

# Capítulo 4

---

## Propuesta de innovación sostenible, después de la pandemia

*Dr. Lucio Guzmán Mares<sup>7</sup>*

*Dra. Ma. Soledad Castellanos Villarruel<sup>8</sup>*

*Dra. María Elvia Edith Alanis Pérez<sup>9</sup>*

<https://doi.org/10.61728/AE20240127>

---

<sup>7</sup> Doctor en Proyectos de Ingeniería e Innovación por la Universidad Politécnica de Valencia, España. Centro Universitario de la Ciénega de la Universidad de Guadalajara. Correo: [lucio.guzman@academicos.udg.mx](mailto:lucio.guzman@academicos.udg.mx)

<sup>8</sup> Doctora en Cooperación y Bienestar Social por la Universidad de Oviedo, España. Centro Universitario de la Ciénega de la Universidad de Guadalajara. Correo: [ma.castellanos@academicos.udg.mx](mailto:ma.castellanos@academicos.udg.mx)

<sup>9</sup> Doctora en Cooperación y Bienestar Social por la Universidad de Oviedo, España. Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades correo: [Elvia.alanis@academicos.udg.mx](mailto:Elvia.alanis@academicos.udg.mx)

## **Introducción**

Este proyecto hace hincapié en la utilización del lirio acuático para la elaboración de papel. La idea surgió para dar respuesta a la problemática que genera la presencia del lirio en cuerpos de agua, con efectos finales sobre los sistemas hidrológicos y la ecología en general, en especial nitrógeno y fósforo, que acompañan las descargas de aguas residuales, y que contribuyen a la aceleración masiva del proceso de envejecimiento del agua, conocido como eutrofización.

## **Objetivo**

Evaluar y comparar los daños e impactos ambientales mediante la realización de un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del Green Paper (papel a base de lirio acuático) versus Papel Convencional (Papel Bond).

## **Desarrollo**

En tiempos de pandemia se impartió la materia de *Ingeniería de Diseño e Innovación en la Evaluación de Impactos* y con trabajo en equipo con estudiantes de la Carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Ocotlán, se diseñó el proceso de elaboración de papel con lirio, considerando la Rueda Estratégica de Ecodiseño (LIDS). Aplicando la metodología de ACV, de la norma ISO 14040:2006 y uso del *software SimaPro*, se logró determinar cuál de ellos supone mayor afectación al medioambiente.

## **Conclusiones**

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que: una hoja de papel convencional impacta al medioambiente 4.75 veces más que una hoja hecha a base de lirio. Obteniendo mejoras ambientales globales del Green Paper de 61.45 % en la evaluación por categoría de impactos y un 78.95 % en la evaluación por categoría de daños, con respecto al Papel Bond.

## 1. Introducción

Este proyecto hace hincapié en la utilización del lirio acuático para la elaboración de algo que es muy útil en la vida diaria; el PAPEL. La idea surgió gracias a la problemática que genera la presencia del lirio en cuerpos de agua ya que se reconoce que la proliferación del lirio obedece al aporte artificial de nutrientes y materia orgánica, con efectos finales también sobre los sistemas hidrológicos y la ecología en general, en especial nitrógeno y fósforo, que acompañan las descargas de aguas residuales, y que contribuyen a la aceleración masiva del proceso de envejecimiento de los cuerpos de agua, conocido como eutrofización.

Después de la realización del proyecto es importante conocer el impacto ambiental que genera el ecoproducto con respecto a uno convencional, para validar si este producto realmente favorece y disminuye el daño al medioambiente, y si la aplicación de la metodología de Análisis del Ciclo de Vida permite evaluar las cargas ambientales asociadas a cada producto para luego compararlas.

Ante las restricciones que marca la Secretaría del Medio Ambiente en el establecimiento de explotaciones forestales para producir papel, los industriales ven en esta innovación una salida, que además resulta más económica con respecto a la que brinda la celulosa extraída de los árboles. Además que, el exceso de lirio acuático en cuerpos de agua, genera un grave desequilibrio ambiental en el capital hídrico del municipio. Sostenidas por raíces esponjosas, las plantas de lirio viven más de 2 años y provocan graves problemas a los ecosistemas de agua dulce porque impiden el paso de la luz hacia los niveles inferiores de lagos y ríos, al mismo tiempo de que consumen grandes cantidades de oxígeno durante su descomposición. Por lo anterior, expresada dicha problemática, se convierte en una oportunidad de innovación sostenible al realizar esta propuesta como una manera de utilizar esta plaga para bien, elaborando con ella papel que se puede utilizar como cualquier otro, coadyuvando así, a la disminución o eliminación de la plaga y ayudando al control del lirio acuático, muy necesario para eliminar los efectos adversos de la maleza sobre el ambiente y la salud pública.

## 1.1. Objetivos

El propósito general es evaluar y comparar los daños e impactos ambientales mediante la realización de un ACV del Green Paper (papel a base de lirio acuático) versus papel convencional (Papel Bond). Con los objetivos específicos que son: realizar el diagrama de proceso de elaboración del papel a base de lirio, elaborar la ficha técnica del producto, analizar el papel de lirio aplicando la rueda de estrategias de ecodiseño, aplicar la metodología ACV al producto innovado propuesto, utilizar el software especializado en evaluación de impactos ambientales y finalmente presentar el análisis y discusión de los resultados obtenidos.

## 2. Estado del arte del lirio

Rodríguez (2002), en su publicación “Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión”, en la revista *agronomía mesoamericana*. Hace un extenso estado del conocimiento sobre el lirio, del cual parafraseo literal un pequeño extracto:

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), es una monocotiledónea de la familia *Pontederiaceae* (Patel, 2012), de agua dulce, originaria de la cuenca del Amazonas y naturalizada en los países tropicales y subtropicales de América del Sur. Esta planta ha invadido África, Asia y América del Norte (Gao y Li, 2004). Como especie invasora presenta múltiples peligros, que van desde los ecológicos y económicos, hasta los sociales (Patel, 2012). Su reproducción vegetativa y rápida tasa de crecimiento (Havel et al., 2015), provoca que impacte el flujo de agua, bloquee la luz solar y evite que llegue a las plantas acuáticas nativas, lo que conlleva a una disminución del oxígeno, alteración de la estructura y función del ecosistema e interrupción de la cadena alimentaria y el ciclo de nutrientes (Bhattacharya y Pawan, 2010; Khanna et al., 2011). Es una especie con alta capacidad adaptativa y reproductiva, ha sido clasificada dentro de las 100 malezas más invasoras del mundo (Nesslage et al., 2016). Su crecimiento acelerado contribuye al fenómeno de eutrofización de los cuerpos de agua y su lenta descomposición genera malos olores y bajo nivel de higiene, lo cual ocasiona que dichas aguas no sean aptas para el consumo (Gaertner et al., 2016).

El lirio puede tolerar amplias variaciones en la concentración de nutrientes, en la temperatura y en los niveles de pH. El pH óptimo para su desarrollo se encuentra entre 6 y 8; crece en un rango de temperatura que va de 1 hasta 40 °C, parece que es sensible a temperaturas menores de 1 °C. Su desarrollo óptimo se encuentra entre 25 y 27,5 °C (Malik, 2007) y a temperaturas mayores a 33 °C se reduce su tasa de reproducción (Gakwavu et al., 2012). El crecimiento del lirio acuático se ve favorecido con el nitrógeno (Heard y Winterton, 2000). Altas concentraciones de sal (6-8 %) tienen efecto letal inhibitorio para su crecimiento (Malik, 2007). Además, una baja humedad relativa del aire (15-40 %) puede ser un factor limitante para su crecimiento (Gakwavu et al., 2012).

El lirio se considera una maleza nociva, provoca un fuerte impacto al ambiente, a la salud humana y al desarrollo económico (Malik, 2007). Ha invadido los sistemas de agua dulce en los cinco continentes y, según los modelos de cambio climático, su distribución puede expandirse a latitudes más altas a medida que aumentan las temperaturas (Hellmann et al., 2008; Rahel y Olden, 2008; Rodríguez-Gallego et al., 2004). Sin embargo, esta maleza es considerada un recurso de inmenso potencial. La enorme biomasa se ha empleado en el tratamiento de aguas residuales, la remediación de metales pesados, la eliminación de tinte, como fuente de biocombustible, en la generación de electricidad, las industrias, en alimentos humanos y antioxidantes, en medicamentos, en la alimentación animal, la agricultura, la alelopatía y la fabricación de artículos del hogar (Patel, 2012).

### 3. Marco teórico

En este apartado se presenta la definición de innovación así como una comparativa, en sus fases y etapas, de las principales metodologías de innovación y ecodiseño, considerando (como complemento de aplicación) la rueda estratégica del ecodiseño para el diseño y fabricación del papel. Además de un enfoque general de la metodología de ACV y una introducción al Simapro.

### 3.1. Innovación

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en su Manual de Frascati (1994), define a la innovación como: “la transformación de una idea en un producto o servicio comercializable, un procedimiento de fabricación o distribución operativo, nuevo o mejorado, o un nuevo método de proporcionar un servicio social”. En este caso, el concepto va claramente ligado a la innovación empresarial. Así que existen multitud de definiciones y explicaciones del término innovación, ligados al ámbito económico, sociológico, etc., pero todas tienen implícito que:

Innovar significa introducir modificaciones en la manera de hacer las cosas, para mejorar el resultado final. Así, una innovación puede ser desde una acción sobre el precio de un artículo para conquistar un mercado, hasta la mejora de un producto antiguo o el descubrimiento de un nuevo uso para un producto ya existente. (González, 2006)

### 3.2. Ecodiseño

El ecodiseño es una estrategia global, y desde el inicio, ligada a la innovación y a las nuevas culturas de organización del trabajo, que utiliza la participación interdisciplinaria de todos los departamentos en el proceso de desarrollo de los ecoproductos. Este proceso puede cambiar al asociar el ecodiseño a la innovación y a la ecoeficiencia (reducción de los impactos ambientales y de los gastos del proceso productivo) (Rieradevall et al., 2010). El concepto *Design for Enviromental* (DfE) o Ecodiseño que se originó en el año de 1992 en los EE. UU., como resultado de los esfuerzos de algunas importantes firmas electrónicas que incorporaron la concienciación medioambiental al desarrollo de sus productos. “Diseño para el medioambiente” es la denominación clásica que aparece en la bibliografía estadounidense. En Europa se suele optar por “Ecodiseño”, o como término intermedio “diseño respetuoso (o consciente) con el medioambiente”. Fiksel (1997) lo define como:

“Una consideración sistematizada de la función del diseño en relación con objetivos medioambientales, de salud y seguridad a lo largo del ciclo de vida completo de productos y procesos”.

### 3.3. Principales metodologías de ecodiseño e innovación sostenible

Existen diferentes metodologías para la realización de diseño de productos; sin embargo, no todas consideran de manera sistemática los aspectos y criterios medioambientales, de salud y seguridad que conllevan a la innovación tecnológica ambientalmente integrada. La tabla 1 presenta algunas de las principales metodologías que se han aplicado en productos y servicios en procura de alcanzar la sostenibilidad en ellos.

**Tabla 1.** Comparación de fases y etapas de metodologías de ecodiseño e innovación sostenible

<b>BREZET (PROMISE) 1997</b>	<b>CEGESTI 1999</b>	<b>IHOBE 2000</b>	<b>UNE EN ISO 14006 2011</b>	<b>GUZMÁN 2005</b>	<b>IneDIC 2011</b>
Organización del proyecto de ecodiseño.	Organización y estrategia empresarial.	Preparación del proyecto.	Planificación.	Planificación.	Planificación del proyecto de ecodiseño.
Selección de producto.	Elegir el producto.				Análisis del proyecto.
Establecimiento de las estrategias.	Análisis del producto.	Aspectos ambientales.			Definición de la estrategia de ecodiseño para el producto.
Generación y selección de ideas.	Creación de nuevas ideas.	Ideas de mejora.			Concepto de producto.
Detalle del concepto.	Detallar el concepto.	Desarrollo de conceptos.	Implantación y operación.	Implantación.	Detalle del producto.
		Producto en detalle.			

<b>BREZET (PROMI- SE) 1997</b>	<b>CEGESTI 1999</b>	<b>IHOBE 2000</b>	<b>UNE EN ISO 14006 2011</b>	<b>GUZMÁN 2005</b>	<b>IneDIC 2011</b>
Comunica- ción y lan- zamiento.	Evaluar los resultados.	Plan de acción.	Verifica- ción.	Evaluación.	Producción y lanza- miento.
		Evaluación.			Evaluación de producto y proyecto.
Seguimien- to.			Revisión por la direc- ción.	Gestión de mejora.	Actividades de segui- miento.

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Rueda estratégica de ecodiseño

Las posibles estrategias de mejora medioambiental de un producto, dentro del marco del DfE, son muy diversas. Una de las clasificaciones más complejas y estructuradas de dichas posibilidades es la elaborada por el Profesor Van Hemel. En ella, los caminos posibles que una empresa puede seguir para aplicar la filosofía de DfE se agrupan en ocho estrategias (Figura 1), cada una de las cuales se subdivide en varios principios. No se trata de una herramienta de ayuda a la toma de decisiones si no de una fuente de ideas para que el diseñador aborde los problemas medioambientales de sus productos. El criterio de clasificación ha sido agrupar los principios en grupos de decisiones más o menos simultáneas a lo largo del proceso de desarrollo del producto, y ordenar las estrategias conforme a las fases del ciclo de vida del producto (Capuz y Gómez, 2003).

Figura 1. Rueda estratégica de ecodiseño.



Fuente: Brezet, 1997.

### 3.5. Descripción general de la metodología del ACV

El ACV, tal y como se define en la norma ISO 14040 (2006):

“Recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del productos a través de su ciclo de vida”.

Las categorías generales de impactos medioambientales que precisan consideración incluyen el uso de los recursos naturales, la salud humana y las consecuencias ecológicas (categorías de daño). Un ACV completo incluye las siguientes fases (ver figura 2):

### 3.5.1. Definición del objetivo y el alcance:

La aplicación pretendida, las razones para realizar el estudio y el destinatario previsto.

### 3.5.2. Análisis de Inventario (AICV):

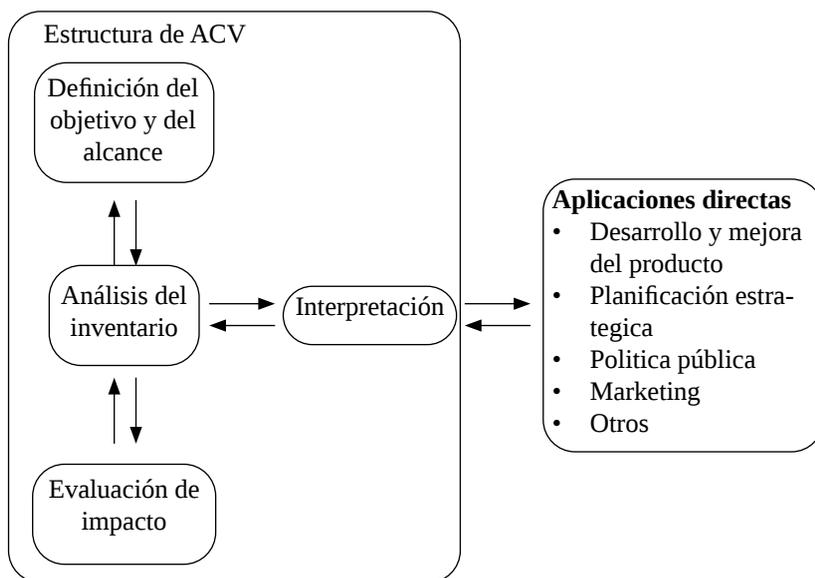
Comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema del producto.

### 3.5.3. Evaluación de impacto (EICV):

Se evalúa la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados del análisis de inventario de ciclo de vida. La estructura de esta fase viene determinada por la normativa de la norma ISO 14042, distinguiendo entre elementos obligatorios y elementos opcionales. Los elementos considerados obligatorios son: 1. Selección de categorías de impactos, indicadores de categorías y modelos, 2. Asignación de los resultados del AICV, Clasificación y 3. Cálculo de indicadores de categoría, Caracterización. Los elementos opcionales son: 1. Normalización, 2. Agrupación y 3. Ponderación.

### 3.5.4. Interpretación de resultados:

Conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones, de forma consistente con el objetivo y alcance definidos.

**Figura 1.** Fases de un Análisis de Ciclo de Vida.

Fuente: Adaptada de ISO 14040:2006, p. 7.

### 3.6. Descripción general del SimaPro

SimaPro es un programa desarrollado por la empresa holandesa PRé Consultants (1999), que permite realizar ACV, mediante el uso de bases de datos de inventario propias (creadas por el usuario) y bibliográficas (Ecoinvent, BUWAL, IDEMAT, ETH, IVAM.). SimaPro es el software líder para el análisis de ciclo de vida de diferentes productos, que puede ser empleado por la industria, investigadores y estudiantes. Este software es una herramienta para identificar, analizar y hacer seguimiento a la sostenibilidad de productos y servicios. El programa contiene diferentes métodos para el análisis de ciclo de vida, que sirven para calcular los resultados del análisis o evaluación de impactos. En general la estructura básica de los métodos que se pueden emplear en SimaPro es la siguiente:

1. Caracterización.
2. Evaluación de daños.

3. Normalización.
4. Ponderación.
5. Adición (puntuación única) (Ramírez, Ruíz y Vélez. 2014).

Principales aplicaciones de SimaPro relacionadas con el ACV:

1. Valoración de huella de carbono.
2. Valoración de huella hídrica.
3. Monitoreo de desempeño ambiental.
4. Diseño de productos y ecodiseño.
5. Declaraciones ambientales de productos.
6. Presentación de informes ambientales.
7. Determinación de indicadores de desempeño clave.

## **4. Metodología**

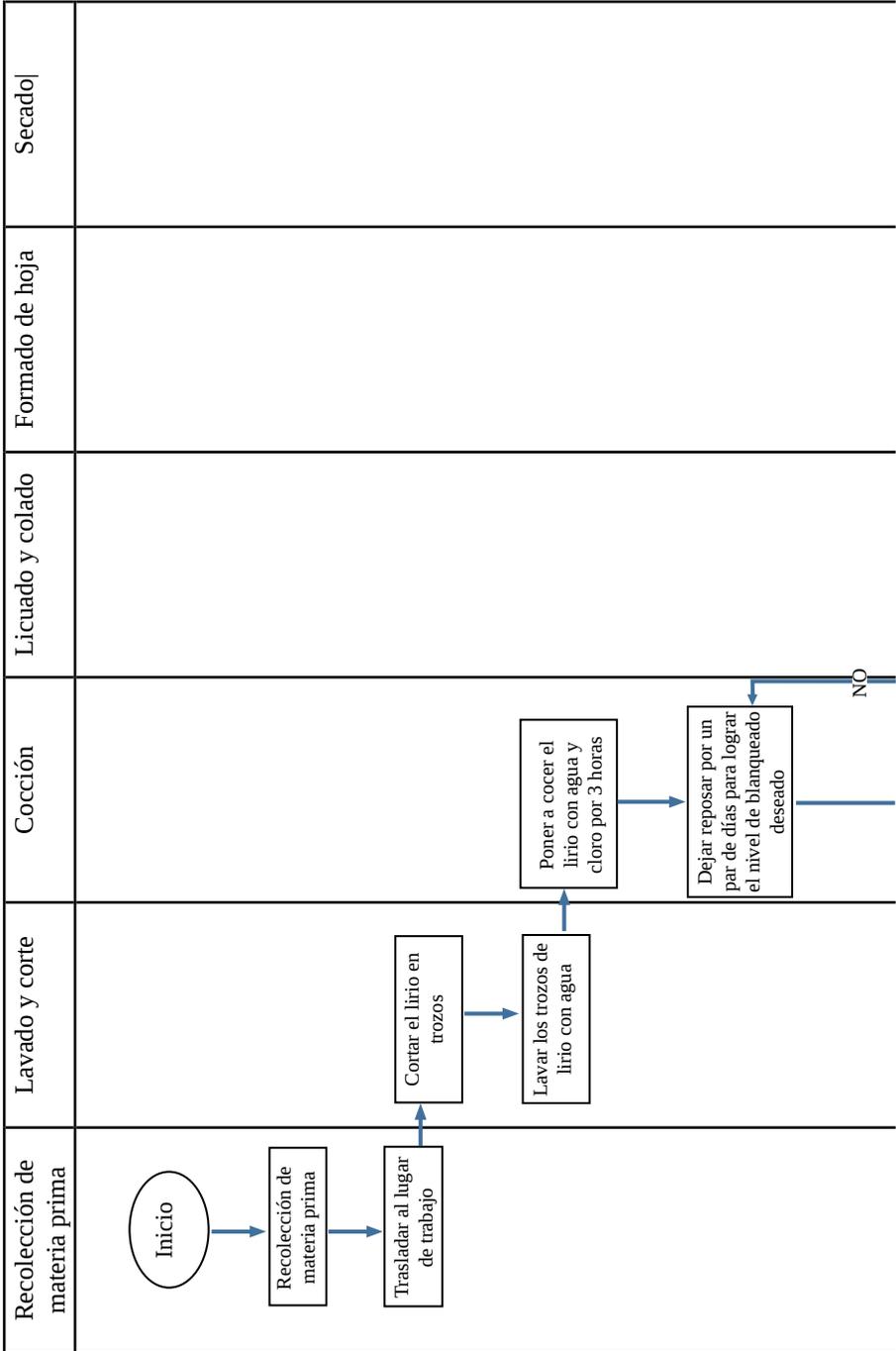
La metodología utilizada en este proyecto es la que engloba cada una de las metodologías descritas en el apartado anterior: ecodiseño e innovación, rueda estratégica de ecodiseño, ACV y SimaPro. En primer lugar, se realizó un análisis comparativo de metodologías diseñadas para lograr innovaciones sostenibles en productos, seguidamente se aplicó la rueda estratégica de ecodiseño al producto seleccionado, realizando el proceso de elaboración del papel. Finalmente, se desarrollaron las cuatro fases de la metodología de ACV apoyada con el SimaPro, obteniendo la evaluación de daños e impactos ambientales de cada producto mediante gráficos que especifican claramente el daño, por proceso unitario, al medioambiente. Una vez obtenidos los gráficos, se realizó la interpretación de cada uno de ellos de donde se desprenden las principales conclusiones de este capítulo.

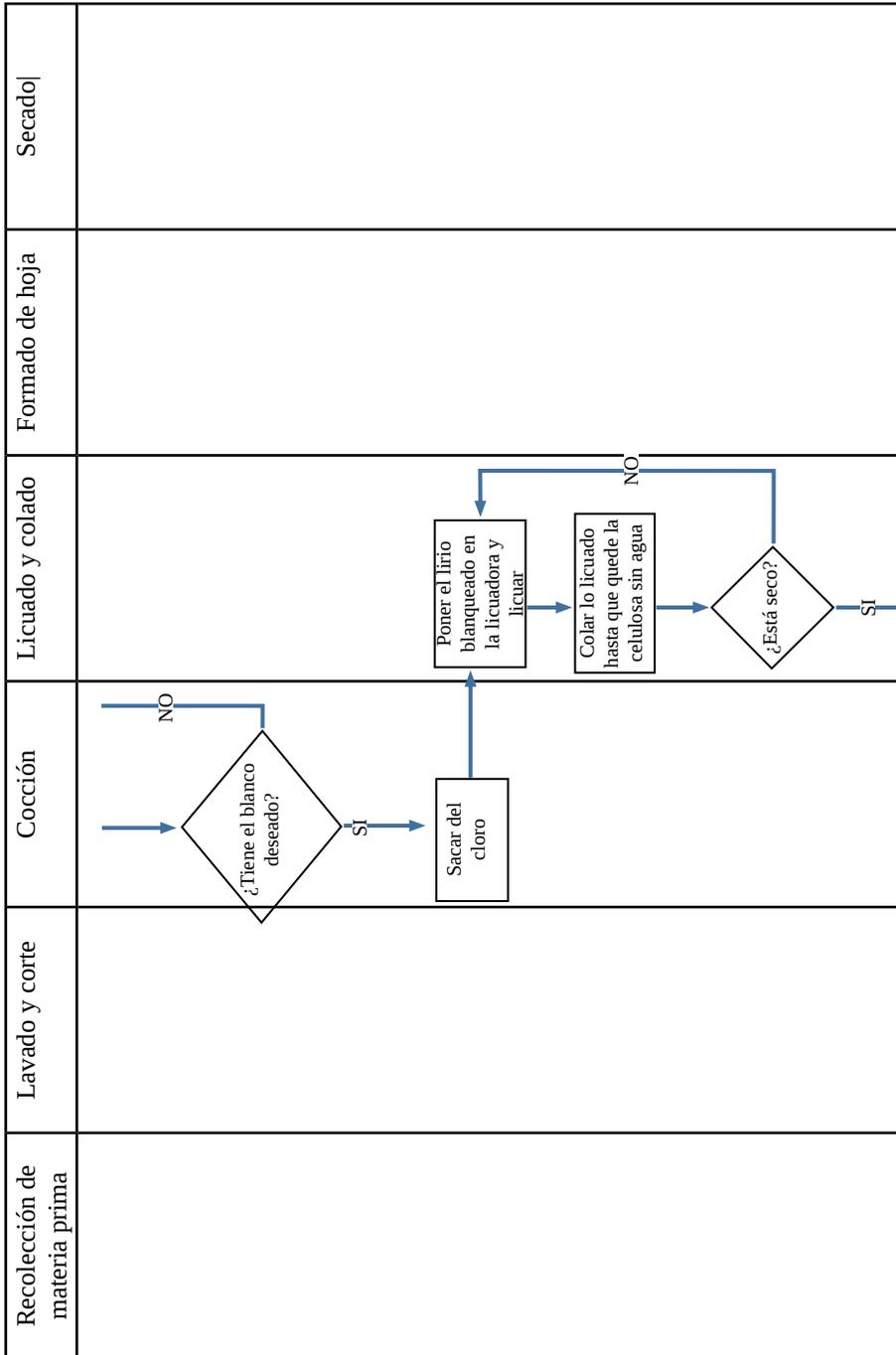
El siguiente apartado de resultados, presenta la información obtenida con base en la metodología antes descrita.

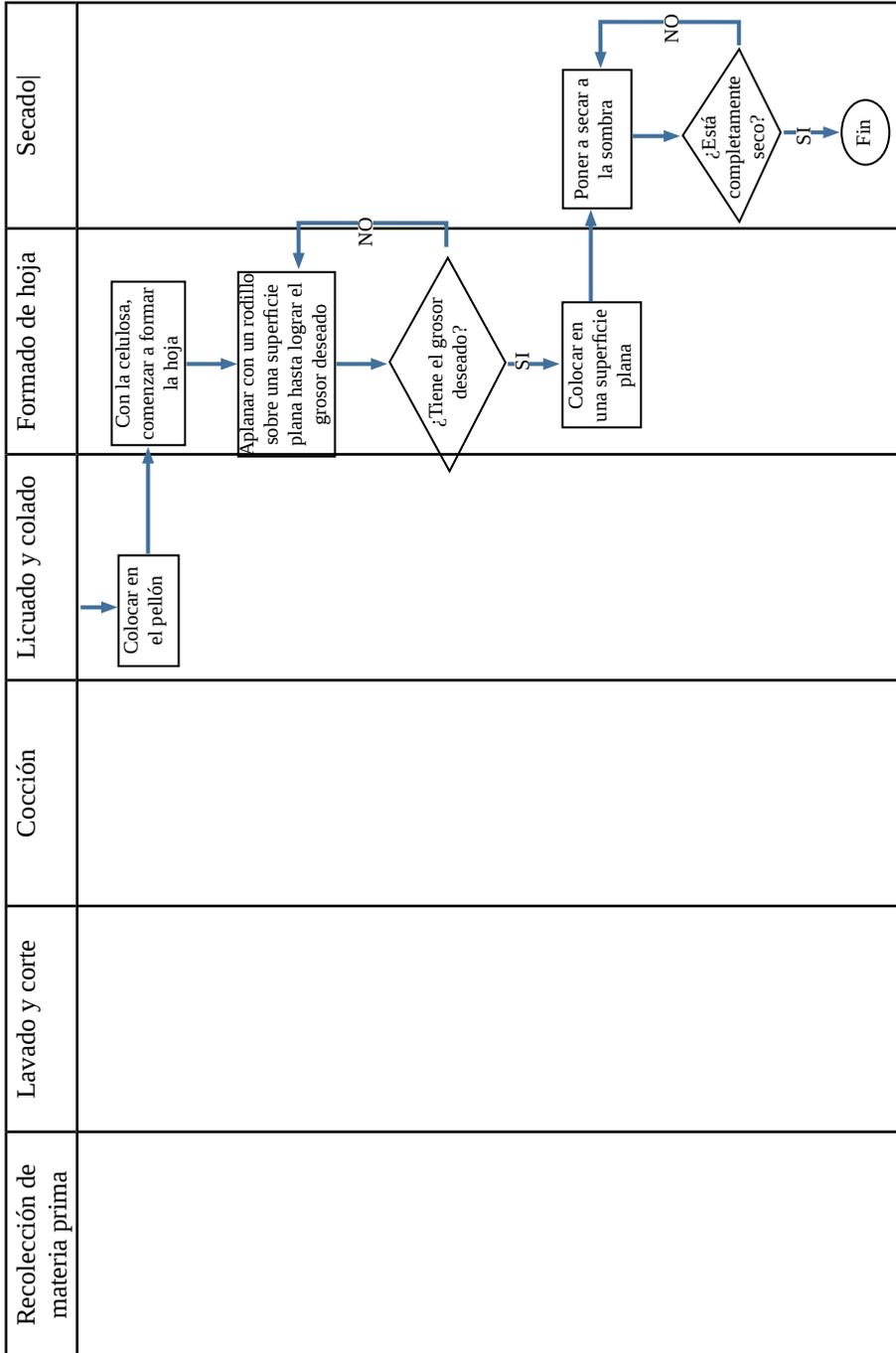
## **5. Resultados y discusión**

### **5.1. Proceso de elaboración del papel a base de lirio**

**Tabla 2.** Diagrama de flujo para la elaboración de Green Paper.







Fuente: elaboración propia.

## 5.2. Rueda estratégica de ecodiseño

Tabla 3. Estrategias empleadas en la elaboración de Green Paper

Elaboración de green paper	
<b>Estrategia 1: Desarrollo de nuevos conceptos</b>	Es una estrategia que hace referencia al desarrollo de conceptos muy innovadores que tengan impacto en mejoras medioambientales significativas. Por sus objetivos tales como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Desmaterialización:</b> ya que se está eliminando la necesidad de usar el papel común derivado de los arboles evitando así la tala de los mismos.</li> <li>• <b>Optimización funcional:</b> se considera este objetivo como uno de los principales ya que permite satisfacer necesidades sin consumir recursos en exceso.</li> </ul>
<b>Estrategia 2: Selección de materiales de bajo impacto</b>	Se utiliza esta estrategia ya que no usó materiales aditivos además de que son materiales que tienen bajo contenido energético porque para su extracción no es necesario ningún tipo de energía.
<b>Estrategia 4: Optimización de las técnicas de producción</b>	Esta estrategia fue utilizada por tener un menor consumo de energía a diferencia de las industrias más desarrolladas ya que este proceso implica una reducción de etapas del proceso de fabricación.
<b>Estrategia 7: Optimización del fin de vida del producto</b>	Por su fácil mantenimiento y reparación en este caso el producto elaborado es papel a base de lirio y el diseño del mismo es simple y desde fabricarlo hasta mantenerlo es práctico además que su elaboración es de bajo costo.
<b>Estrategia 8: Optimización del fin de vida del sistema</b>	Esta estrategia ayudó para pensar en la reutilización del producto completo, por lo que favorece la disminución de impactos ambientales por el reciclaje de materiales; al momento del término del ciclo de vida del producto se puede tomar la decisión de utilizarlos para la elaboración de composta ayudando a mejorar las propiedades del suelo, evitando desechos nocivos.

Fuente: elaboración propia.

## 5.3. Análisis de ciclo de vida

### 5.3.1. Fase 1: Definición de objetivos y alcance

#### 5.3.1.1 Objetivo

Conocer y comparar los impactos y daños ambientales de una hoja de Green Paper (papel a base de lirio acuático) y una hoja de papel convencional (Papel Bond).

#### 5.3.1.2 Motivo

Información sobre el producto.

#### 5.3.1.3 Alcance

##### 5.3.1.3.1. Unidad funcional

Brindar una superficie de 616 centímetros cuadrados (22 cm por 28 cm) para plasmar información escrita en papel tradicional o papel hecho a base de lirio acuático con una utilización única durante 7 años.

##### 5.3.1.3.2. Flujo de referencial

Mientras una hoja de Papel Bond tiene una vida útil aproximada de 7 años, una hoja de Green Paper tiene una vida útil media de 3 años, por lo tanto, se llevará 2.33 hojas de Green Paper por 1 hoja de Papel Bond.

### 5.3.2. Fase 2: Análisis del inventario

El análisis del inventario se realizó por medio de cuatro procesos unitarios:

1. Materias prima.

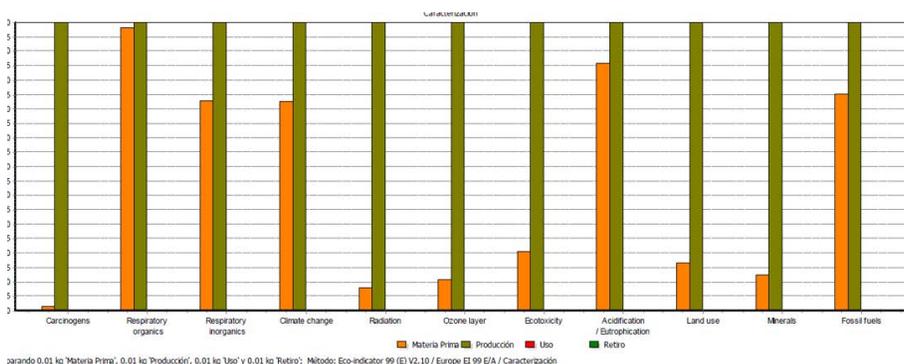
2. Producción.
3. Uso.
4. Retiro.

Una vez realizados los diagramas con los flujos de entradas y salidas por proceso unitario, se procedió con la captura de la información en SimaPro.

### 5.3.3. Fase 3 y 4: Evaluación de impactos e interpretación

A continuación se presentan los principales gráficos obtenidos de la evaluación por el método del Eco indicador 99 y por proceso unitario. Mencionar que dicha evaluación se clasifica en categoría de impactos que son 11 (carcinógenos, respirables orgánicos, respirables inorgánicos, cambio climático, radiación, capa de ozono, ecotoxicidad, acidificación, uso de suelo, minerales y combustibles fósiles) y categoría de daños que son 3 (Salud humana, ecosistemas y recursos). Y la escala se da en ecopuntos de donde se determinan los porcentajes de participación.

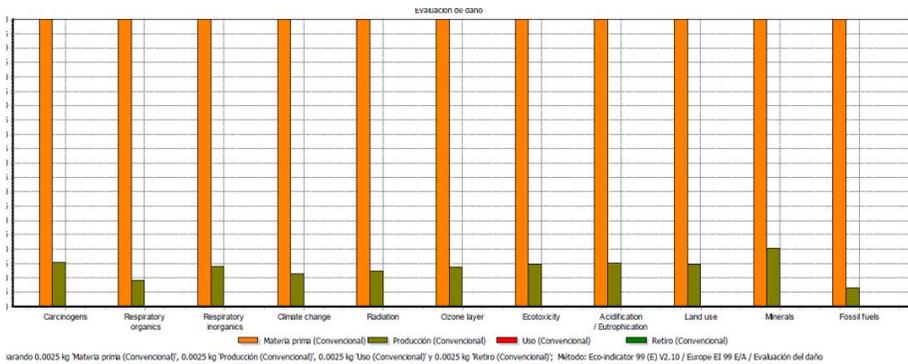
**Gráfica 1:** caracterización por categoría de impactos del Green Paper.



**Interpretación:** En la caracterización por categoría de impactos del papel Green Paper, el proceso unitario de Producción impacta al 100 % en los 11 impactos ambientales evaluados por este programa. También se observa como la Materia Prima genera impacto en respirables orgánicos con un 98 % seguido de acidificación con un 85 %, combustibles

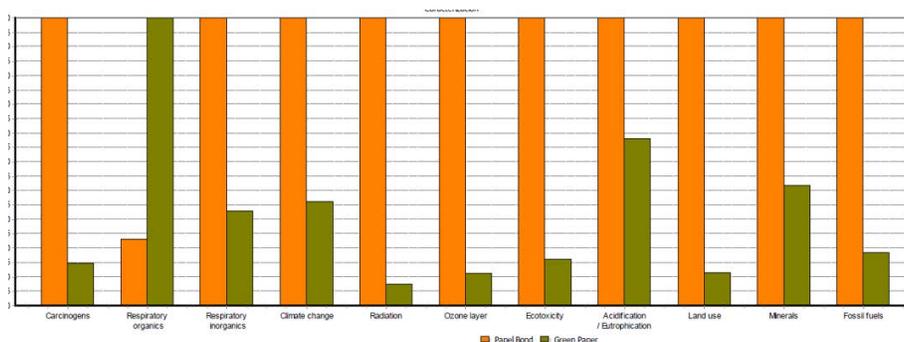
fósiles con un 75 %, el cambio climático y respirable inorgánico con un 73 % cada uno y con menor daño en los demás impactos ambientales. Finalmente la gráfica 1 no presenta afectación (por ser cantidades insignificantes) al medio ambiente por los procesos unitarios de Uso y Retiro.

**Gráfica 2.** Evaluación del daño por categoría de impactos del Papel Bond.



**Interpretación:** En la evaluación del daño por categoría de impactos del Papel Bond, el proceso unitario de Materia prima impacta al 100% en los 11 impactos ambientales evaluados por este programa. Se observa que en menor escala, en promedio 13%, el proceso de Producción también genera en todos y cada uno de los impactos estudiados. Finalmente la gráfica 2 no presenta afectación (por ser cantidades insignificantes) al medio ambiente por los procesos unitarios de Uso y Retiro.

Las gráficas 3, 4 y 5 presentan la comparativa de la evaluación de impactos y daños ambientales de los dos productos objetos de estudios. Permitiendo conocer y determinar al producto que supone mayor daño al medioambiente.

**Gráfica 3.** Caracterización por categoría de impactos del Papel Bond vs. Papel Bond.

Comparando 0.0025 kg 'Paper Bond' con 0.01 kg 'Green Paper'; Método: Eco-indicator 99 (E) V2.10 / Europe EI 99 E/A / Caracterización

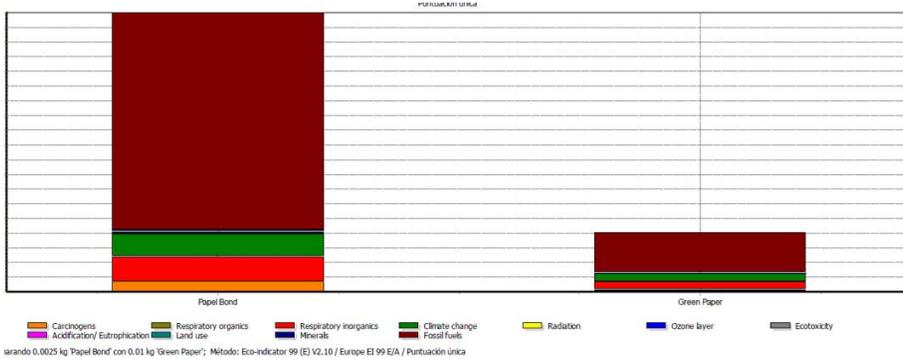
**Interpretación:** En la comparativa por caracterización por categoría de impactos del Papel Bond y Green Paper, se observa en la gráfica 3 los siguientes resultados (ver tabla 4):

**Tabla 4.** Comparación de impactos del papel Green Paper vs. Papel Bond.

Categoría de impacto	Green Paper	Green Paper	% de Mejora ambiental
Carcinógenos	15	100	85
Respirables orgánicos	100	24	-76
Respirables inorgánicos	33	100	67
Cambio climático	35	100	65
Radiación	7	100	93
Capa de ozono	11	100	89
Ecotoxicidad	16	100	84
Acidificación	58	100	42
Uso de suelo	12	100	88
Minerales	42	100	58
Combustibles fósiles	18	100	82
		Total	61.45

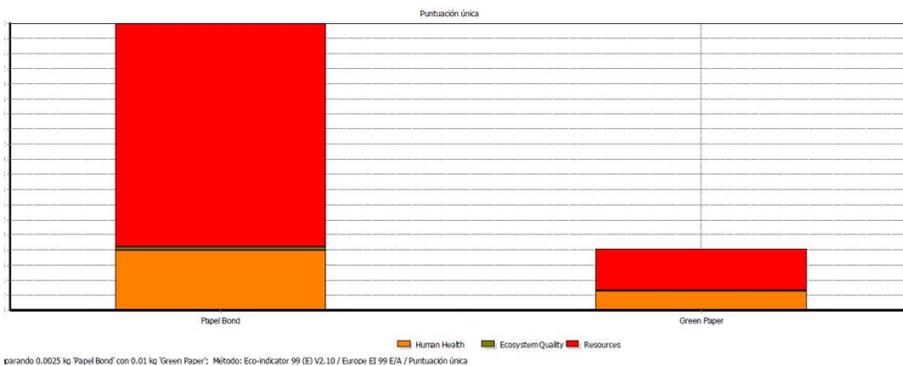
Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 4.** Puntuación única por categoría de impactos del Papel Bond vs. Papel Bond.



**Interpretación:** En la comparativa por puntuación única por categoría de impactos del Papel Bond y Green Paper, se observa en la gráfica 4 los siguientes resultados: el papel Bond supone mayor afectación al medioambiente con 4.75 veces más con respecto al papel Green Paper. Donde los combustibles fósiles tienen una participación del 78.82 %, seguido de los respirables inorgánicos con un 8 %, cambio climático con un 8 %, carcinógenos con un 4.2 % y minerales con un 2.1 %, mejora ambiental global del Green Paper es de 78.95 %.

**Gráfica 5.** Puntuación única por categoría de daños del Papel Bond Vs. Papel Bond.



**Interpretación:** En la comparativa por puntuación única por categoría de daños del Papel Bond y Green Paper, se observa en la gráfica 5 los siguientes resultados (ver tabla 5):

**Tabla 5.** Comparación de Daños del papel Green Paper Vs. Papel Bond.

Categoría de Daño	Green Paper	Green Paper	% de Mejora ambiental
Salud humana	2.2	8	72.50
Calidad de ecosistemas	0.005	0.05	90.00
Recursos	5.795	29.95	80.65
Total	8	38	78.95

Fuente: elaboración propia.

## 5.4. Discusión

De acuerdo con el análisis de inventarios que se obtuvo a partir de Sima-Pro podemos señalar que una hoja de papel convencional (Papel Bond) afecta mucho más que una hoja hecha a base de lirio de acuerdo con lo obtenido en gráficas anteriores una hoja de Papel Bond, la cual está afectando notablemente al ecosistema y a la salud humana debido a la materia prima que es utilizada y a los químicos que son necesarios para el procesamiento; además de que la tala de árboles es un problema que nos afecta a todos como seres humanos ya que son fuente de oxígeno y son necesarios alrededor de 15 árboles para elaborar una tonelada de Papel Bond por lo cual no se considera que sea amigable con el medioambiente.

Por otra parte, el papel hecho a base de lirio indica que afecta en una parte de igual manera a la salud humana y a los ecosistemas debido a los materiales que se utilizan para el procesamiento aunque comparando con la tala de árbol consideramos que al ser el lirio acuático la materia prima principal de Green Paper estamos atacando a la tala de árboles y además a combatir una plaga que se extiende en muchos cuerpos de agua muy fácilmente.

Green Paper muestra una parte menor de daño en la salud humana y a los recursos pero ofrece la oportunidad de atacar la plaga de lirio acuático que provoca graves problemas a los ecosistemas de agua dulce ya que impiden el paso de la luz hacia los niveles inferiores de lagos y ríos, además de que consumen grandes cantidades de oxígeno durante su descomposición y atacaría a la par la tala de árboles. Debido a

esto es recomendable utilizar materiales y procesos amigables con el medioambiente, y al fin de vida del producto considerar la reutilización como en el caso de Green Paper una vez utilizado podría ser reprocesado para ser utilizado nuevamente.

## 6. Conclusiones

El exceso de lirio acuático en cuerpos de agua, genera un grave desequilibrio ambiental, en México donde más de 34,000 hectáreas de ríos y lagos están cubiertas por esta planta y limpiar cada una de ellas, tiene un costo de 70,000 pesos, Green Paper aprovecha esta plaga para la elaboración de papel y tiene la misma utilidad que una hoja convencional pero con mayor número de ventajas entre ellas el hecho de atacar la proliferación del lirio acuático y disminuir la tala de árboles que está provocando deforestación, extinción de especies, entre otras. Además de que los residuos son contaminantes y donde en nuestro país de México al año se talan veinte millones de árboles para la fabricación de papel.

El análisis de ciclo de vida es la metodología que se utiliza actualmente para evaluar la carga medioambiental de un producto-proceso o actividad en todo su ciclo de vida que pretende evaluar los potenciales impactos ambientales causados durante todas las etapas, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final. Actualmente existen numerosos softwares que brindan apoyo para realizar este análisis detalladamente, tal es el caso de SimaPro; que es un software para el análisis de ciclo de vida de diferentes productos, es una herramienta para identificar, analizar y hacer seguimiento a la sostenibilidad de productos y servicios. SimaPro fue utilizado para comparar la carga medioambiental de una hoja de papel Green Paper contra una hoja de Papel Bond, donde con base en los resultados:

- a. En la caracterización por categoría de impactos del papel Green Paper, el proceso unitario de producción impacta al 100 % en los 11 impactos ambientales evaluados por este programa. También se observa como la materia prima genera impacto en respirables orgánicos con un 98 % seguido de acidificación con un 85 %, combustibles fósiles con un 75 %, el cambio climático y respirable inorgánico con un 73 % cada uno

- y con menor daño en los demás impactos ambientales. Finalmente, la gráfica 1 no presenta afectación (por ser cantidades insignificantes) al medioambiente por los procesos unitarios de uso y retiro.
- b. En la evaluación del daño por categoría de impactos del Papel Bond, el proceso unitario de materia prima impacta al 100 % en los 11 impactos ambientales evaluados por este programa. Se observa que en menor escala, en promedio 13 %, el proceso de producción también genera en todos y cada uno de los impactos estudiados. Finalmente, la gráfica 2 no presenta afectación (por ser cantidades insignificantes) al medioambiente por los procesos unitarios de uso y retiro.
  - c. En la comparativa por caracterización por categoría de impactos del Papel Bond y Green Paper, se observa en la gráfica 3 una mejora ambiental global del 61.45 % en el cual el impacto ambiental respirables orgánicos del papel Bond fue mejor ambientalmente con un 76 %.

Finalmente, se concluye, con base en la comparativa por puntuación única por categoría de daños, que el papel Bond supone mayor afectación al medioambiente con 4.75 veces más con respecto al papel Green Paper. Donde los combustibles fósiles tienen una participación del 78.82 %, seguido de los respirables inorgánicos con un 8 %, cambio climático con un 8 %, carcinógenos con un 4.2 % y minerales con un 2.1 %. Por tanto la mejora ambiental global del papel Green Paper es de 78.95 %.

## Referencias

- AENOR. UNE-EN ISO 14040. (2006). Gestión Medioambiental. Análisis de Ciclo de Vida. *Principios y Marco de Referencia*. Madrid. ISO.
- Brezet, H. & Van Hemel, C. (1997). *Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption*. UNEP IE, París.
- Capuz, S., & Gómez, T. (2003). *Ecodiseño: ingeniería del ciclo de vida de productos sostenibles*. México: Alfa Omega.
- CEGESTI. (1999). *Manual para implantar el ecodiseño en Centroamérica/Cegesti*. Marcel Crul & Jan Carel Diehl. San José, Costa Rica. [Consultado el 10 de Junio de 2022]. Obtenido de: <http://docplayer.es/9397773-Manual-para-la-implementacion-de-ecodiseno.html>
- Fiksel, J. (1997). *Ingeniería de Diseño Medioambiental DfE, Desarrollo Integral de Productos y Procesos Ecoeficientes*. McGraw-Hill. Madrid, España.
- González, H. A. (2006). *La Innovación: un Factor Clave para la Competitividad de las Empresas*. Madrid: Dirección General de Investigación. Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. [Consultado el 12 de Junio de 2022]. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj41Y2Tx9\\_4AhXC-KEQIHTSHBS0QFnoECAQQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.madrid.org%2Fbvirtual%2FBVCM001260.pdf&usq=AOvVaw3yQ-FNrs6c1UDAJG1aoRHPQ](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj41Y2Tx9_4AhXC-KEQIHTSHBS0QFnoECAQQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.madrid.org%2Fbvirtual%2FBVCM001260.pdf&usq=AOvVaw3yQ-FNrs6c1UDAJG1aoRHPQ)
- Guzmán, M. L. (2005). *Propuesta Metodológica para la Integración del Factor Ambiental en el Diseño de Productos y de Procesos, a través del Sistema de Gestión, en la Industria del Mueble. Caso de estudio: Sector del Mueble del Estado de Jalisco (México)*. Tesis Doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- IHOBE. (2000). *Manual Práctico de Ecodiseño. Operativa de implantación en 7 pasos*. Gobierno Vasco, España. [Consultado el 10 de Junio de 2022]. Obtenido de: <https://www.ihobe.eus/ecodiseno>
- InEDIC *Ecodesign Manual*. (2011). *Developed within the EU Project InEDIC – Innovation and Ecodesign in the Ceramic Industry*. Rocha, C. et al. European Commission. [Consultado el 13 de Junio de 2022]. Obtenido en: <http://docplayer.es/9398001-Manual-de-ecodiseno-inedic-pa>

[gina-1.html](#)

- Keoleian, G. A. & Menerey, D. (1993). *Life Cycle Design Guidance Manual*. US EPA Cincinnati.
- OCDE. (1994): *Manual de Frascati, Organization for Economic Co-operation and Development*. P.
- PRé Consultants, B.V. (1999). *User Manual, Simapro*. Pré consultants B.V. Amersfoort, Netherlands.
- Ramírez, O. A., Ruíz, J. C. & Vélez, V. (2014). *Análisis de Ciclo de Vida con el software SimaPro*. [Consultado el 05 de abril de 2023]. Obtenido en: <https://aciclovidasimapro.wordpress.com/category/simapro/>
- Rieradevall, J., Vinyets, J. & Doménech, X. (2010). *Ecodiseño: Los Productos y el Desarrollo Sostenible*. Barcelona, Rubes Ed.
- Rodríguez, L. J. W.; Cervantes, O. F.; Arámbula, V. G.; Mariscal, A. L. A.; Aguirre, M. C. L.; Andrio, E. E. (2022). *Lirio acuático (Eichhornia crassipes): una revisión*. [Consultado el 05 de abril de 2023]. Obtenido en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43768481006>
- [UNE EN 14006:2011. \(2011\). Sistemas de Gestión Ambiental. Directrices para la Incorporación del Ecodiseño. ISO.](#)
- Van Hemel. (1995). *Estrategias de Ecodiseño*. [Consultado el 13 de Junio de 2022]. Obtenido en: <https://hdiunlp.files.wordpress.com/2014/09/estrategias-para-el-ecodisec3b1o.pdf>