compartida de ello no se recargue en el consumidor final, allí se destaca la alternativa 2 que reduce en un 38% dicha relación. Igualmente, para el indicador de cantidad de material de empaque con relación al número de envases evidencia la cantidad de empaques que se utiliza para la distribución de una lata de carne de jaiba pasteurizada y como en el caso anterior tiene que existir una reducción en este indicador, de forma que no se empleen tantos materiales para esta fase y se pueda considerar como una disminución en los costos de compra de los artículos que componen el empaque. Finalmente, la cantidad de residuos generados no aprovechables tiene que ser 0, aun así, es posible visualizar qué material es aquel que constituye un problema dentro del empaque y tanto en el actual como la estrategia 1 el EPS es el único elemento que no puede ser aprovechado por el momento en Colombia.

Por último, para la evaluación de las alternativas se utilizó el software SimaPro, donde se compararon cuatro etapas del ciclo de vida, el transporte de los materiales del empaque reconociendo que no todos son adquiridos en el mismo municipio donde se ubica Pesquera Mar Adentro,

la manufactura de estos, entendida como el ensamblaje de todos los materiales para la distribución donde se tiene en cuenta el tiempo que se tarda en armar las cajas, introducir las láminas, las bolsas con el gel pack y las latas de carne de jaiba pasteurizada, el uso del producto por los clientes y la disposición final de los mismos, sin olvidar que muchos de ellos pueden ser reutilizados, por lo que se asume que realmente se lleva a cabo este proceso.

En la figura 5, se muestran las gráficas de la comparación del empaque actual y la alternativa 1 en las categorías de impacto, de allí visualiza un impacto del 40% en el transporte y manufactura de ambos escenarios ya que se mantienen los mismos materiales en diferentes proporciones, por lo tanto, la diferencia está en el uso y disposición final, este último tiene un impacto del 100% en el empaque actual, lo cual se debe a que el EPS no se recupera para ser aprovechado y por su volumen es difícil de transportar, ahora bien, a pesar de que la alternativa 1 lo conserva el hecho de no emplear dos cajas de cartón adicionales facilita la disposición final de los consumidores ya que ocupan menos espacio y el pago por esta gestión disminuye notablemente, esto se visualiza con un impacto del 40%. Desde otra perspectiva, para la etapa de uso, el impacto varía a lo largo de las categorías de impacto, siendo evidente en las sustancias cancerígenas, enfermedades respiratorias causadas por sustancias inorgánicas que hace referencia a los efectos adversos sobre la salud humana causados por el material particulado y sus precursores (NO_x, SO_x, NH₃) y en la de cambio climático con un porcentaje del 70%, principalmente por el empaque actual, todo ello se ve reflejado debido al transporte que se requiere para que llegue al consumidor final y se incrementa el impacto debido a la refrigeración que se debe cumplir por transportar un alimento perecedero (ver Figura 5).

En adición, la figura 6 permite la visualización del comportamiento de los procesos involucrados a través de tres categorías de daño: salud humana, que equivale a los años de vida perdidos por enfermedades, en este caso asociadas a la producción, transporte, consumo y disposición de materiales del embalaje, calidad de los ecosistemas, como la porción equivalente a la desaparición de especies y los recursos en donde se tiene presente la energía necesaria para la extracción y transformación de los recursos. De forma que se ve un comportamiento similar

Figura 5.

Categorías de impacto en la comparación del empaque actual y la alternativa 1

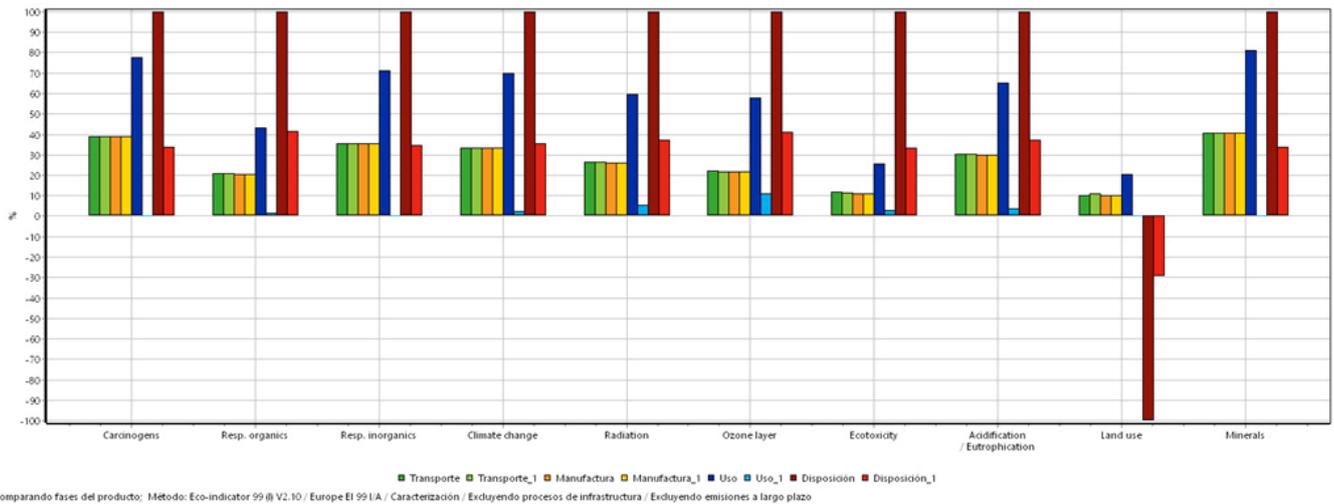
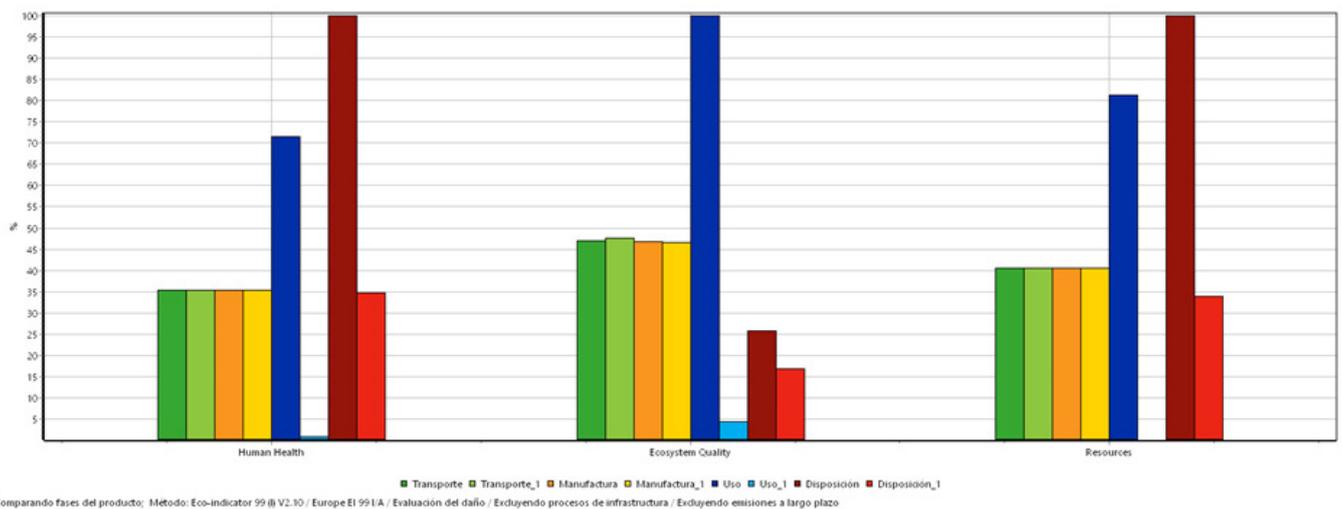


Figura 6.

Categorías de daño en la comparación con el empaque actual y la alternativa 1



al de la figura 5, donde hay grandes impactos en el uso y disposición final de los materiales, como se observa en la salud pública, en el caso de los ecosistemas existe mayor impacto para el uso del empaque ya que, como se mencionó anteriormente, la distribución del producto significa emisiones de contaminantes a la atmósfera y, en el caso de los recursos, se destaca la disminución entre la disposición actual y la de la alternativa 1, puesto que el reciclaje de la mayor parte de los productos repercute positivamente (ver Figura 6).

Desde otro punto de vista, la figura 7 hace referencia a las categorías de impacto para el empaque actual y la alternativa 2, de allí se puede observar que las clasificaciones de sustancias cancerígenas, enfermedades por sustancias inorgánicas y cambio climático para la estrategia de implementación 2, cambia significativamente con respecto a la alternativa 1 ya que no se evidencia mayor impacto, de hecho, en la mayor parte de los impactos identificados el porcentaje es 0. Por otra parte, es claro como en la emisión de los contaminantes orgánicos,

la radiación y las afectaciones a la capa de ozono hay una disminución en la etapa de transporte y manufactura, situación que no se reflejaba en la comparación con la alternativa 1, asimismo, para la presente estrategia los impactos en la disposición final en su mayoría son 0 y en aquellos que sí se ve reflejado solo alcanza un 25% como máximo (ver Figura 7).

Finalmente, en la figura 8 se pueden apreciar las categorías de daño en el cual hay afectaciones mínimas en la salud humana y los recursos, en lo que se refiere a la extracción y transformación de recursos el valor en porcentaje es 0 ya que se está considerando que todos los materiales están siendo reutilizados o reciclados para la fabricación de nuevos materiales con las mismas características. En la categoría de calidad de los ecosistemas se visualizan impactos muy bajos en todo el proceso que lleva el empaque, lo anterior considerando que ya no hay un transporte de EPS desde la empresa proveedora, el tiempo de empaque se reduce ya que la cantidad de materiales involucrados también se reduce y la disposición

Figura 7.

Categorías de impacto en la comparación del empaque actual y la alternativa 2

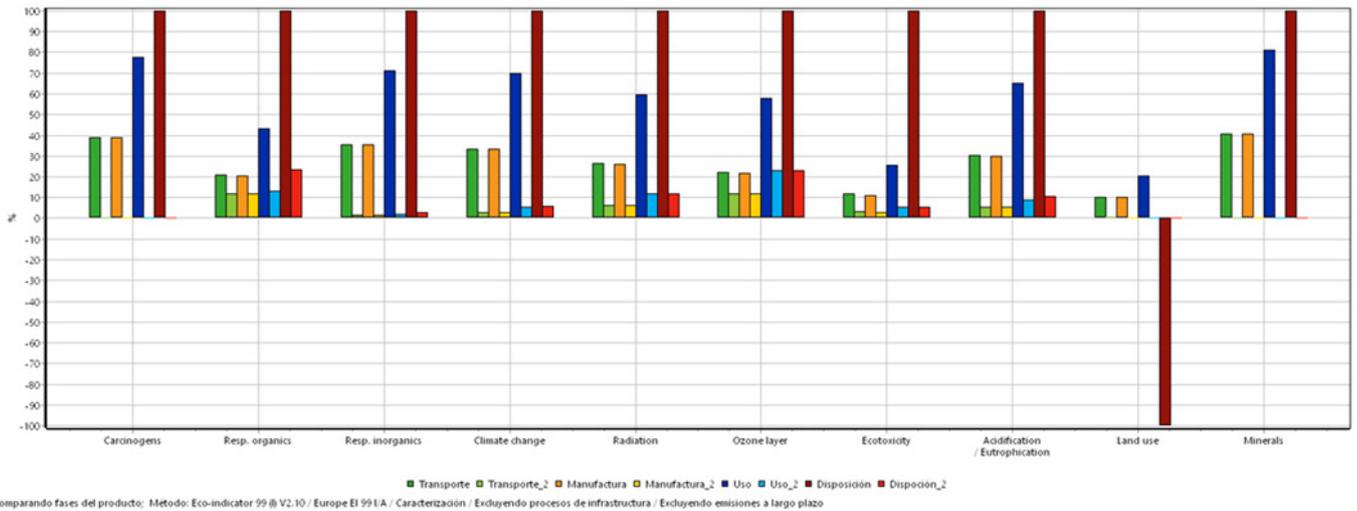
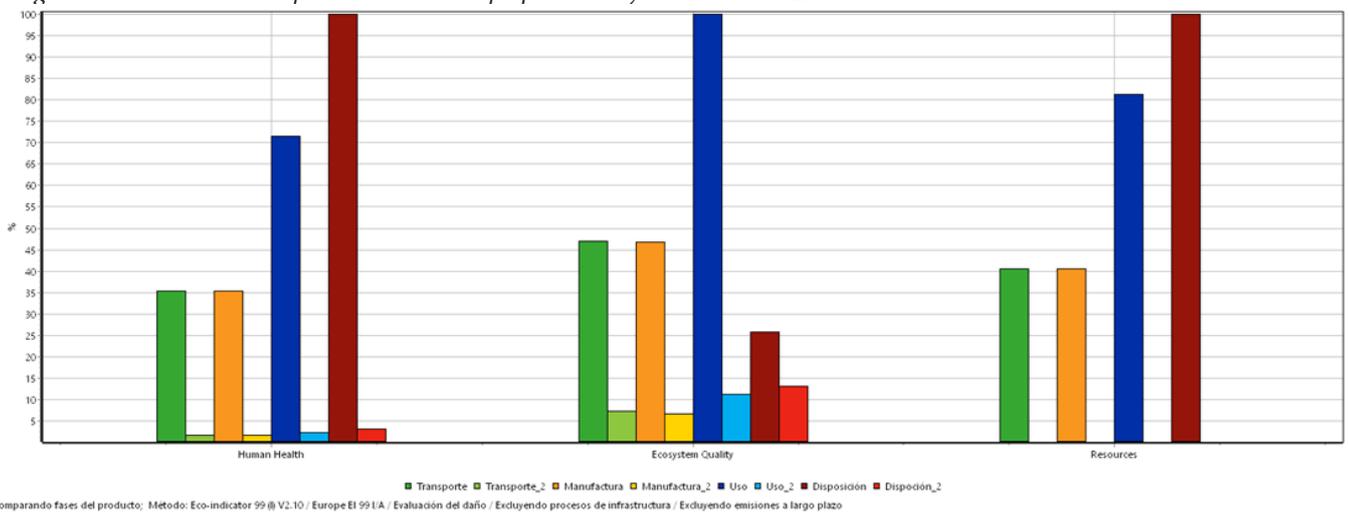


Figura 8.

Categorías de daño en la comparación con el empaque actual y la alternativa 2



final consiste en la separación y aprovechamiento de todos los materiales presentes (ver Figura 8).

Por otra parte, en la Compañía Pesquera del Mar S. A. S la alternativa de ecodiseño ya fue ejecutada, desde la empresa se emplean bolsas de punto de pago como empaque secundario, dicha solución se puede clasificar dentro de la estrategia de implementación de materias primas de menor impacto ambiental debido a que se trata de la utilización de aditivos en la producción de bolsas oxobiodegradables que aceleran la degradación del material, asimismo, es significativa la disminución de emisiones contaminantes a la atmósfera, ahorro de la electricidad y agua en la producción y menor cantidad de residuos sólidos que son dispuestos en un relleno sanitario. Adicionalmente, es importante tener en cuenta que la degradación de las bolsas oxobiodegradables requiere el cumplimiento de condiciones específicas de luz y temperatura con el fin de fragmentarse en pequeñas partes y posterior metabolización por los mi-

croorganismos, [22] así pues, el uso de bolsas oxobiodegradables se considera una alternativa transitoria cuyo objetivo final será el cambio de pensamiento social al cual la compañía ha venido contribuyendo debido a que cumple con lo establecido en la Resolución 688 de 2016 promoviendo la disminución en el uso de bolsas plásticas por parte de los consumidores mediante el cobro de estas, siendo un hecho preciso para evitar el consumo excesivo de plásticos y previniendo que la población no racionalice la utilización de estos empaques por el corto período de degradación.

A raíz de lo anterior, desde Green Economy Services Colombia se propone continuar la implementación de este tipo de estrategia, con la diferencia de que se puede implementar el uso de bolsas de pago a partir de polietileno de alta densidad reciclado, de esta manera, el impacto ambiental negativo se estaría reduciendo en el consumo de electricidad de fabricación en un 88% y se alcanzaría una reducción de emisiones del 71% como se demuestra

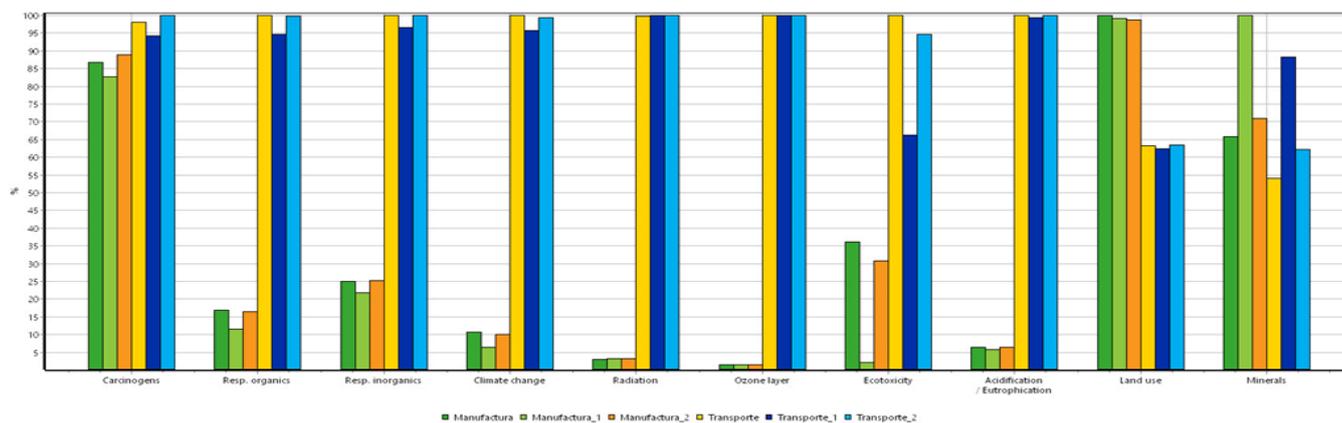
Tabla 2.

Indicadores de rendimiento clave para la estrategia de Compañía Pesquera del Mar S. A. S

KPI	Und	Bolsas de PEAD	Bolsas Oxobiodegradables	%
Reciclabilidad de los materiales del envase	%	7	0	-100%
Reutilización del envase	Veces	4	1	-75%

Figura 9.

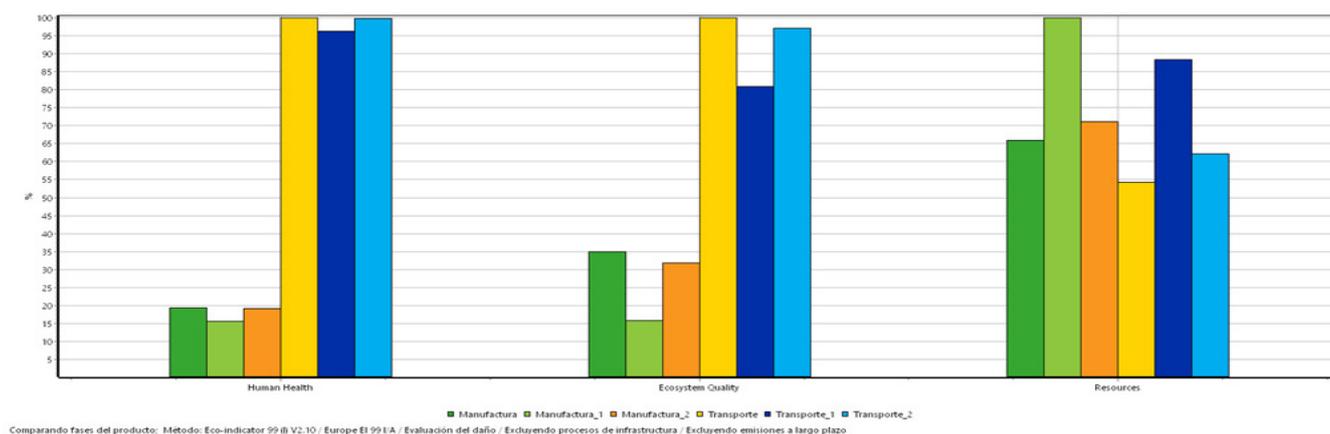
Categorías de impacto en la comparación del envase actual y las dos alternativas en la producción y transporte



en [23], así mismo, por medio de gráficas evidencian mínimos efectos en el potencial de calentamiento global, acidificación y eutrofización con respecto a la producción de polietileno de alta densidad desde la extracción de materias primas hasta la fabricación de las bolsas, demostrando así el ecodiseño en tres fases del ciclo de vida; la extracción, manufactura y la disposición final.

Es por ello que se calcula el indicador de rendimiento de la Eq. 5 para la estrategia ya ejecutada y se presenta en la tabla 2 en la cual se visualiza su magnitud para las bolsas fabricadas en PEAD y las bolsas oxobiodegradables, y la columna titulada % corresponde al porcentaje de cambio de la alternativa con respecto al empaque actual. De allí se puede determinar que los indicadores de rendimiento clave no se pueden calcular fácilmente debido a que el reciclaje y reutilización de las bolsas plásticas en PEAD y oxobiodegradables son conceptos sostenibles que no se aplican y es necesario recurrir a la literatura para hallar un dato numérico. No obstante, según los valores obtenidos si existiese una comunicación asertiva entre los consumidores y las empresas transformadoras de plástico, todas las bolsas de este tipo podrían ser convertidas en materia prima para producir más bolsas plásticas u otros objetos cuyo insumo sea este material. Igualmente, en lo que se refiere a la reutilización el valor consignado en la tabla es un número de veces estimado que cada bolsa podría ser reusada, sin embargo, en las bolsas oxobiodegradables hay que tener en cuenta diversos factores que permitan esta acción, pues las condiciones del ambiente afectan el proceso de degradación (ver Tabla 2).

Adicionalmente, se utilizó el software SimaPro para comparar tres escenarios de las bolsas de punto de pago en tres fases del ciclo de vida; manufactura, transporte y disposición. En este caso se contrastó el uso de una bolsa hecha en polietileno de alta densidad convencional, una bolsa de polietileno de alta densidad fabricada a partir de plástico reciclado (en las gráficas estará determinado con el número 1) y la bolsa oxobiodegradable implementada por Compañía Pesquera del Mar S.A.S. (se podrá visualizar en las gráficas con el número 2). Es por lo anterior, que el análisis se ejecutó por cada fase del ciclo de vida, en la figura 9 se muestran las categorías de impacto de los tres escenarios en el proceso de manufactura y transporte en el cual es evidente los efectos con relación al transporte ya que en siete de las diez categorías supera el 90% de incidencia, así pues, en la categoría de sustancias cancerígenas se puede evidenciar un impacto similar entre la manufactura y el transporte, siendo relevante que la estrategia de utilizar polietileno de alta densidad reciclado para la fabricación de bolsas tiene una disminución mínima para este impacto, valorando el hecho de que no es necesario extraer materias primas nuevamente para la producción, por lo que el uso de sustancias tóxicas cancerígenas se reduce en pequeñas proporciones. Por otra parte, en la categoría del uso del suelo y minerales se concluye que los impactos generados por ambas etapas consideradas dentro del ciclo de vida son superiores a los daños generados por el transporte, es decir, en la manufactura de las bolsas de punto de pago se consideran la transformación de hábitats naturales y expansión industrial para la extracción de materias primas,

Figura 10.
Categorías de daño en la comparación del envase actual y las dos alternativas en la producción y transporte


los cambios producidos por las tecnologías en la calidad del suelo, cómo disminuye la fertilidad y funcionalidad para otros procesos biológicos y el posterior daño a los ecosistemas, en el caso de los minerales la gráfica tiene tendencias similares y sobresalen los porcentajes para la alternativa que usa PEAD reciclado, siendo este un caso inesperado ya que esta categoría es donde se tiene en cuenta la extracción de minerales y combustibles fósiles, a pesar de ello, puede ser válido el hecho que el PEAD reciclado tenga que ser transportado hasta las empresas transformadoras de plástico, lo cual incrementa la utilización de recursos fósiles. Asimismo, es importante analizar la categoría de ecotoxicidad ya que allí hay un impacto mayor en la producción de bolsas con PEAD virgen y las bolsas oxobiodegradables con 37% y 31%, respectivamente, situación similar al de transporte donde las estrategias inmediatamente mencionadas alcanzan un 98% y 95%, debido a que la ecotoxicidad está medida como el desplazamiento de un contaminante a través de un compartimento ambiental entendido como aire, suelo, agua superficial o agua subterránea por lo que la emisión de material particulado, compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de azufre y demás contaminantes producto de los vehículos es aquello que se ve reflejado en la magnitud del impacto (ver Figura 9).

Ahora bien, en la figura 10 se observan las categorías de daño, inicialmente se evalúa lo presentado en la salud humana que es consecuencia de los efectos como cambio climático, disminución de la capa de ozono, radiación ionizante y efectos cancerígenos y respiratorios, de manera que hay un mayor impacto en el transporte, debido a las razones anteriormente expuestas y en la producción, al igual que en las categorías de impacto, se observan porcentajes alrededor del 20% en el que los años de vida perdidos por enfermedad y la duración de estas están directamente relacionadas con los problemas respiratorios producidos por sustancias orgánicas e inorgánicas y las

sustancias cancerígenas. En ese orden de ideas, la calidad de los ecosistemas está influenciada por la ecotoxicidad, acidificación, eutrofización y el uso del suelo, es por ello que en la producción los impactos no superan el 35% y el caso de la alternativa con PEAD reciclado tiene un impacto significativamente inferior a los demás debido a que las emisiones de gases y vertimientos industriales, cuando se fabrica una bolsa a partir de PEAD reciclado en comparación con PEAD virgen o en su defecto una oxobiodegradables, son mucho menores ya que no se debe partir del hecho de extraer la materia prima. Es por lo anterior, que en la categoría de recursos la etapa de producción posee un mayor impacto con relación al transporte, presentando el mismo escenario que en las categorías de impacto, donde el uso de PEAD reciclado tiene un mayor impacto y se le atribuye al transporte adicional a las empresas transformadoras de plástico para la producción de otros objetos (ver Figura 10).

Por último, la etapa de disposición al ser modelada en el software SimaPro no se observa una variación significativa debido a que la reciclabilidad de las bolsas en Colombia es relativamente baja, como se pudo observar en el índice de rendimiento clave, por consiguiente, luego de que las bolsas de punto de pago se utilizan un par de veces se disponen, llegando a un relleno sanitario donde tardan en degradarse aproximadamente 150 años en el caso de las bolsas convencionales ya sea fabricadas de PEAD virgen o reciclado, no obstante, es para la bolsa oxobiodegradable una ventaja sobre las otras dos que su tiempo de degradación sea mucho menor, el cual tarda doce meses en cumplir con este proceso bajo condiciones ideales y según la información del proveedor de Compañía Pesquera del Mar S. A. S en un sitio de disposición final de este tipo la eliminación del material cumple con este período, a pesar de ello, en el instrumento tecnológico no fue posible diferenciar el tiempo de degradación del material siendo esto un impedimento para mostrar las gráficas en el presente estudio.

4. CONCLUSIONES

La selección de estrategias de ecodiseño para envases y empaques se lleva a cabo en función de los materiales empleados en el envase primario, secundario o terciario; sus dimensiones, peso y funcionalidad se definen de acuerdo con el escenario actual ya que allí se presentan las problemáticas relacionadas con el impacto ambiental que generan como en la extracción de recursos naturales o la disposición final. De esta manera, se reconocen las etapas del ciclo de vida de cada envase y empaque con el fin de formular objetivos dirigidos a la aplicación de economía circular, sin olvidar las metodologías de evaluación que posteriormente facilitarían la elección de una alternativa sostenible, como lo son los indicadores de rendimiento clave y las categorías daño-impacto del software SimaPro. Por consiguiente, una vez analizadas las alternativas de Pesquera Mar Adentro por medio de los indicadores de rendimiento clave y la visualización de los impactos generados en SimaPro se puede concluir que la Alternativa 1 es una opción sencilla de implementar y a pesar de que no trae grandes beneficios ambientales estaría constituyéndose como una ventaja económica, en principio, porque el personal que empaca el producto tardaría menos tiempo, reflejándose en la productividad de la empresa y en la compra de cajas de cartón. Por el contrario, la alternativa 2 involucra cambios importantes para el medio ambiente, lo que conlleva a brindar un valor agregado a la empresa por la preservación de los recursos naturales, la calidad de los ecosistemas y la salud pública, fomenta el aprovechamiento de los materiales y evita el uso de otros perjudiciales tanto en su producción como disposición, así mismo, se obtienen beneficios en términos monetarios ya que se elimina el uso de poliestireno expandido y las tres cajas de cartón (dos cajas para doce latas de carne de jaiba y una caja para contener estas dos), cambiando por una única caja, la cual además de cumplir con la refrigeración del producto, tiene un tiempo de empaque menor.

En lo que se refiere a la empresa Compañía Pesquera del Mar S. A. S, se pueden visualizar varios aspectos de disminución de impactos según las alternativas que se planteen, para ello se debe tener en cuenta cuáles de las estrategias tienen una mayor incidencia y jerarquizar las categorías a partir de los aspectos clave que la empresa desee mejorar. De modo que, cambiar de bolsas de punto de pago en PEAD a bolsas oxobiodegradables constituye un beneficio para las etapas de manufactura y transporte ya que la utilización de menor cantidad de materia prima plástica favorece el cuidado de los ecosistemas y la salud pública; no obstante, la problemática principal es el destino de los productos, realmente debe existir un cambio de pensamiento en cuanto al consumo y la decisión que el consumidor toma una vez que finaliza la vida útil de aquello que compró.

Por lo dicho anteriormente, el reto de las empresas que aún optan por emplear bolsas de punto de pago de

pocos usos es informar a sus clientes la posibilidad de reciclar las bolsas que adquieren, de esta forma, la responsabilidad es compartida y tanto el usuario como la compañía pueden ejercer el concepto de economía circular al cual se requiere hacer una transición, esto implica la identificación de organizaciones que recolectan estos productos y sean conducidos a un sitio de transformación; en ese sentido, utilizar bolsas de punto de pago fabricadas a partir de PEAD reciclado permite cerrar el ciclo del plástico, sin necesidad de extraer materias primas que, además de contaminar en la etapa de manufactura, pueden tener una incidencia mayor al momento de disponerlas como se observaba en las categorías de impacto y daño.

Por consiguiente, para Compañía Pesquera del Mar S. A. S, continuar con el uso de bolsas oxobiodegradables es una opción válida ya que como se observó hay una disminución en los impactos, de manera que debe tener conocimiento de las futuras directrices de las autoridades ambientales en materia del tipo de plástico actualmente empleado, y si se hace necesario evaluar la viabilidad de utilizar bolsas plásticas producidas con material reciclado, no solo para evitar la extracción de materias primas, sino buscar estrategias que promuevan en sus consumidores la recolección de estos empaques, donde las personas que compran productos de esta compañía únicamente adquieran bolsas de punto de pago si es realmente necesario, de lo contrario el uso de una bolsa plástica menos coopera en la disminución de impactos negativos en el ambiente a lo largo del ciclo de vida.

REFERENCIAS

- [1] O. Avella, «Empaques, envases y embalajes: una propuesta normativa», *Tecnogestión: una mirada al Ambiente*, pp. 1-10.
- [2] M. C. Martínez, *La problemática de la cultura del empaque: del diseño centrado en el consumo, al diseño centrado en la función ambiental*, Editorial Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad de Colombia.
- [3] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Resolución 1407 de 2018» [Online], 2018. Disponible en <https://www.andi.com.co/Uploads/RES%201407%20DE%202018.pdf>
- [4] Ihobe & Ecoembes, *Guía de ecodiseño de envases y embalajes*, País Vasco, 2017.
- [5] J. Maderna-Fernández, S. Pérez-Canto y J. C. Rubio-Romero, «Norma ISO 14006 como guía para el ecodiseño», *Escuela Técnica Superior de Ingeniería industrial de la Universidad de Málaga*, vol. 88, 2013.
- [6] A. Bala y P. Fullana, «Diagnóstico ambiental y eco-etiquetas» [Online], Ecoembes, Madrid, 2016. Disponible en <https://www.ecoembesthecircularcampus.com/web/app/uploads/2021/01/>

- diagnosis-ambiental-y-ecodiseño.pdf
- [7] D. S. Smith. (2019). «Ventajas del cartón para el medio ambiente» [Online]. Disponible en <https://www.dssmith.com/es/tecnicarton/sobre-tecnicarton/noticias/2019/6/ventajas-del-carton-para-el-medio-ambiente>
- [8] N. García, *Evaluación del impacto ambiental de la aplicación de un plan de gestión posconsumo de poliestireno expandido (EPS) utilizado en el envase de alimentos en Colombia*, Tesis, Universidad EAN, Bogotá, 2019.
- [9] Envolvert (2020). ¡No más icopor! [Online]. Disponible en: <https://envol-vert.org/es/actualidades/2020/04/avianca-aterriza/>
- [10] Interplásticos. «Bolsas plásticas oxo-biodegradables» [Online]. Disponible en <https://www.interplasticos-colombia.com/bolsas-oxo-biodegradable>
- [11] J. M. Rodrigues da Luz, S. Albino-Paes, M. Días-Nunes, M. Soares da Silva, M.C. Megumi-Kasuya, «Degradation of oxo-biodegradable plastic by pleurotus ostreatus» [Online], 2013. Disponible en <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0069386>
- [12] Villapack. «¿Qué diferencias hay entre el plástico oxobiodegradable y oxodegradable?» [Online]. Disponible en <https://www.vilapack.com/embalaje/diferencias-plastico-oxodegradable-oxobiodegradable>
- [13] Unión Europea, *Diario oficial de la Unión Europea* [Online], Directiva (UE) 2019/904, 2019. Disponible en <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904&from=EN>
- [14] Foundation Ellen MacArthur, *Oxo-degradable plastic packaging is not a solution to plastic pollution, and does not fit in a circular economy* [Online], 2019. Disponible en <https://ellenmacarthurfoundation.org/oxo-statement>
- [15] DANE, «Hoja metodológica de indicadores cuenta satélite ambiental» [Online], Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/indicadores/cuenta-ambiental-y-economica-de-flujo-de-materiales/tasa-reciclaje/hm-tasa-reciclaje.pdf
- [16] S. Capuz y T. Gómez, *Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*, 1.ª ed. Valencia, España: Alfaomega Grupo Editor, 2014, pp. 118-123.
- [17] L. Mertens, «Formación y productividad. Guía Simapro» [Online], 2009. Disponible en https://www.oit-simapro.org/uploads/3/1/9/0/31906627/gua_simapro.pdf
- [18] J. J Pinzón. (2020). «Selecciona las mejores bibliotecas en Simapro para tu producto». [Vídeo]. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=vEo3z6IBm-3M&list=PLAeb4cG5MKrTmUzszPITFFnEPTOdcReftW&index=6>
- [19] Interreg V Sudoe, «La evaluación de impactos de ciclo de vida» [Online]. Disponible en <https://4.interreg-sudoe.eu/contenido-dinamico/libreria-ficheros/DF9B203F-0C54-CE12-C317-F543B066088A.pdf>
- [20] Cartonlab (2022). «Tipos de cartón y cómo diseñar con ellos» [Online]. Disponible en <https://cartonlab.com/blog/tipos-de-carton-aplicaciones/>
- [21] Smurfit Kappa (2022). «ThermoBox – empaque térmico». Disponible en <https://www.smurfitkappa.com/co/products-and-services/packaging/thermobox>
- [22] Pontificia Universidad Católica de Perú (2018, junio, 11). «Las bolsas biodegradables no son la solución» [Online]. Disponible en <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/las-bolsas-biodegradables-no-son-la-solucion/>
- [23] The Association of Plastic Recyclers [APR], «Life cycle impact for postconsumer recycled resins: PET, HDPE, and PP», Eastern Research Group.