

Programa de Formación: “Fortalecimiento de las capacidades técnicas de los transformadores de residuos de PET”



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Confederación Suiza

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO



Ministerio de
**Comercio, Industria
y Turismo**



**Colombia
Productiva**
PRODUCTIVIDAD - CALIDAD - VALOR AGREGADO

Módulo 5: Análisis de Ciclo de Vida aplicado a productos plásticos

MSc. Milena Hurtado Hurtado

Investigadora en economía circular



Ponente

MSc. Milena Hurtado Hurtado

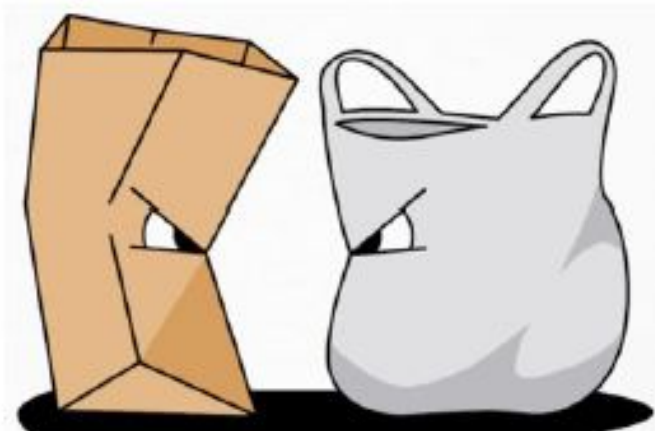
- Investigadora en economía circular del ICIPC.
- Ingeniera de Materiales de la Universidad de Antioquia sede Medellín.
- Magíster en Ingeniería de Materiales de la Universidad de Antioquia sede Medellín.
- Especialista en Procesos de Transformación del Plástico y del Caucho de la Universidad EAFIT y el ICIPC.
- Coautora en publicaciones científicas.

Contenido de la sesión de hoy

- Motivación e importancia de los LCAs
- ¿Qué es un Análisis de Ciclo de Vida?
- Análisis de Ciclo de Vida bajo las normas ISO 14040 e ISO 14044
- Entendiendo la Unidad funcional, límites del sistema e inventario de análisis de ciclo de vida
- Métodos de evaluación de impactos e impactos ambientales
- Ejemplos de LCAs en la industria del plástico
- Limitaciones de los LCAs

Objetivos para el módulo

1. ¿Serán mis decisiones sostenibles para el medio ambiente?
2. Conocer una nueva herramienta que apoye a la sostenibilidad ambiental de mi empresa
3. Acercarnos a algunos ejemplos de LCA de la industria de productos plásticos



¿Cómo decidir entre el antes
o el después del empaque?



¿Por qué es importante?

Acerca de la importancia de los LCA's y la percepción del usuario

Investigación de la percepción de los consumidores daneses sobre los envases ambientalmente sostenibles



Tomado de: <https://lottiefiles.com/>



Tomado de: <https://www.freepik.com/>

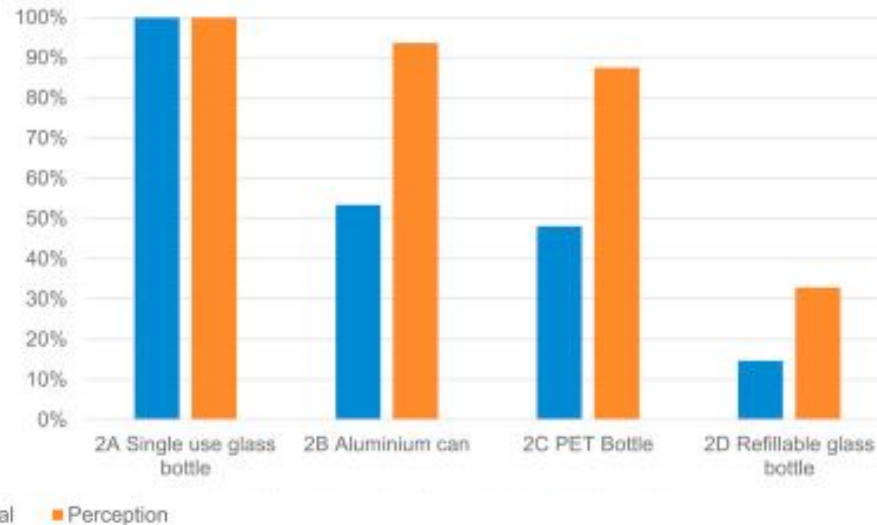
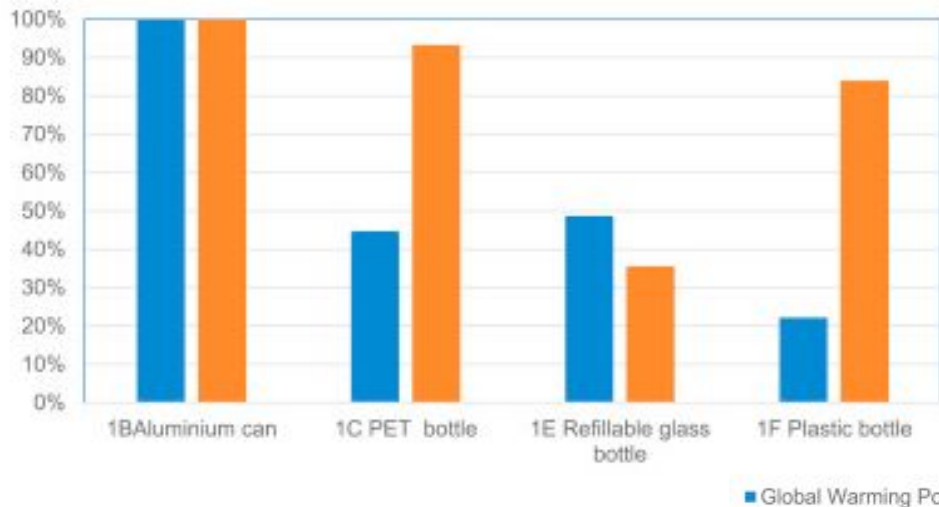


Fuente: Environmental Sustainability of Liquid Food Packaging: Is There a Gap between Danish Consumers' Perception and Learnings from Life Cycle Assessment?

Acerca de la importancia de los LCA's y la percepción del usuario

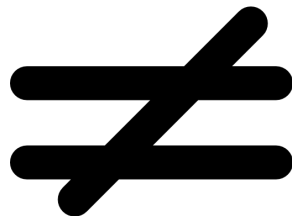
Refrescos

Cerveza




Fuente: Environmental Sustainability of Liquid Food Packaging: Is There a Gap between Danish Consumers' Perception and Learnings from Life Cycle Assessment?

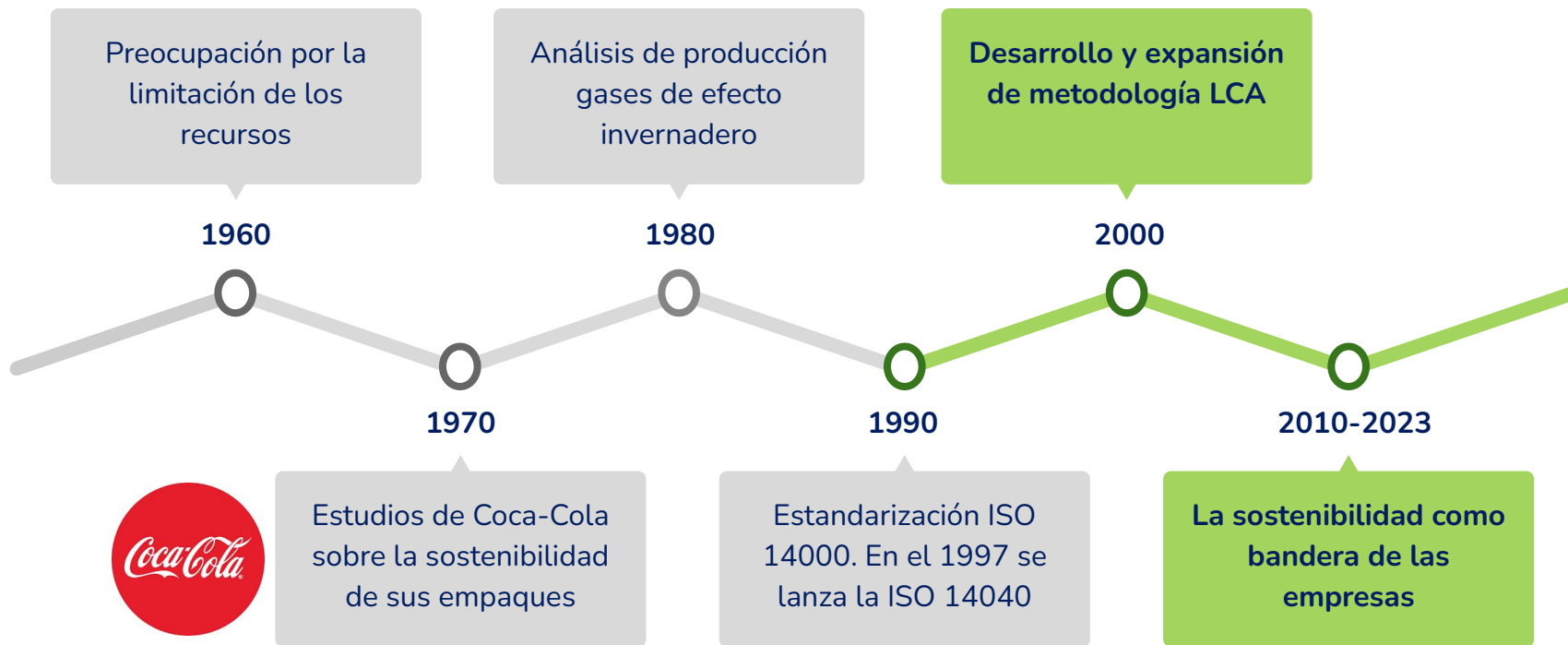
Los resultados de la investigación del consumidor muestran que los consumidores evalúan la sostenibilidad ambiental de los tipos de envases probados principalmente en **función del tipo de material y de lo que pueden hacer personalmente en la etapa de eliminación.** Desconociendo así **los impactos de la producción y el transporte.**





designed by  freepik

¿Existe alguna
herramienta que
nos permita
conocer cómo
afectan nuestras
decisiones el medio
ambiente?



Normativa ACV

ISO 14040 e ISO 14044

Regula la metodología de evaluación ambiental de análisis de ciclo de vida de un producto

Antecedentes a las normas ISO 14040 e ISO 14044: Análisis de ciclo de vida

Antes-90

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

UNE EN ISO 14041: Gestión Medioambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Definición del objetivo y alcance y el análisis del inventario.

UNE EN ISO 14042: Gestión Medioambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida.

UNE EN ISO 14043: Gestión Medioambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Interpretación del Ciclo de Vida.

Ahora-2006

ISO 14040:2006- Detalla principios y marco de referencia.

ISO 14044:2006- Detalla los requisitos y directrices para llevar a cabo un ACV.



¿Qué es un ciclo de vida?

Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la **adquisición de materia prima** o de su generación a partir de recursos naturales hasta la **disposición final**.

¿Qué es un análisis de ciclo de vida?

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

- Calcular algunos impactos ambientales **potenciales** de productos o procesos
- Identificar áreas potenciales de **interés** para mejorar sus impactos ambientales
- Identificar consecuencias e impactos **no esperados**
- Explorar distintos **escenarios**
- No predice impactos ambientales **absolutos** ni precisos
- No calcula rangos de seguridad, límites de emisiones o **riesgos** de las decisiones tomadas
- No conoce la **respuesta del mercado** a cambios en la producción y el consumo





Permite identificar **oportunidades** para mejorar el **desempeño ambiental** del producto en las fases de diseño y desarrollo.



Permite el establecimiento de prioridades en la planificación estratégica del producto.



Permite la elección de **indicadores de desempeño ambiental**, entre los que se incluyen técnicas de medición.



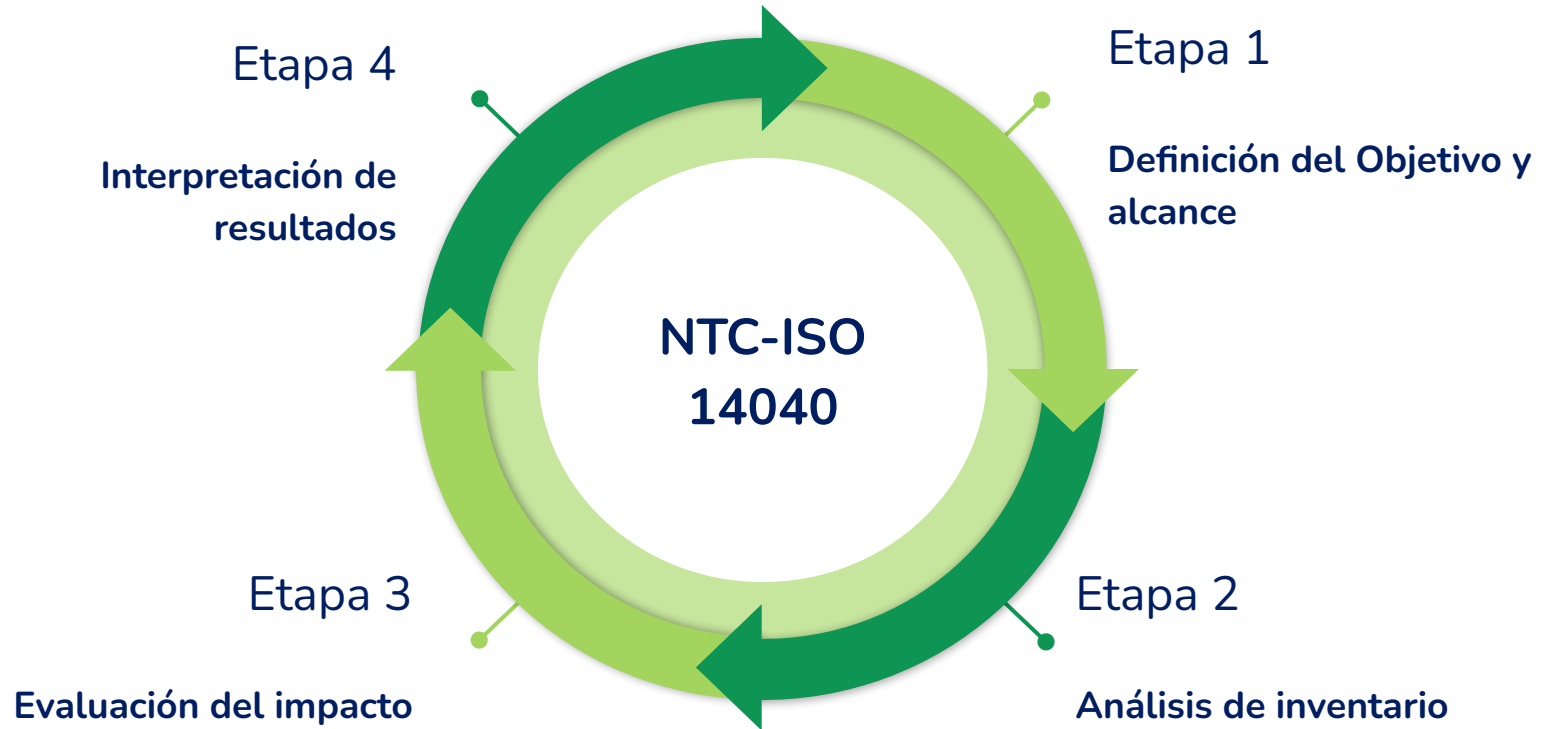
Permite llevar a cabo estrategias de **marketing ecológico**, (por ejemplo, implementando un esquema de etiquetado ambiental, elaborando una reivindicación ambiental, o una declaración ambiental de producto)

Marco de referencia metodológico

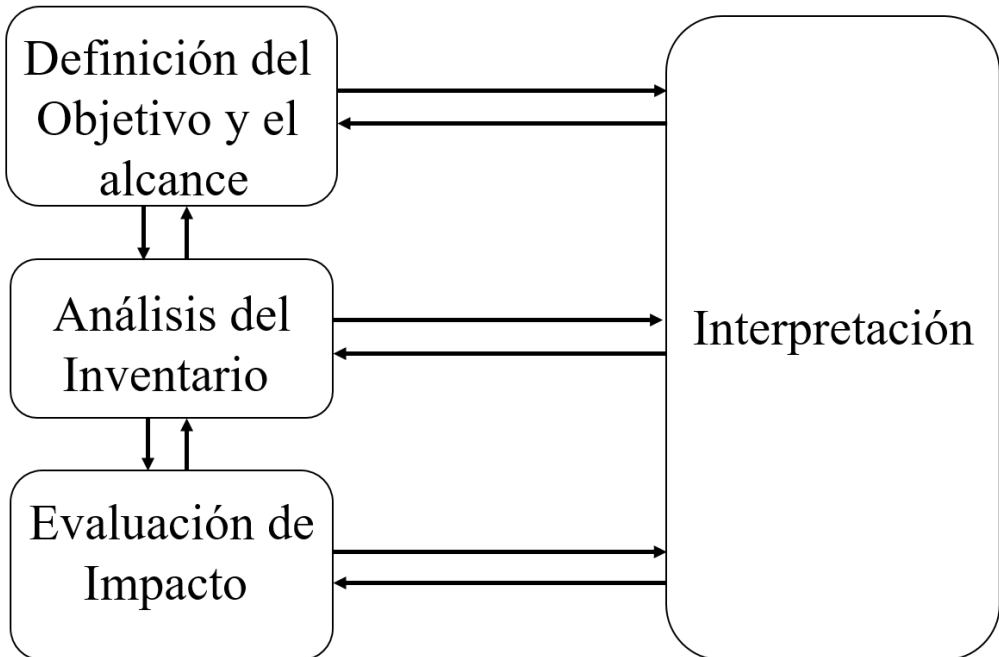
Fases del Análisis del Ciclo de Vida

4 fases

Fases del ACV



Marco de referencia de un análisis del ciclo de vida



- Aplicaciones directas:**
- Desarrollo y mejora del Producto
 - Planificación estratégica
 - Desarrollo de políticas públicas
 - Marketing
 - Otras

Etapa 1:

Definición del objetivo y el alcance

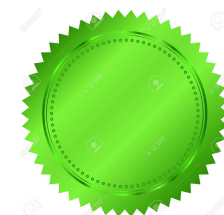
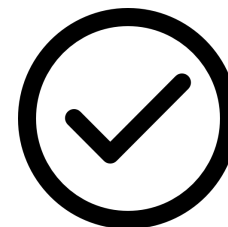
Comparación de productos

- Latas de aluminio vs. botellas vs. vidrio
- Bolsas de plástico vs. bolsas de papel
- Alternativas de cierre de ciclo
- Materiales biobasados vs. fósiles

Normativa ambiental

- Plan Nacional para la Gestión Sostenible de Plásticos de un solo uso.
- Gestión ambiental de residuos de envase y empaque.

Etiquetas verdes



“Greenwashing”

1

Definición de Objetivos y Alcances

El objetivo de un ACV establece:

- La aplicación prevista.
- Las razones para realizar el estudio.
- El público previsto, es decir las personas a quienes se prevé comunicar los resultados del estudio.
- Si se prevé utilizar los resultados en aseveraciones comparativas que se divulgarán al público.

Definición de Objetivos y Alcances

El alcance de un ACV establece:

- El sistema del producto a estudiar.
- Las funciones del sistema del producto o, en el caso de estudios comparativos, los sistemas.
- Los límites del sistema.
- Las categorías de impacto seleccionadas y la metodología de evaluación de impacto, y la subsecuente interpretación a utilizar.

1

Definición de Objetivos y Alcances

El alcance de un ACV establece:

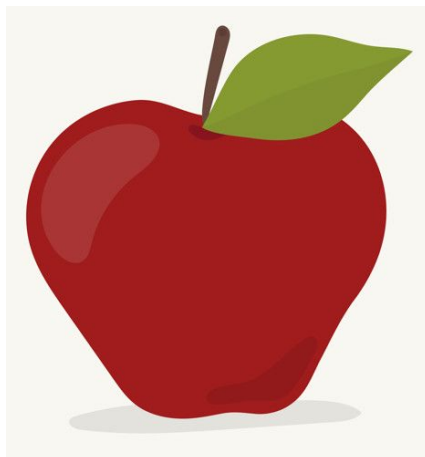
- Requisitos relativos a los datos.
- Las suposiciones.
- Las limitaciones.
- Los requisitos iniciales de calidad de los datos.
- Protocolo de presentación del informe



Unidades
Kg producidos

- La UF define la cuantificación de las funciones identificadas (**características de desempeño**) del producto.
- El propósito fundamental de una UF es **proporcionar una referencia a la cual se relacionan las entradas y salidas.**
- Es importante **determinar el flujo de referencia en cada sistema del producto, para cumplir con la función prevista,** es decir, la cantidad de productos necesaria para cumplir la función.

Lo conocido



Unidades
Kg producidos



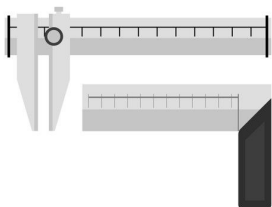
Intermedio

Lo desconocido



m^2
Ciclos
Días de producto

Unidades y valores



Tiempo



Calidad



Función

- Contener
- Proteger
- Transportar
- Cubrir
- Transformar
- Etc..

1 Definición de Objetivos y Alcances

Que Incluye

Debe definirse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- 1. Que?** La función o servicio
- 2. Cuanto?** La cantidad
- 3. Como?** El nivel de calidad
- 4. Hasta Cuando?** La vida Util

1. ¿QUÉ? Camiseta
2. ¿CUÁNTO? 1 camiseta talla M
3. ¿CÓMO? 1 vez a la semana y lavado en lavadora
4. ¿HASTA CUÁNDO? Vida útil 5 años

Unidad funcional:

1 camiseta, talla M usada 1 vez por semana y lavado en lavadora a 30°C, con vida útil de 5 años



Definición de Objetivos y Alcances

Unidad funcional



1 vs 1
500 ml vs 500 ml



1 vs 1
g vs g

VS





Secado con aire

Función



Secado de
manos



Secado con toallas de papel

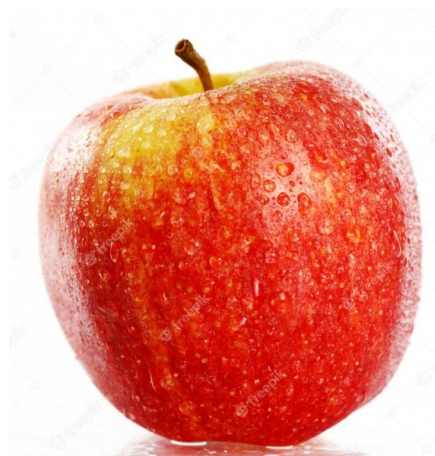
1 Definición de Objetivos y Alcances

Unidad funcional

Opciones	Unidad funcional	Flujo de referencia	Global
	Cantidad de pares de manos secas	Volumen de aire caliente	Volumen de aire caliente/pares de manos secas
	Cantidad de pares de manos secas	Masa de papel promedio	Masa de papel promedio/pares de manos secas

Aportar 100 mg de vitamina C

1 manzana aporta
4.6 mg de
vitamina C



VS



1 naranja aporta
53.2 mg de
vitamina C

Se requieren cerca de 12 manzanas para entregar
la misma cantidad de vitamina C que una naranja

El ACV se realiza **definiendo los sistemas del producto como modelos** que describen los elementos clave de los sistemas físicos.

Los límites del sistema definen los **procesos unitarios a ser incluidos** en el sistema.

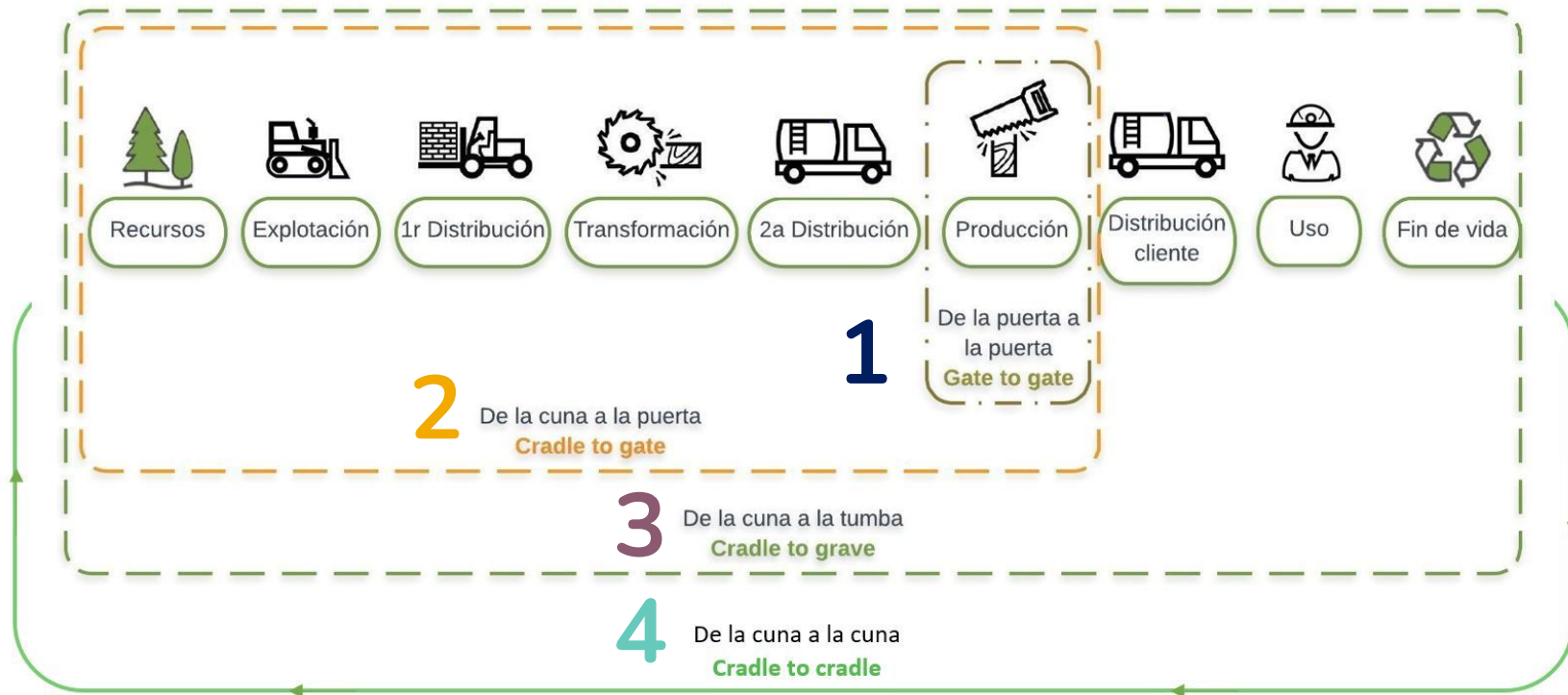
Etapas del ciclo de vida, procesos unitarios y flujos:



1

Definición de Objetivos y Alcances

Los límites del sistema





De la cuna a la tumba

Es el más recomendado debido a que no se limitan fases que beneficien o perjudiquen a alguna alternativa.

Alta demanda de datos e información de terceros.

Requiere **muchas** suposiciones

Definición de Objetivos y Alcances

Los límites del sistema



Algunos requieren concentrarse en la producción

Cambios

- Maquinaria
- Materiales
- Proveedores



Algunos se enfocan en la producción y los desechos producidos

- Materiales biobasados
- Producción de materias primas a partir de desechos

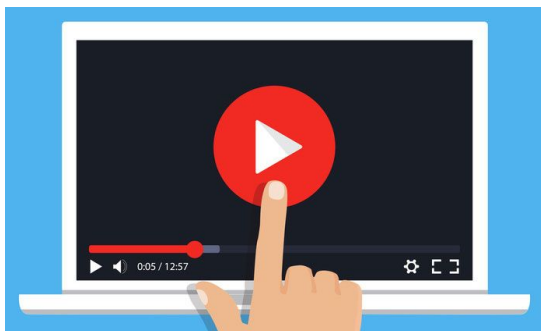


Algunos se enfocan en las alternativas de cierre de ciclo

- Empresas enfocadas en el cierre de ciclo
- Empresas de reciclaje
- Empresas de recolección de desechos



Libros



Videos

Scopus

ScienceDirect

Artículos

Bases de datos

La **calidad de los datos** es importante para comprender la **fiabilidad de los resultados** del estudio e interpretar correctamente los resultados del mismo

Definición de Objetivos y Alcances

Requisitos de calidad de los datos

Geografía



Tiempo



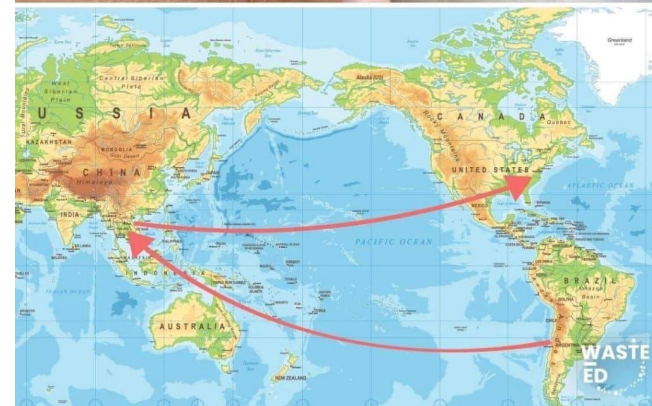
Tecnología



Pregunta:

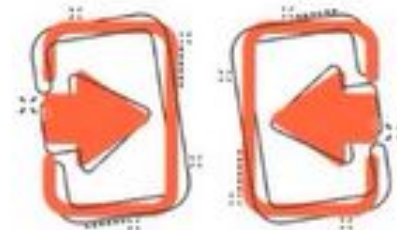
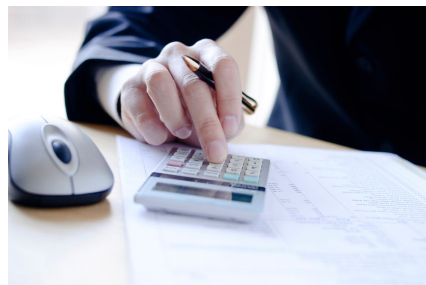
¿La etapa de empackado afecta la sostenibilidad del producto?

1. No, no se tiene en cuenta en el LCA/ACV
2. Sí, pero su impacto es pequeño entonces SIEMPRE se ignora
3. Sí, y dependiendo del caso puede ser el factor principal



Etapa 2: Análisis de inventario

2 Análisis de inventario



1. Recopilación datos de actividad

2. Procedimientos de cálculo

3. Cuantificar las entradas y salidas

ICV como **proceso iterativo**
ICV en continuo refinamiento

Los datos para cada proceso unitario dentro de los límites del sistema pueden **clasificarse bajo grandes títulos** que incluyen:

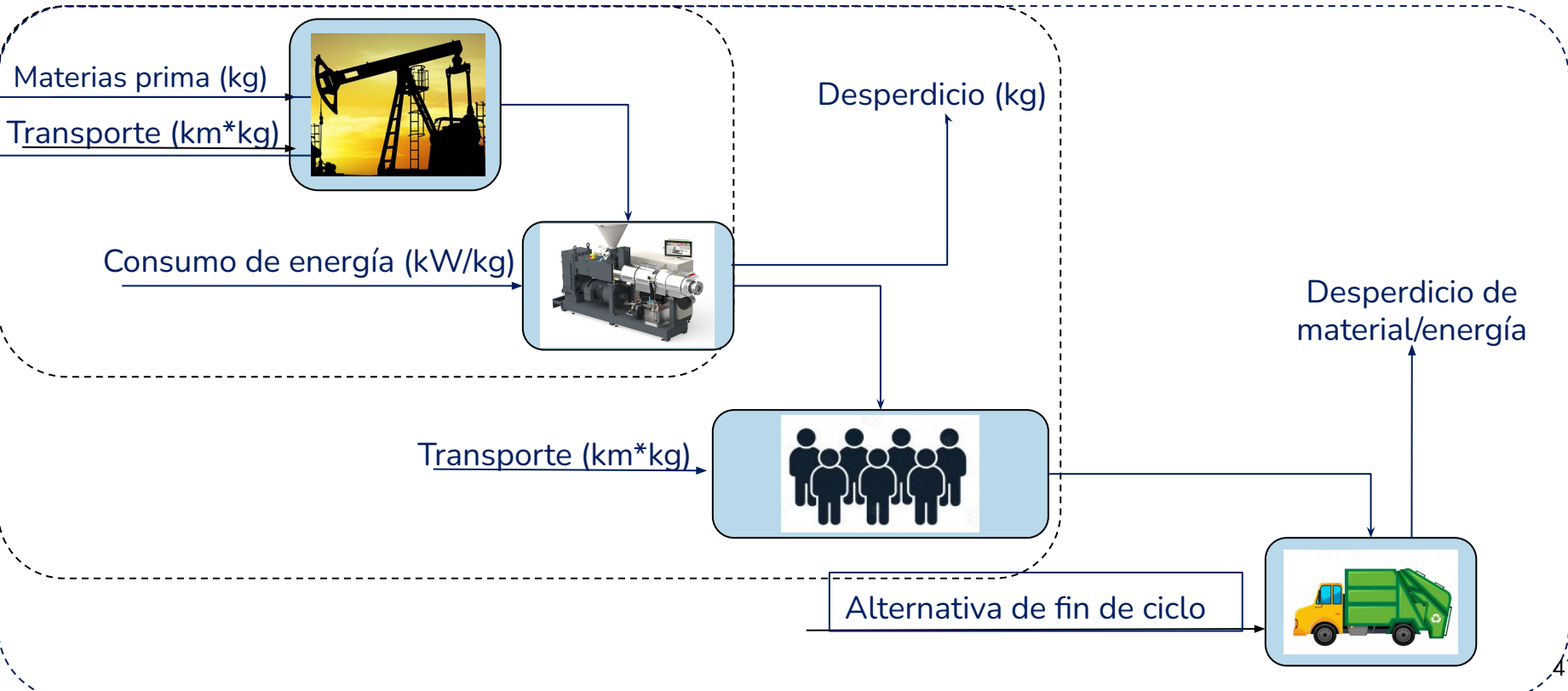
- Las entradas de energía y de materia prima.
- Los productos, co-productos y residuos.
- Las emisiones al aire, los vertidos al agua y suelo, y
- Otros aspectos ambientales.



Trabajo arduo



Documentar las limitaciones prácticas



- Kg de materias primas (cuáles son las materias primas, %recuperado/reciclado)
- Origen de las materias primas (medio de transporte, distancia recorrida)
- Flujos necesarios para su transformación (energía, agua, materiales adicionales)
- Actividades intermedias (impresión, mantenimiento, transporte, reempacado)
- Disposición final (%recuperación, flujos necesarios para su aprovechamiento)

2 Análisis de inventario

Cálculo de datos

Los procedimientos de cálculo, incluyen:

- La validación de los datos recopilados.
- La relación de los datos con los procesos unitarios
- La relación de los datos con el flujo de referencia de la unidad funcional.



2 Análisis de inventario

¿Será que tenemos toda la información del proceso?



Base de datos

Inventarios de flujos de materia y energía y emisiones por cada material o actividad disponible en la BD.

Ej: producir un 1 kg PP en X planta genera 0,98 Kg de CO2 eq y 0.02 Kg de PO4

Software de cálculo

Herramienta que permite conectar varios flujos de materia y energía para conocer las emisiones potenciales de productos

Ej: Un empaque multicapa genera 250 g CO2 eq y 0.05 g de PO4

2 Análisis de inventario

¿Cómo se realiza un inventario de análisis de ciclo de vida?

1

Flujograma del proceso verbal
¿Cuál es el proceso?

2

Identificar información necesaria .
¿quién la posee?

3

Recolectar los datos necesarios
¿Qué información necesito?

4

Recolectar datos en campo

5

Validar la información recolectada
y buscar la información faltante

Al final todo depende de la
información disponible

Etapa 3: Evaluación de los impactos

3 Evaluación del impacto del ciclo de vida

Objetivo: Evaluar cuán significativos son los impactos ambientales potenciales utilizando los resultados del ICV

Datos de inventario



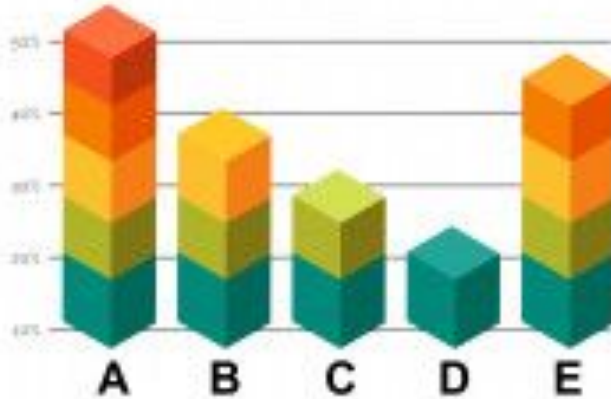
*Categorías de impacto
e indicadores de esas
categorías*

- Información para la fase de interpretación del ciclo de vida.
- Proceso iterativo de revisión del objetivo y del alcance del estudio de ACV.
- La elección, el modelado y la evaluación de categorías de impacto pueden introducir subjetividad en la fase de la EICV. Transparencia en suposiciones.

Evaluación de los impactos

¿Cómo se miden los impactos ambientales?

Aporte del proceso 1 al indicador A
Aporte del proceso 2 al indicador A...

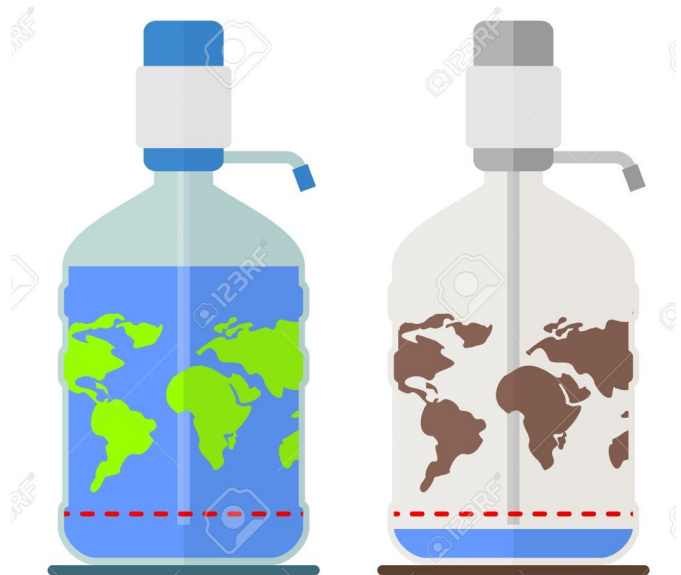


Pero...



Evaluación de los impactos

¿Cuáles impactos son relevantes?



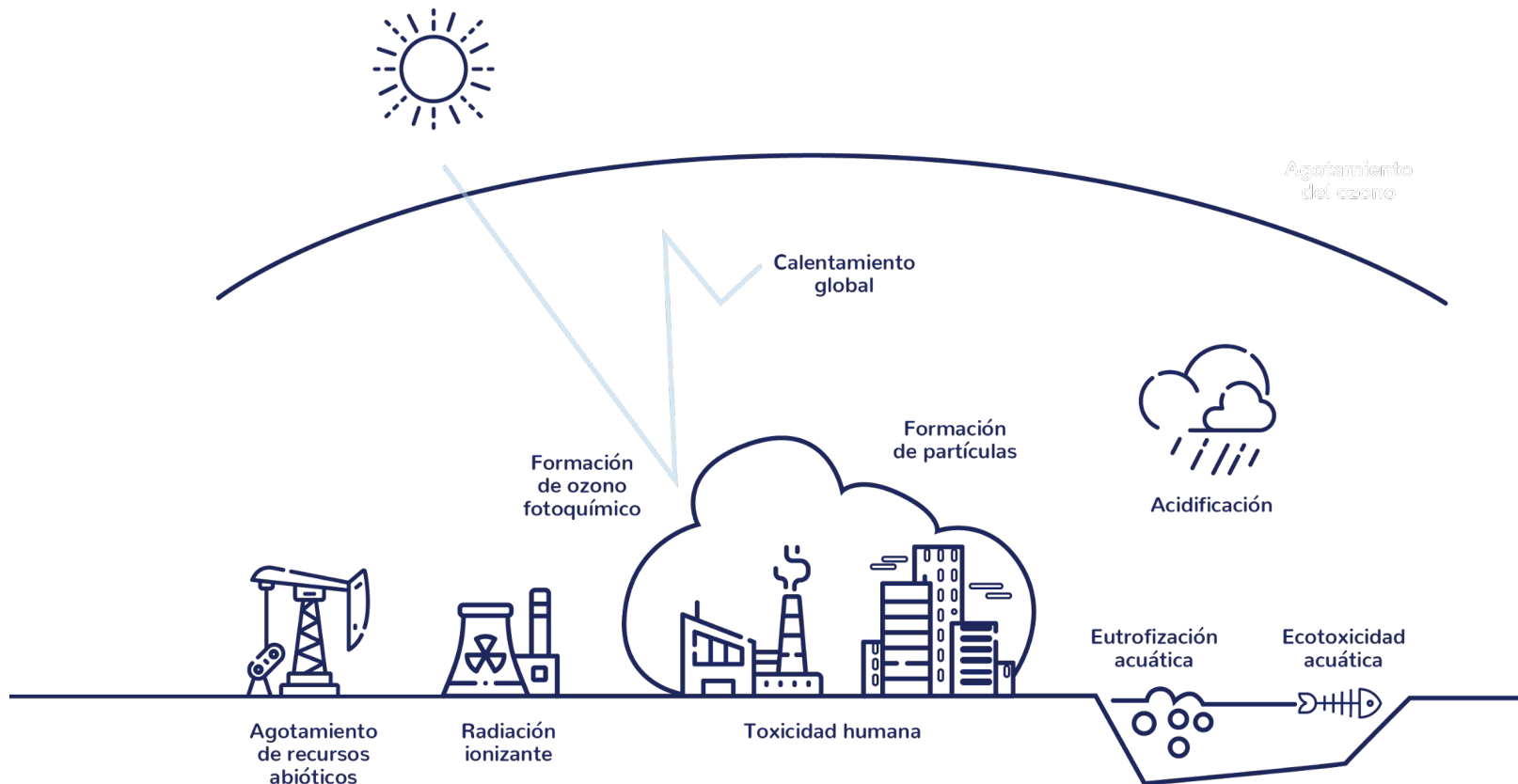
Recursos limitados



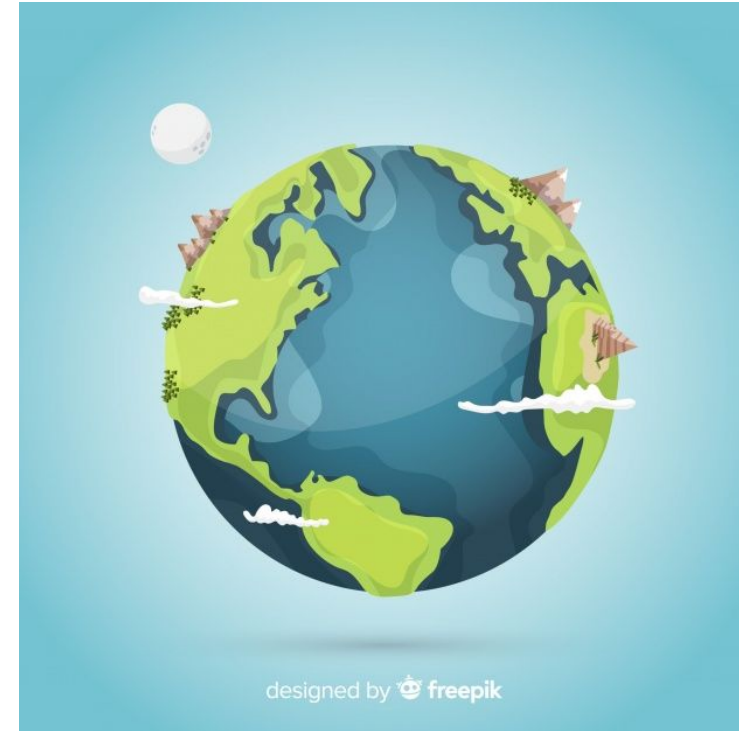
Contaminación del medio ambiente

Evaluación de los impactos

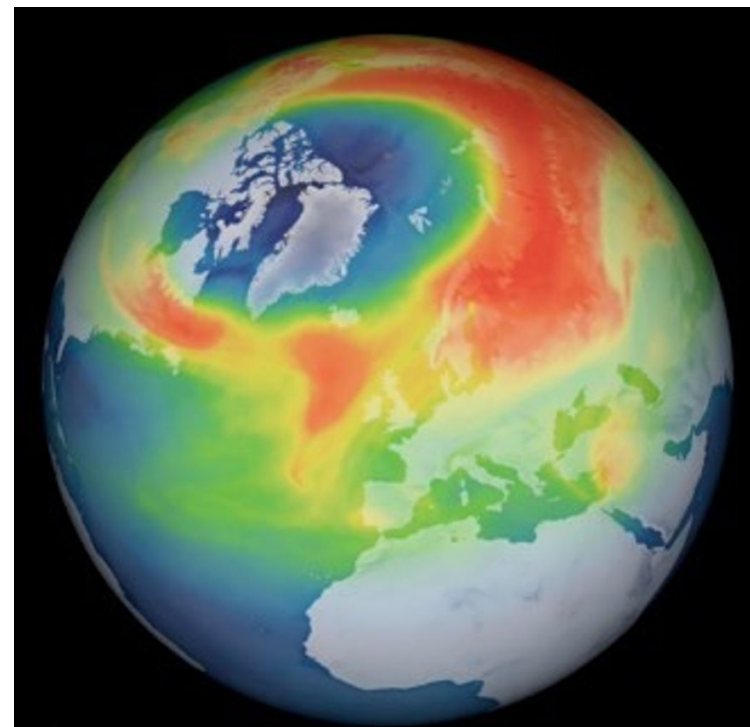
¿Cuáles son los demás impactos?



- Agotamiento de la capa de ozono
- Toxicidad humana
- Radiación Ionizante
- Formación Oxidantes Fotoquímicos
- Emisión de Partículas
- Acidificación
- Cambio Climático (GWP)
- Eco Toxicidad Terrestre / Marina
- Uso de la Tierra / Agua
- Eutrofización
- Demanda de Energía
- Agotamiento de los recursos abióticos



Emisión de gases (compuestos clorados y bromados). Se define el potencial de agotamiento del ozono de diferentes gases en relación con el clorofluorocarbono-11 (CFC-11).

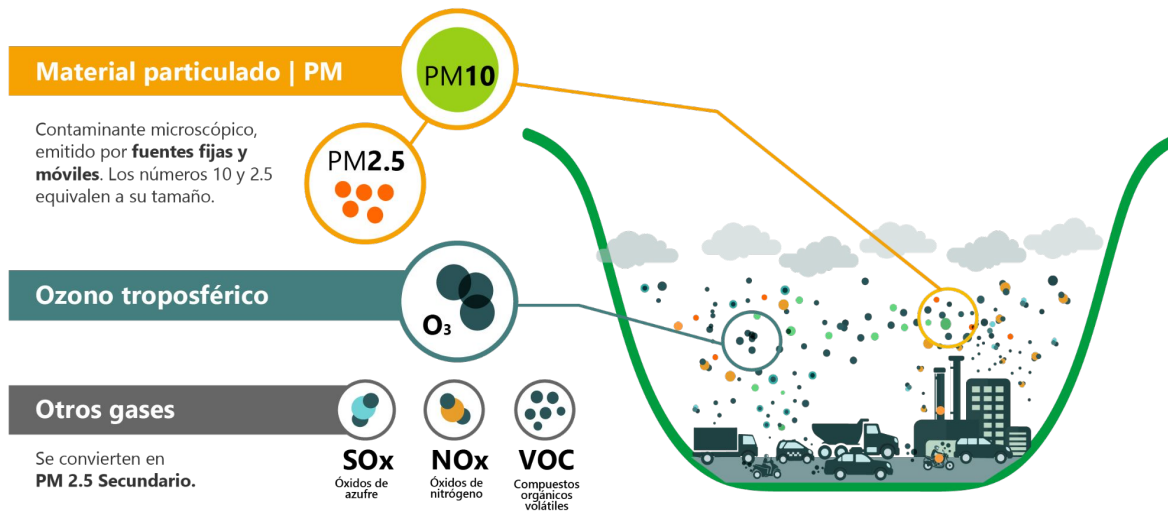


3 Toxicidad humana



Refleja el daño potencial de un producto al liberar sustancias químicas en el medio ambiente, y se basa tanto en la **toxicidad** del compuesto como en su dosis potencial. Estos son compuestos químicos potencialmente peligrosos para los humanos por inhalación, ingestión e incluso contacto.

Esta categoría de impacto se mide en kg equivalentes de 1,4-diclorobenceno.

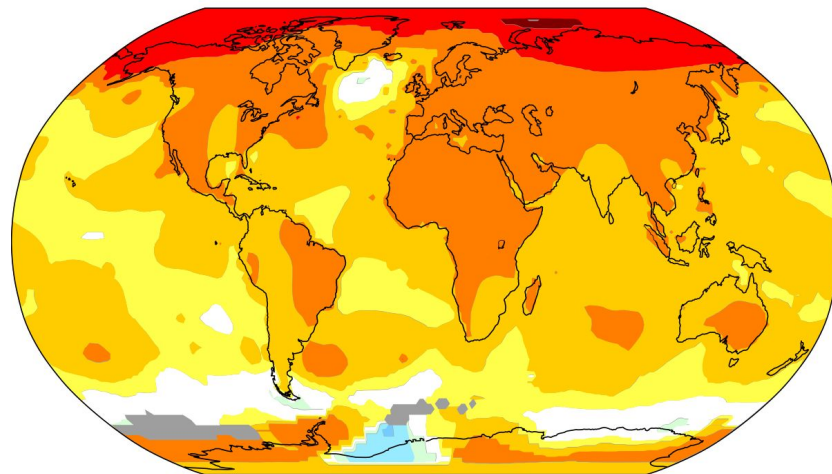


Este factor se basa en la toxicidad de las partículas y se expresa en unidades de "equivalentes de benzo[a]pireno" (BaP_{eq}), que es una sustancia química utilizada como referencia para la toxicidad de las partículas

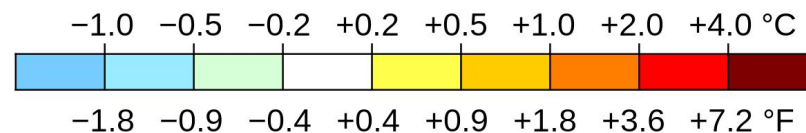
Se utilizan factores de conversión que convierten las emisiones de GEI en equivalentes de CO₂

Tipo de Gas	Potencial de Calentamiento Global
Dióxido de carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	28
Óxido nitroso (N ₂ O)	265
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	23,500

Temperature change in the last 50 years



2011–2021 average vs 1956–1976 baseline

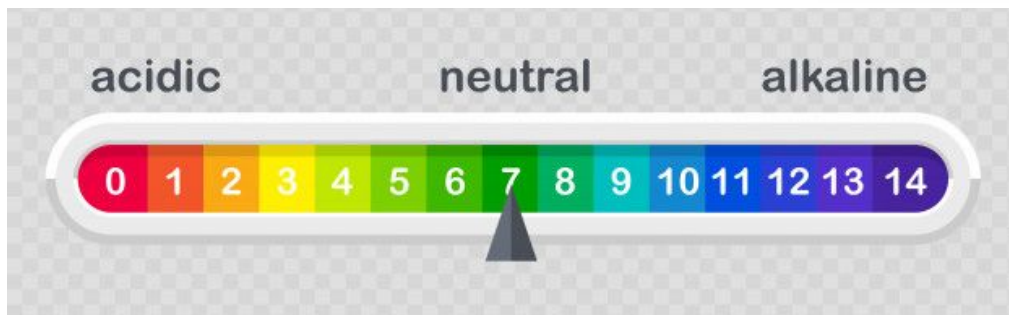
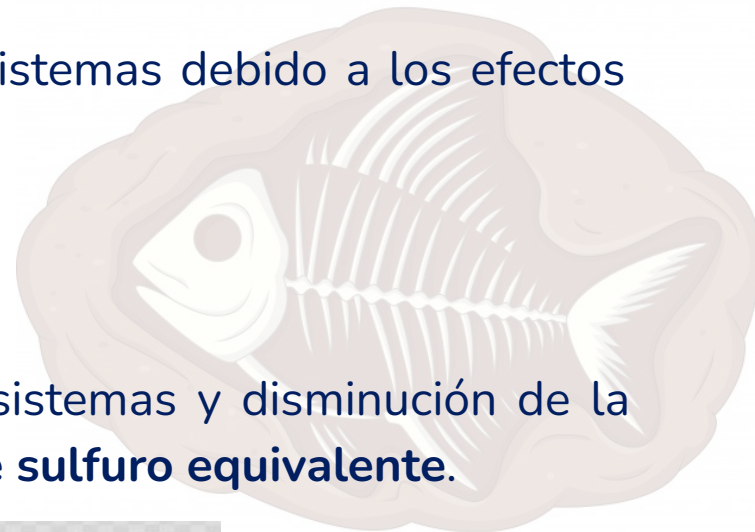


3 Acidificación

Es el proceso que **reduce el pH** de los ecosistemas debido a los efectos acidificantes de la emisión de **gases** como:

- dióxido de sulfuro
- Amoniaco
- óxidos nitrosos

Que produce daños a la calidad de los ecosistemas y disminución de la biodiversidad. Es medido en **kg de dióxido de sulfuro equivalente**.



3 Eco toxicidad

Puede ser analizado en tres frentes específicos, ecosistemas acuáticos de **agua dulce**, **ecosistemas marinos** y **ecosistemas terrestres**. Los potenciales de eco toxicidad se basan en el modelo de **toxicidad** de la Unión Europea.

Es medido en kg equivalente de 1,4-diclorobenceno (1,4-DB).

El cual tiene una toxicidad moderada para los organismos acuáticos, lo que lo hace útil como referencia para comparar la toxicidad de otras sustancias. Se ha establecido un valor de referencia para la toxicidad aguda del 1,4-diclorobenceno en diferentes organismos acuáticos, como peces y crustáceos, lo que permite evaluar si otras sustancias son más o menos tóxicas en comparación



3 Eutrofización

La eutrofización es la acumulación de una concentración de nutrientes químicos en un ecosistema que provoca un **crecimiento excesivo de las plantas**, lo que provoca reducciones en la calidad del agua y la población de animales. Es causada por emisiones de amoniaco, nitratos, óxidos de nitrógeno y el fósforo en el aire o el agua. Es medido en kg equivalentes de fosfato.



3 Agotamiento de los recursos abióticos

Consumo de **recursos no renovables** como combustibles fósiles, minerales, agua, metales, etc. Dependiendo del modelo es medido en:

- Kg de antimonio equivalente
- Kg de minerales
- MJ de combustibles fósiles
- m³ de consumo de agua.



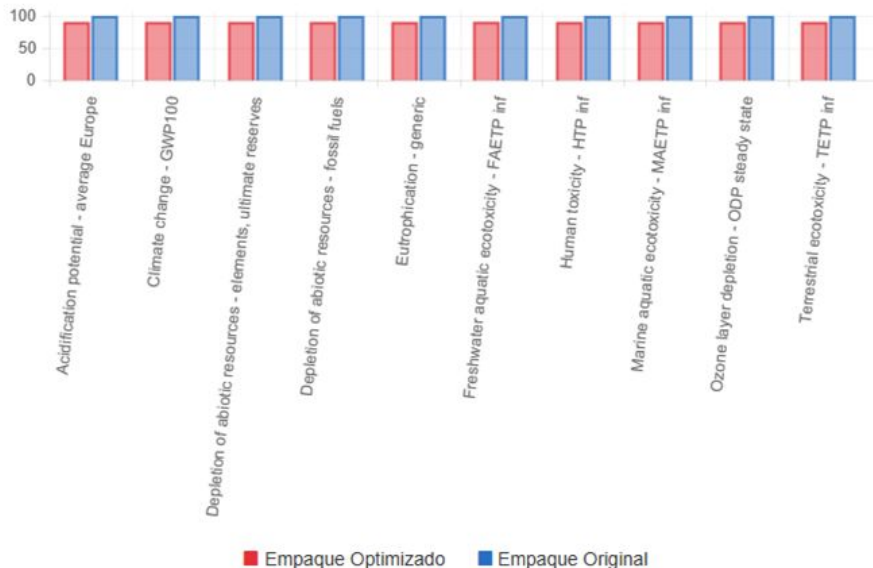
Etapa 4: Interpretación de resultados

Impact category	Unit	Result
Abiotic depletion	kg Sb eq	4.56439E-05
Acidification	kg SO2 eq	5.429090453
Eutrophication	kg PO4--- eq	1.279220268
Fresh water ecotox.	kg 1,4-DB eq	79.62431714
Global warming	kg CO2 eq	1710.273952
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	234.2307534
Ozone layer depletion	kg CFC-11 eq	4.08549E-06
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	0.466664326
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0.103172908

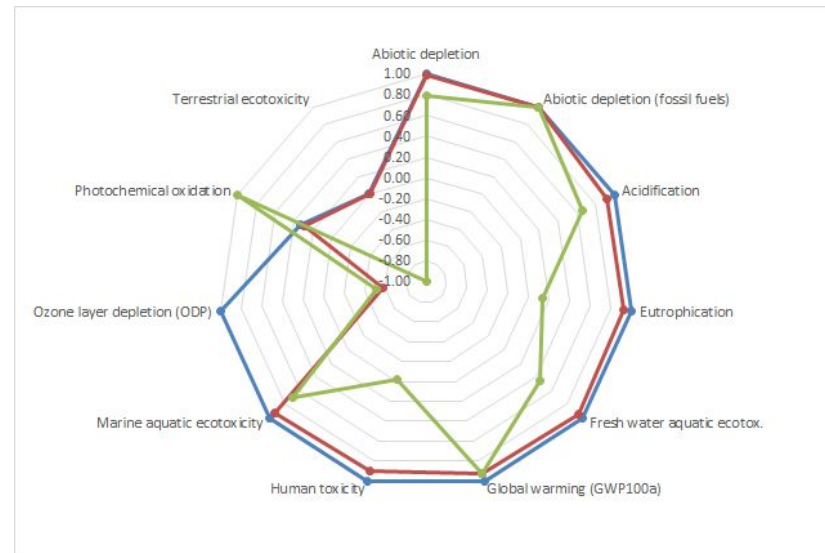
¿Qué hacer con los resultados?



¿Cual es mejor?



Barras

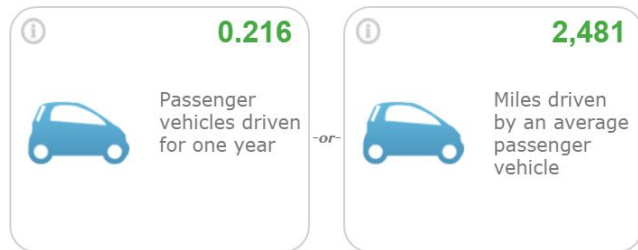


Radial

Interpretación de resultados

Comparación con la vida cotidiana

Greenhouse gas emissions from



Carbon sequestered by

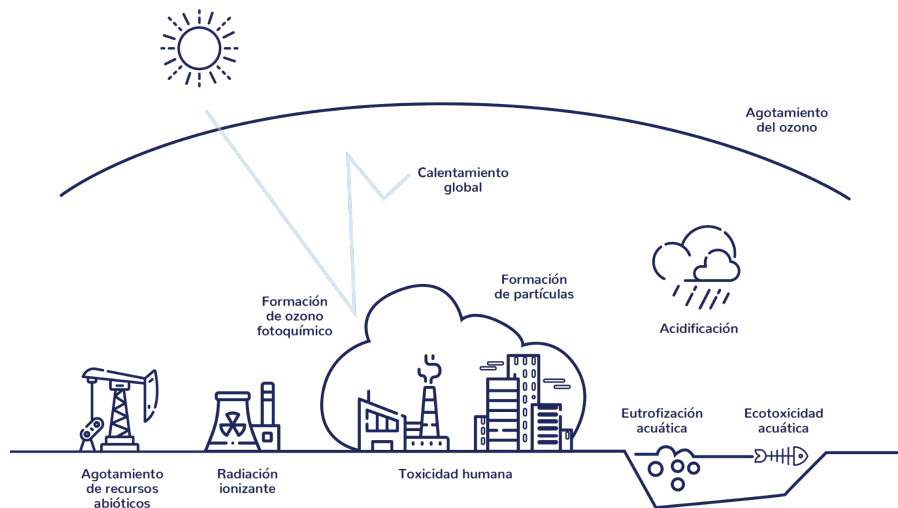


Greenhouse gas emissions avoided by



4 Interpretación de resultados

Greene Sustainability Index (GSI) “Josep Greene”



GSI

**Toneladas de
CO₂ eq.
Producidas
(50%)**



**Toneladas de
desperdicio
generadas
(25%)**



**Acidificación: Kg de
SO₂ eq. (12.5%)**

**Eutrofización: kg de
PO₄ eq. (12.5%)**



Otros aspectos importantes

5 Otros aspectos importantes

Norma ISO 14040 e ISO 14044

Revisión de bibliografía previa



- Comparar resultados
- Aspectos relevantes
- Comparar unidad Funcional
- Comparar conclusiones

¿Cuál es el público objetivo
de mi estudio?

¿Qué puedo hacer con mis
resultados?



5 Otros aspectos importantes

Norma ISO 14040 e ISO 14044



Para la publicación de los resultados al **público general** es necesaria una revisión crítica de al menos **3 entes independientes** al estudio con experiencia versada en el tema.

Otros aspectos importantes

Pares evaluadores



Entre 4,000 y 7,000 Euros



Entre 3,000 y 5,000 Dólares

5 Otros aspectos importantes

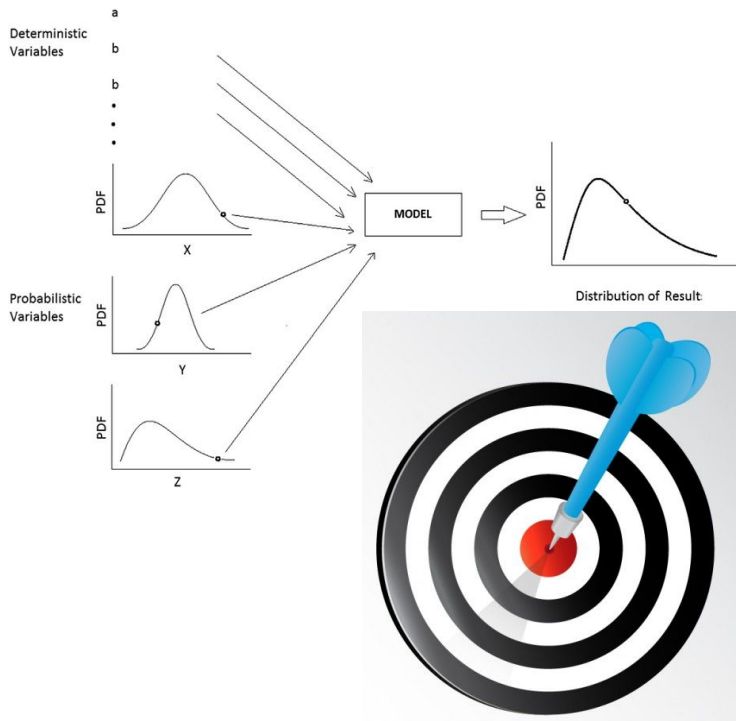
Norma ISO 14040 e ISO 14044

¿Cómo saber si mis resultados son confiables (precisos)?

¿Qué tanto afectan mis suposiciones el resultado?

¿Cuál es la distribución de mis resultados?

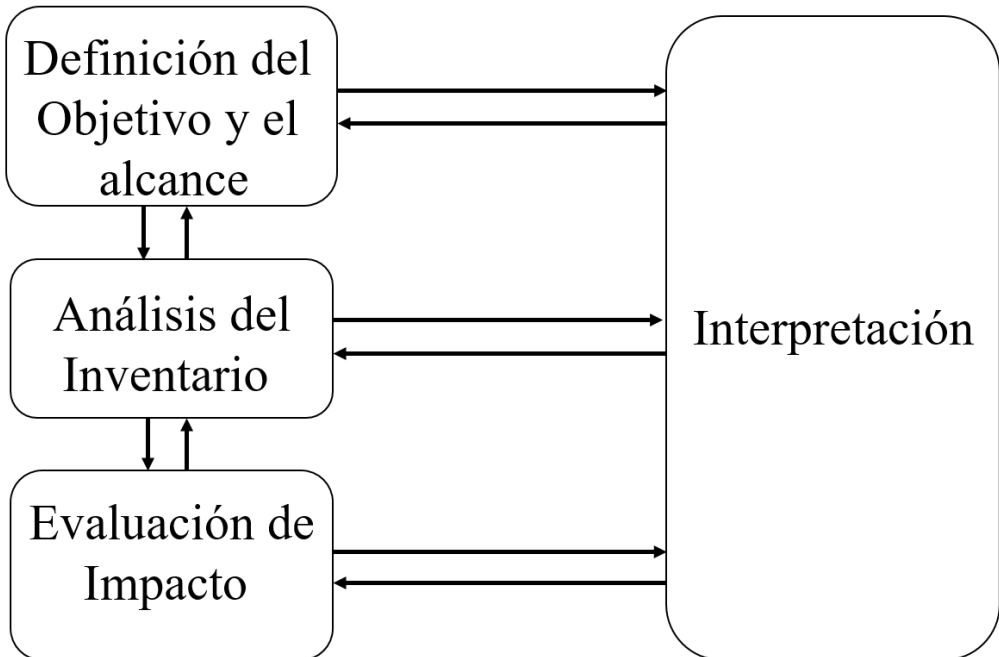




La mayoría de softwares de análisis de ciclo de vida cuentan con diferentes herramientas que permiten calcular la **incertidumbre y precisión** de los resultados.

Es importante llevar **estadísticas** de los procesos internos de la compañía y tener en cuenta estas suposiciones en nuestros estudios

Marco de referencia de un análisis del ciclo de vida



- Aplicaciones directas:**
- Desarrollo y mejora del Producto
 - Planificación estratégica
 - Desarrollo de políticas públicas
 - Marketing
 - Otras

Algunos ejemplos de LCA's en empaques

Aplicación de conceptos



Objetivo y Alcance

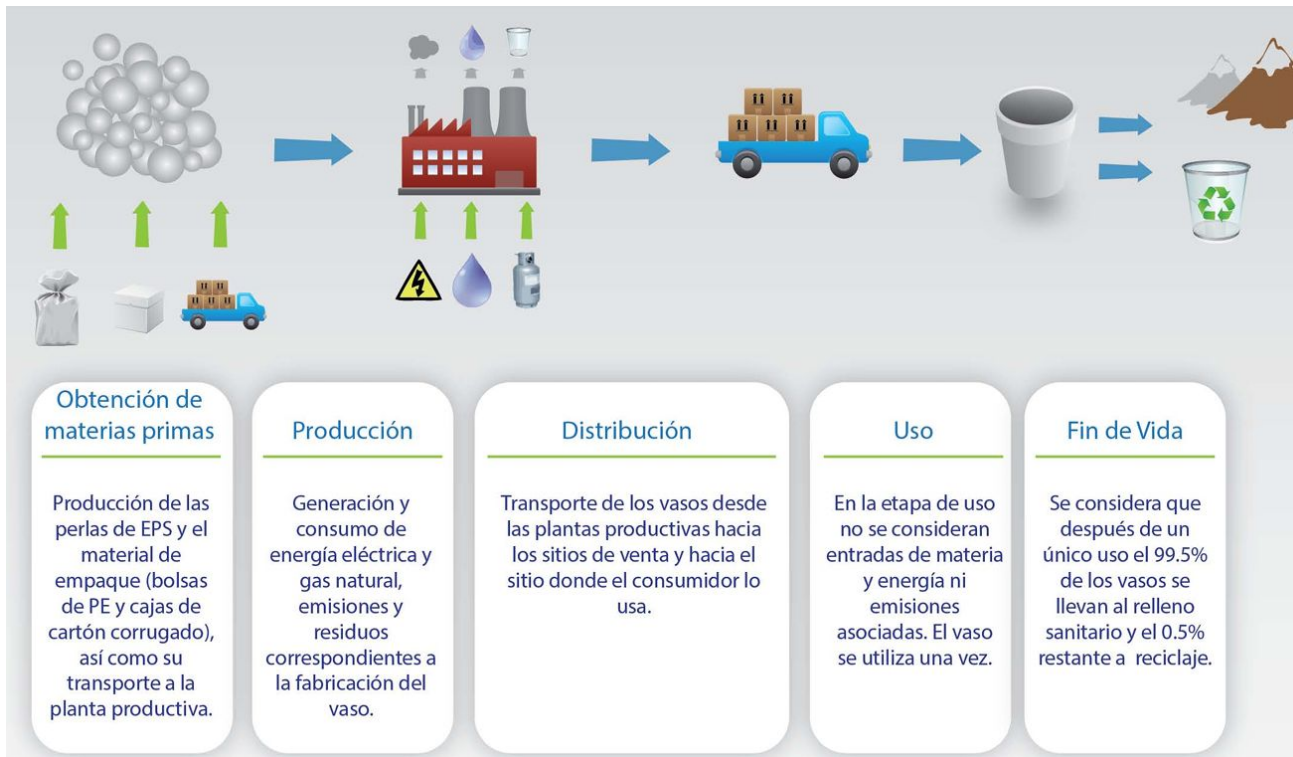
El objetivo del estudio es conocer los impactos ambientales potenciales en el ciclo de vida de vasos desechables de EPS y de papel plastificado con PE.

Unidad funcional

Contener y mantener la temperatura de bebidas calientes y frías en vasos desechables de 10 onzas en el valle de México y Jalisco durante el año 2010

Algunos ejemplos de LCA's

Vasos EPS vs papel



Etapas de ciclo de vida para el vaso de **EPS**

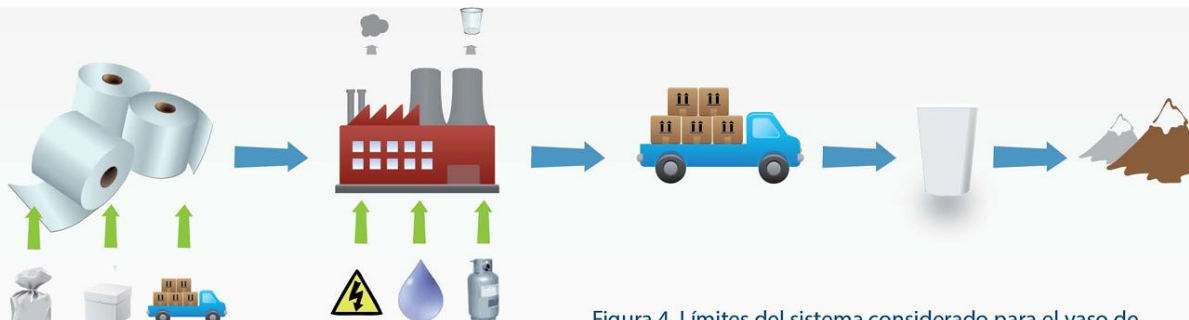


Figura 4. Límites del sistema considerado para el vaso de papel plastificado

Obtención de materias primas

Producción del papel laminado con PE y material de empaque (bolsas de PE y cajas de cartón corrugado), así como su transporte a la planta productiva.

Producción

Generación y consumo de energía eléctrica, emisiones y residuos correspondientes a la fabricación de vasos.

Distribución

Transporte de los vasos desde la planta productiva hacia los sitios de venta y hacia el sitio donde el consumidor lo usa.

Uso

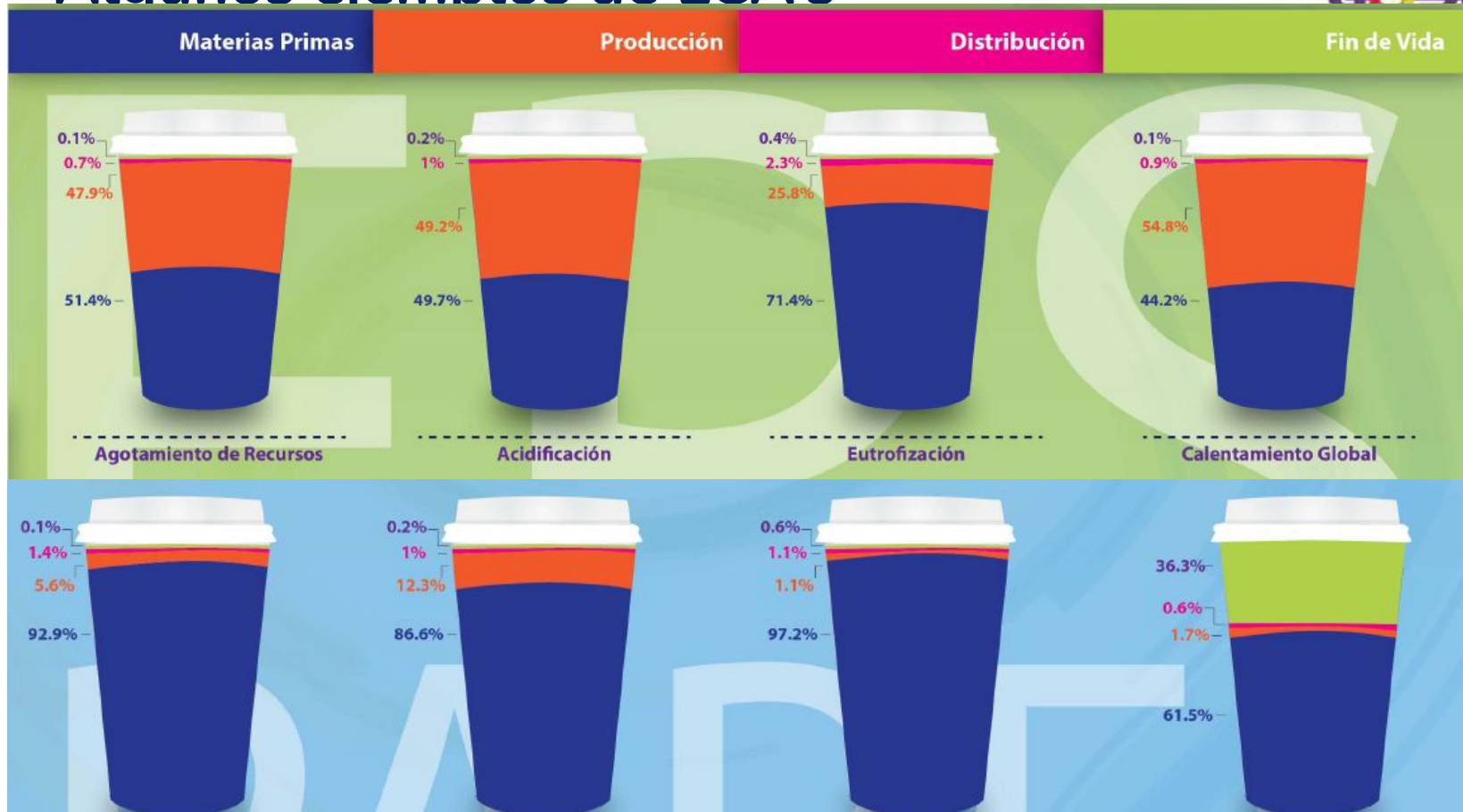
En la etapa de uso no se consideran entradas de materia y energía ni emisiones asociadas. El vaso se utiliza una vez.

Fin de Vida

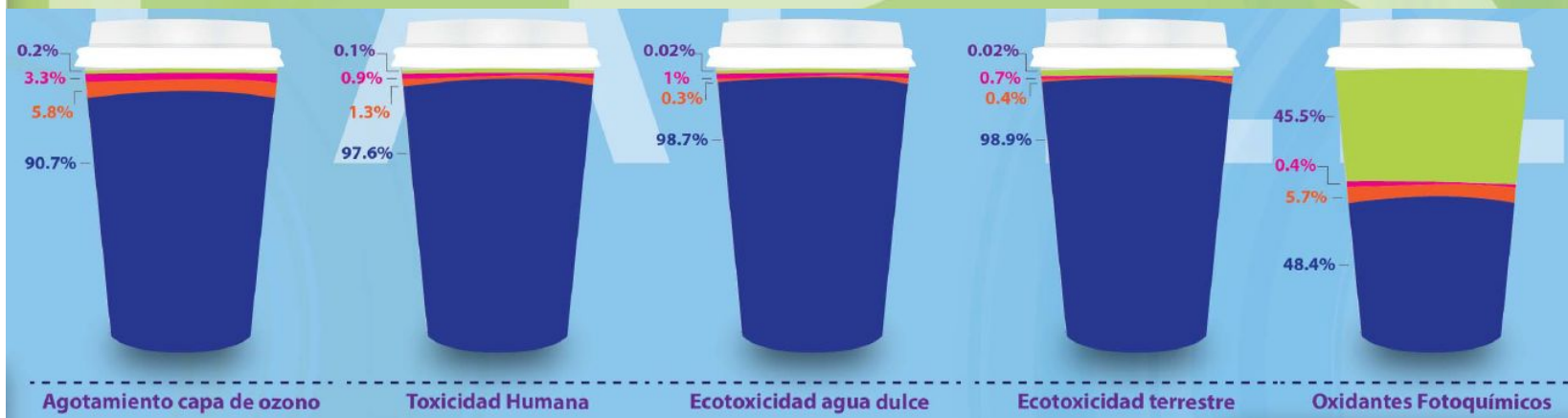
Se considera que todos los vasos, después de un único uso, se llevan al relleno sanitario.

Etapas de ciclo de vida para el vaso de **Papel Plastificado**

Algunos ejemplos de LCA's



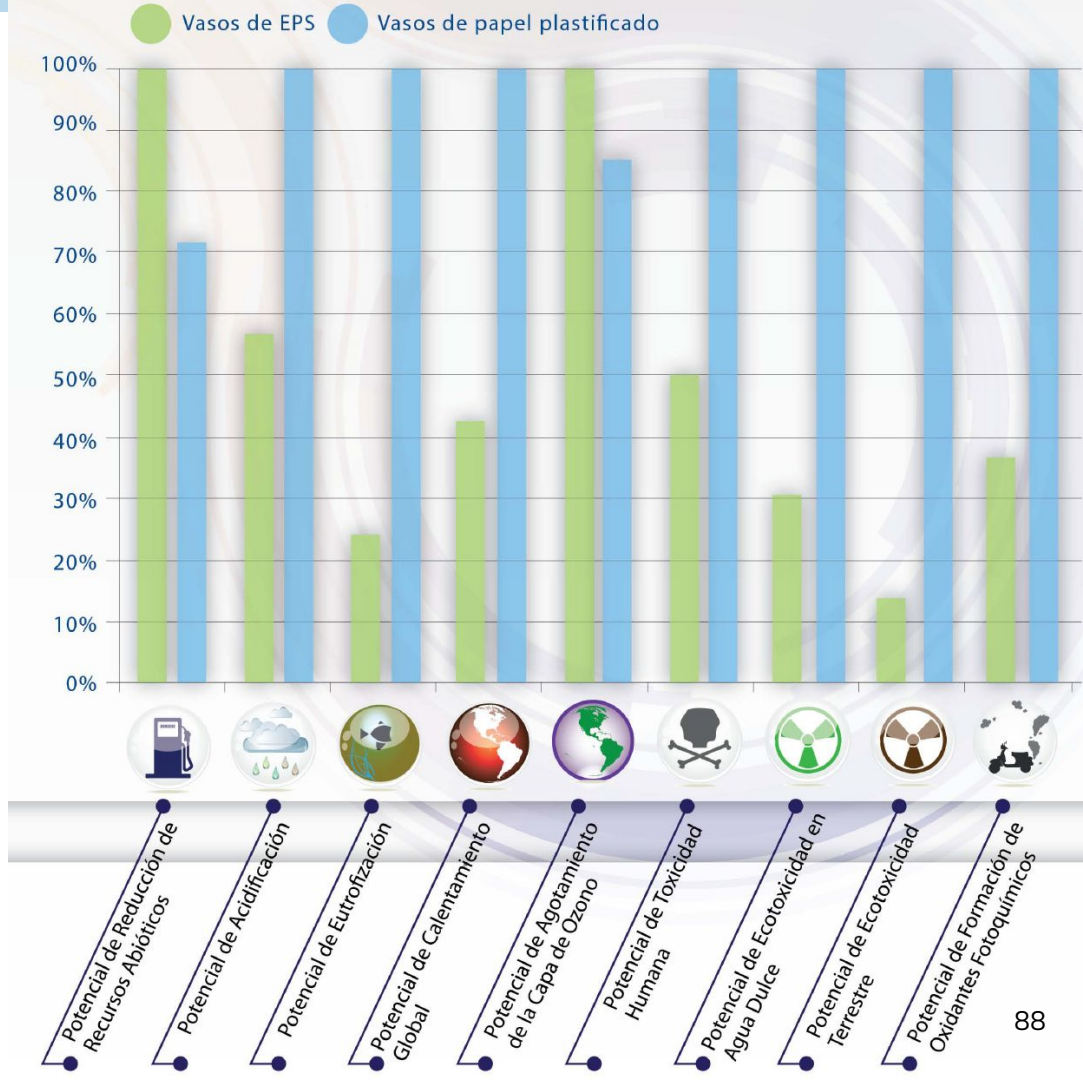
Algunos ejemplos de LCA's



Algunos ejemplos

Vasos EPS vs papel

Evaluación del impacto ambiental potencial

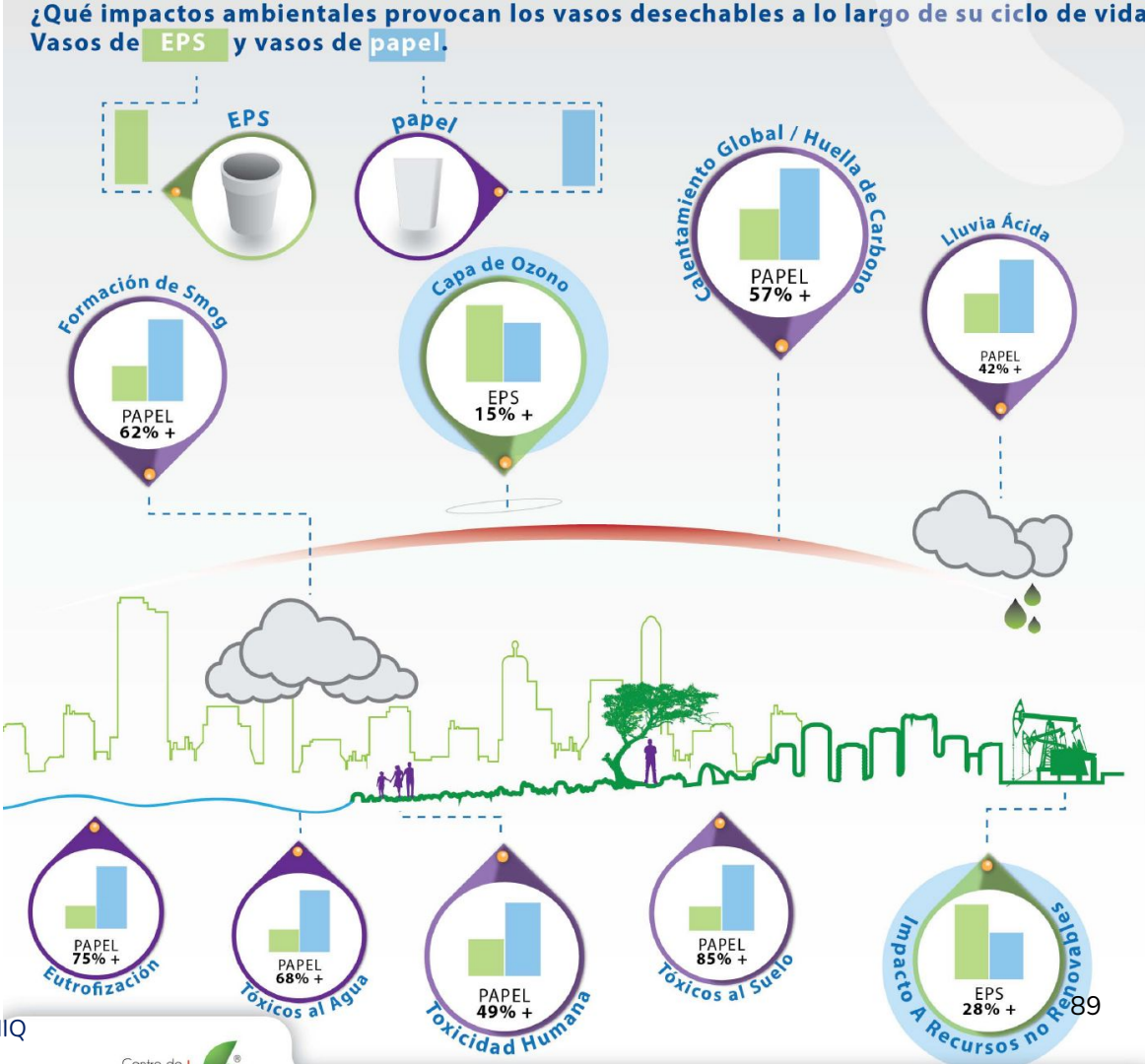




Ejemplo

Vasos EPS vs papel

Interpretación



Sabías que la **huella** de carbono de **6,000 vasos de...**?



Es equivalente a...

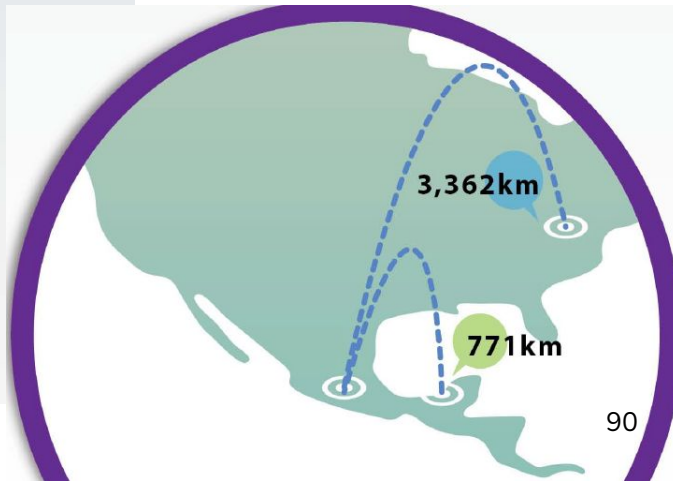
Lahuella de una persona viajando en avión del

D.F. a Ciudad del Carmen

Lahuella de una persona viajando en avión del

D.F. a Nueva York

Comunicación



Algunos ejemplos de LCA's

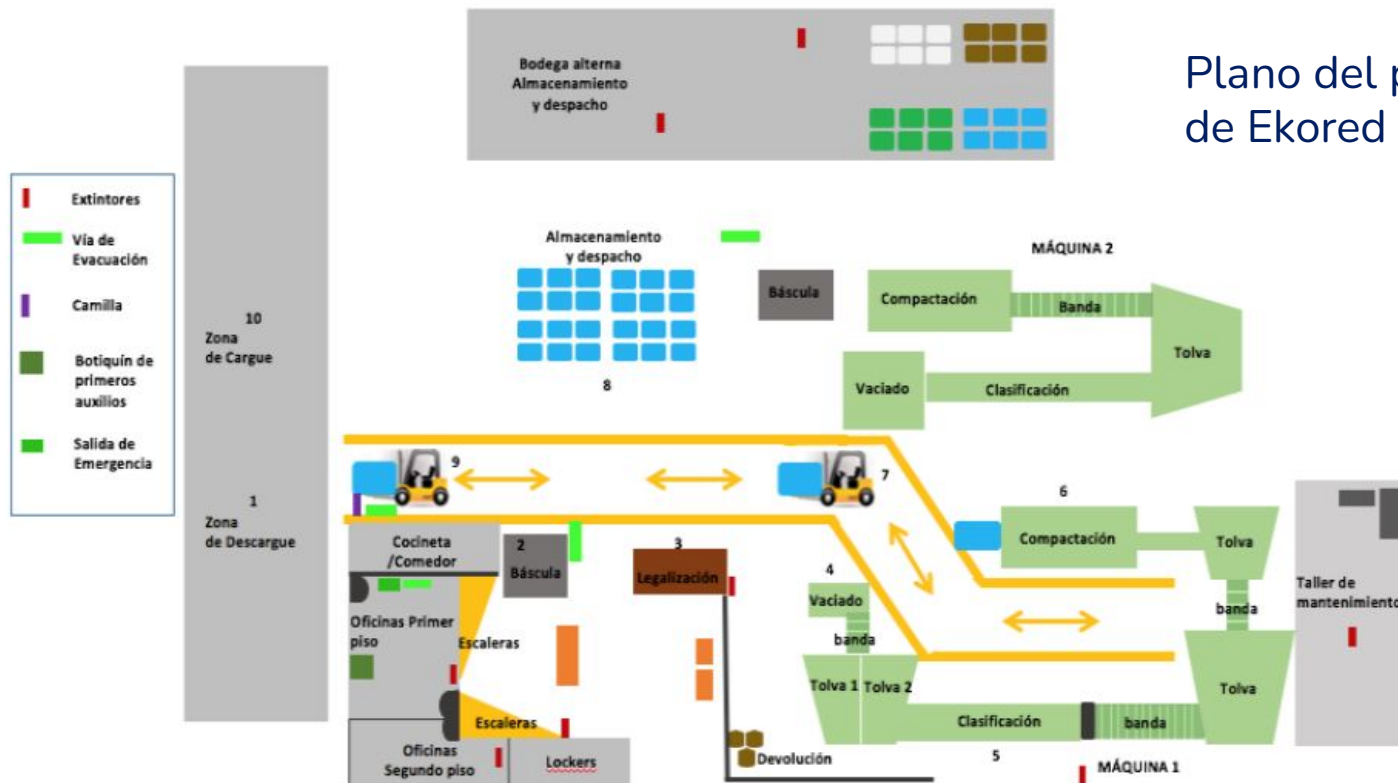
Análisis del ciclo de vida y cálculo de la huella de Carbono para un proceso de reciclaje de botellas PET en Medellín (ANT)



Determinar la sostenibilidad de una empresa de reciclaje PET, a través de un Análisis del Ciclo de Vida de su proceso y de los indicadores de factores de impacto asociados al Cambio Climático o Calentamiento Global, tales como la medida la Huella de Carbono o las emisiones de CO₂ eq.

Definición del Alcance

Proceso de reciclaje



Plano del proceso productivo de Ekored S.A.S.

Una (1) Tonelada de PET reciclado, prensado y listo para entrega a clientes y/o distribuidores.



De la puerta a la puerta

Personal administrativo

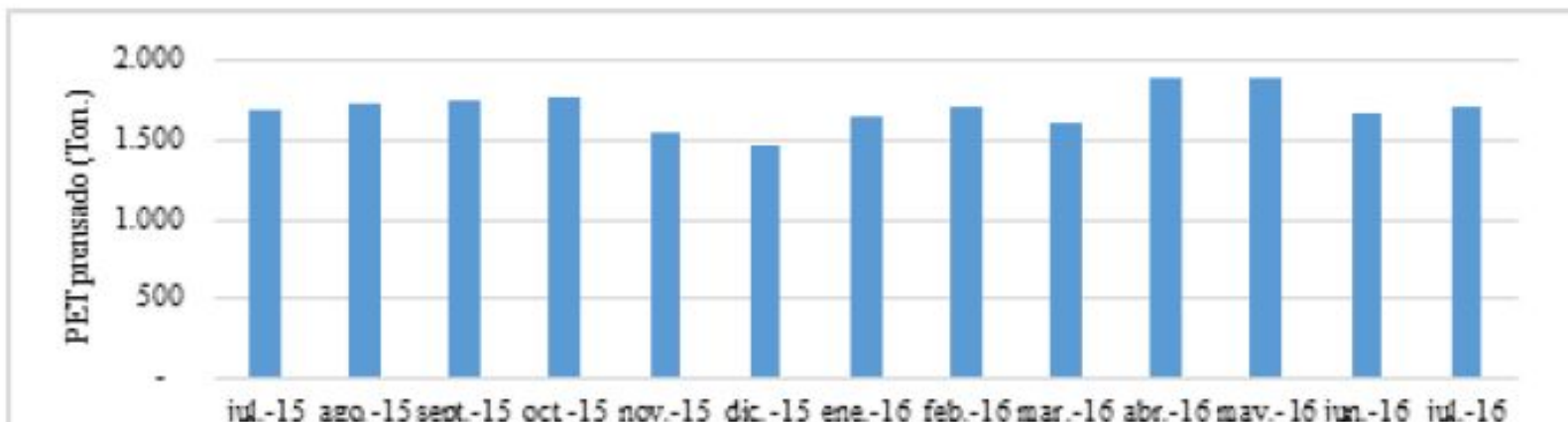
Consumo de energía eléctrica

Personal procesos

Consumo de agua

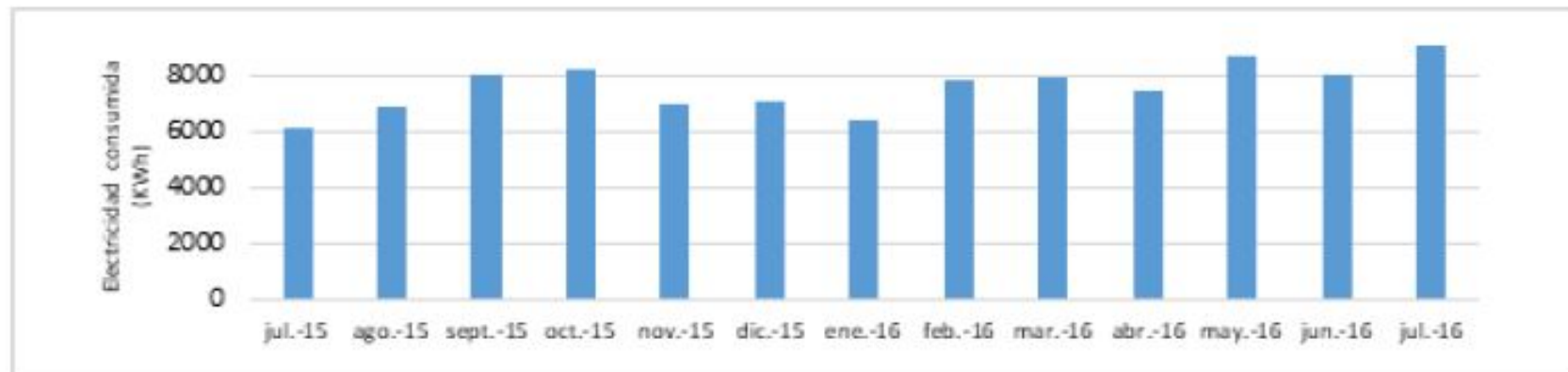
Combustión del Gas Licuado de
Petróleo para la operación del
montacargas

Figura 4. Producción de PET prensado por mes.



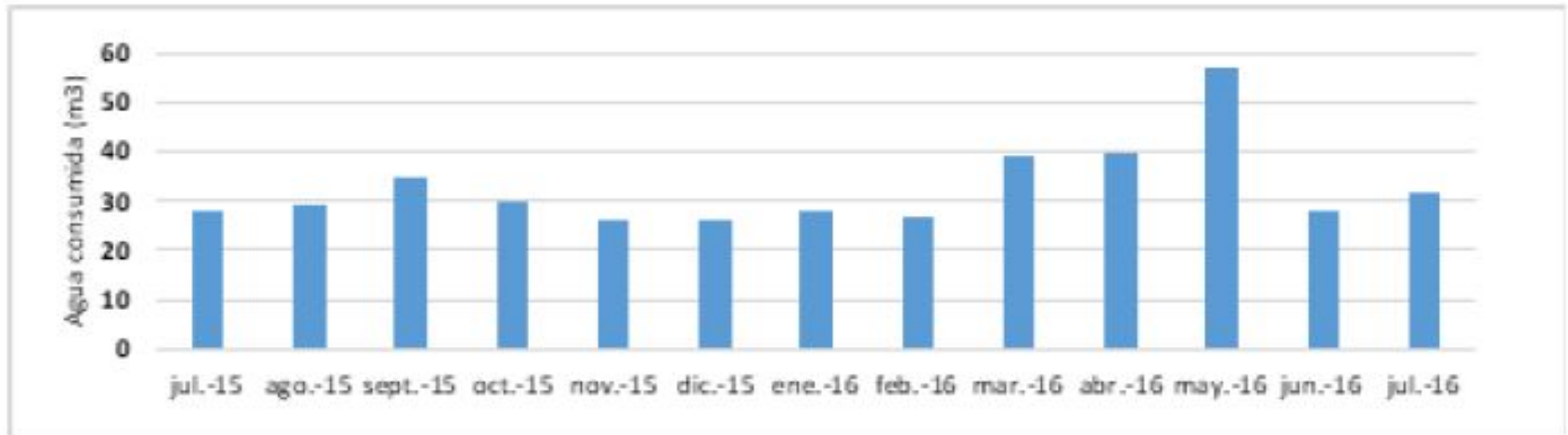
Fuente: elaborado por los autores

Figura 5. Consumo de energía eléctrica (KWh) de EKORED (2015-2016).



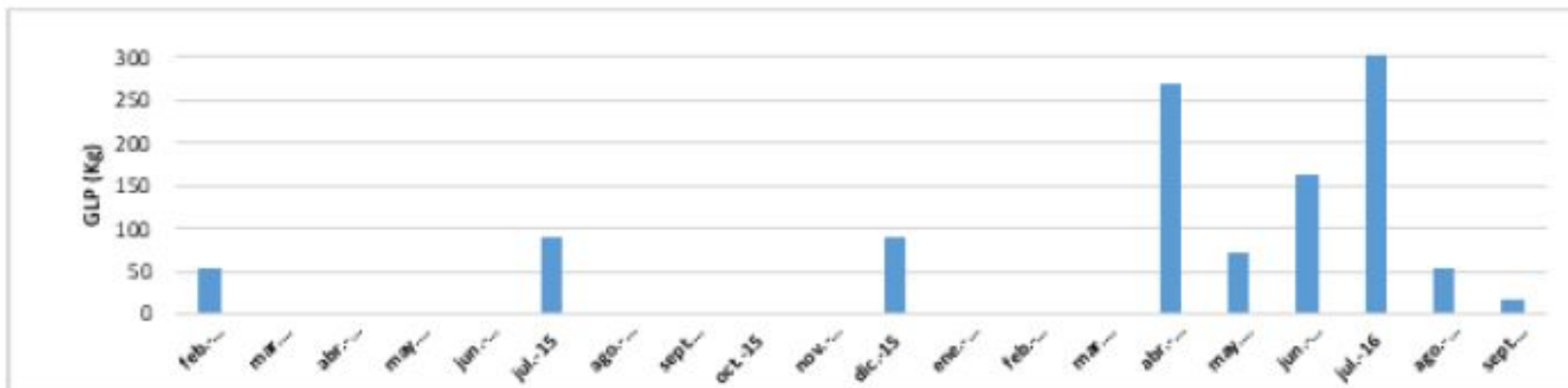
Fuente: elaborado por los autores

Figura 6. Consumo de agua potable (m³) de EKORED (2015-2016).



Fuente: elaborado por los autores

Figura 7. Consumo de gas licuado de petróleo (GLP) por EKORED en Kg. (1 pipeta = 18 Kg = 40 lb = 8,549 gl).



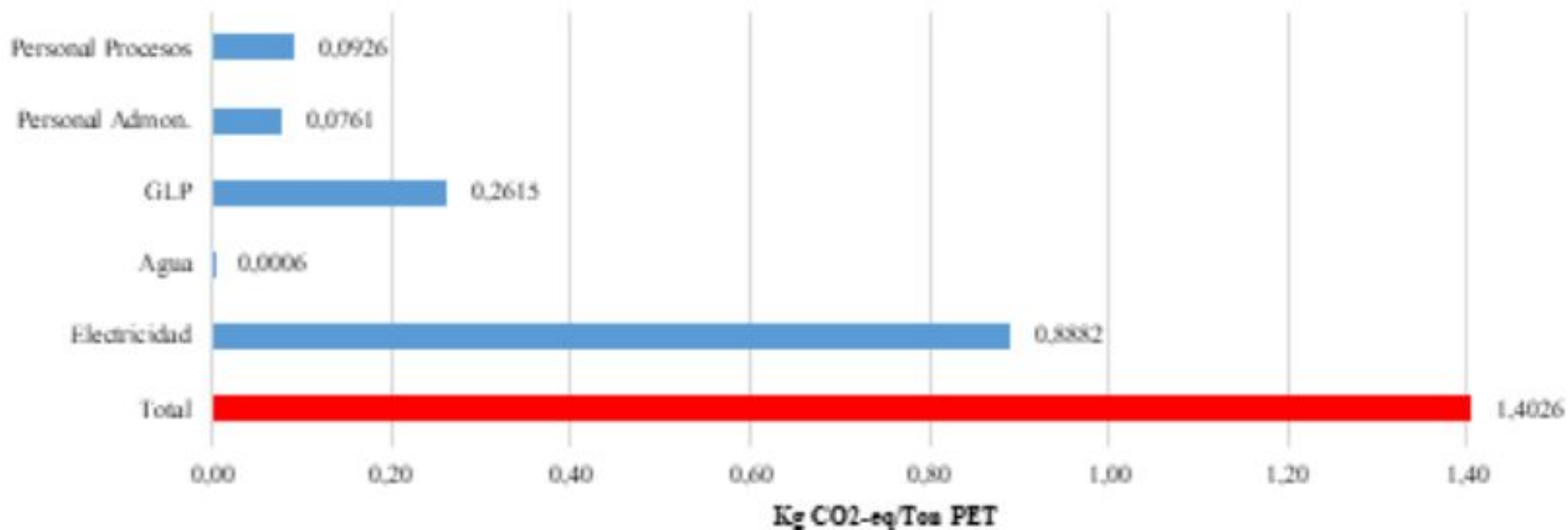
Fuente: elaborado por los autores

Tabla 2. Ejemplo de indicador medioambiental de un ACV.

Indicador	Unidad de Representación	Descripción
Calentamiento Global	Kg CO ₂ equivalente	Cuantifica los efectos del cambio climático, resultantes de la emisión de dióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄) u otros gases efecto invernadero causantes del calentamiento global.

Fuente: *K. Verghese et al., 2012*

4 Interpretación de resultados



Huella de Carbono de EKORED S.A.S Total y por factores (Kg CO₂ -eq/Ton PET), para Junio del 2015 y Julio del 2016.

4 Interpretación de resultados

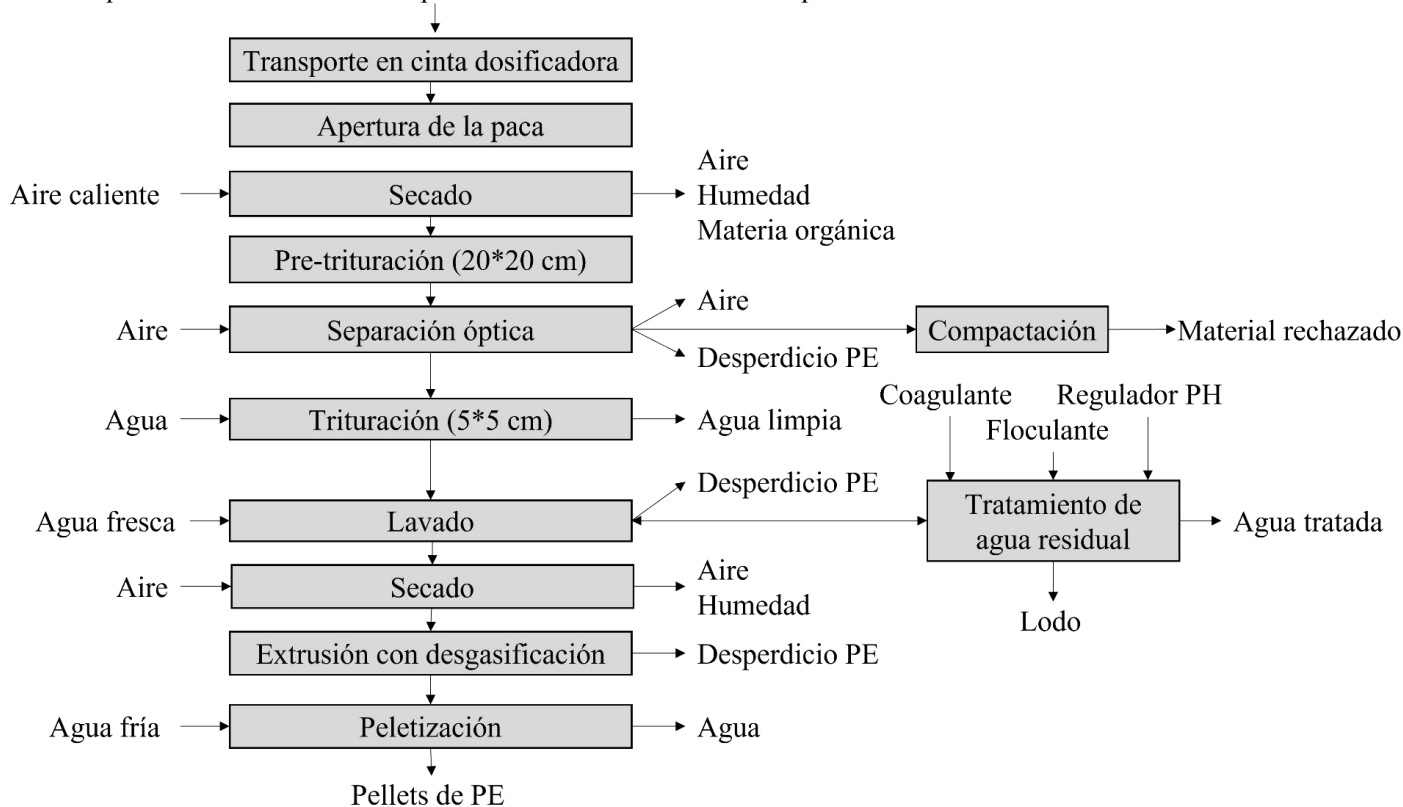
Los datos que reporta EKORED **se encuentran por debajo de la Huella de Carbono mostrada en la literatura**, con un valor de 1,4026 kg CO₂-eq/ton PET, debido a que la actividad de reciclaje que ejerce esta empresa y la contemplada en el presente estudio, solo incluye la recepción y acondicionamiento de las botellas de PET, mediante compresión mecánica, hasta convertirlas en bloques de 400 Kg (aprox.), listos para su envío al cliente.

Análisis del ciclo de vida del reciclaje mecánico de películas flexibles de polietileno post-consumo basado en un caso real en España



- Cuantificar los impactos ambientales del ciclo de vida del reciclaje mecánico de películas flexibles de PE posconsumo
- El principal público objetivo del estudio es la empresa que quiere conocer el impacto ambiental de su proceso de reciclaje de este material. También se cree que este estudio sería útil para otras empresas de tratamiento de residuos y para diseñadores de productos plásticos.

Paca con películas flexibles de PE a partir de residuos sólidos municipales

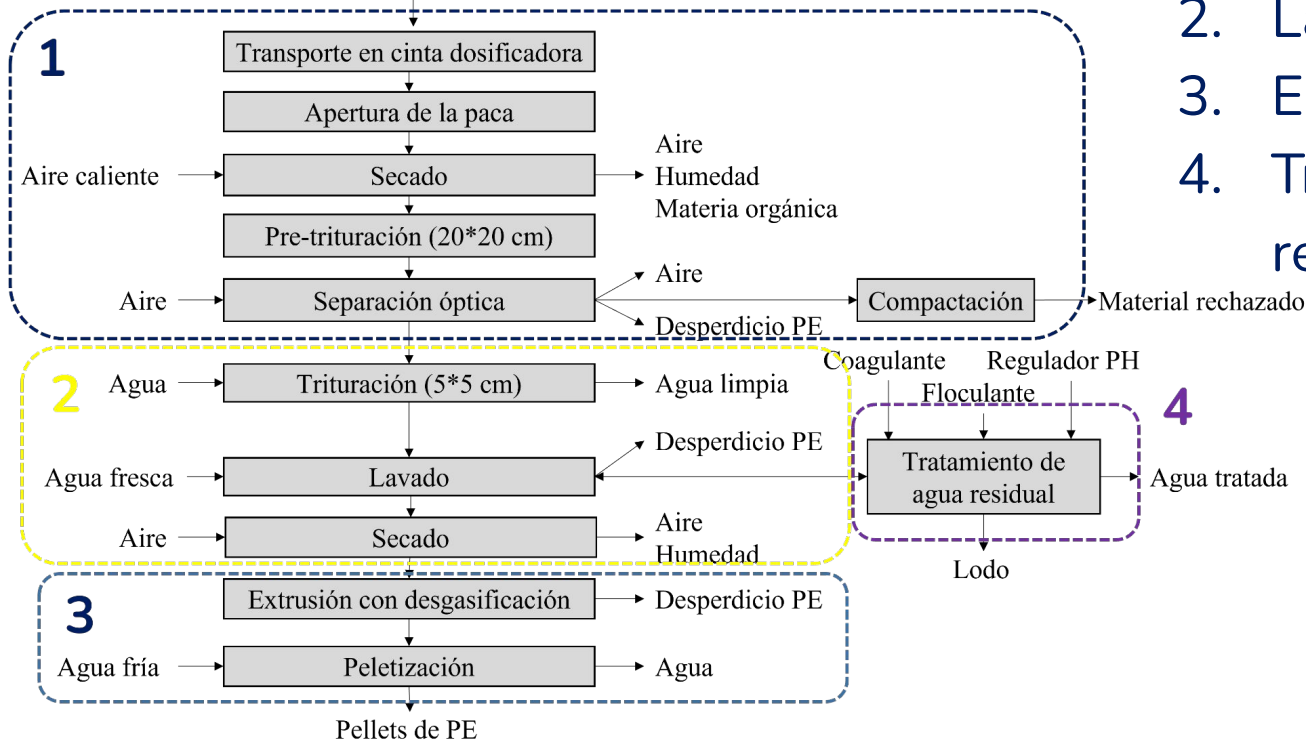


Definición del Alcance

Flujos unitarios que incluye cada área del proceso

1. Selección
2. Lavado
3. Extrusión
4. Tratamiento de agua residual

Paca con películas flexibles de PE a partir de residuos sólidos municipales



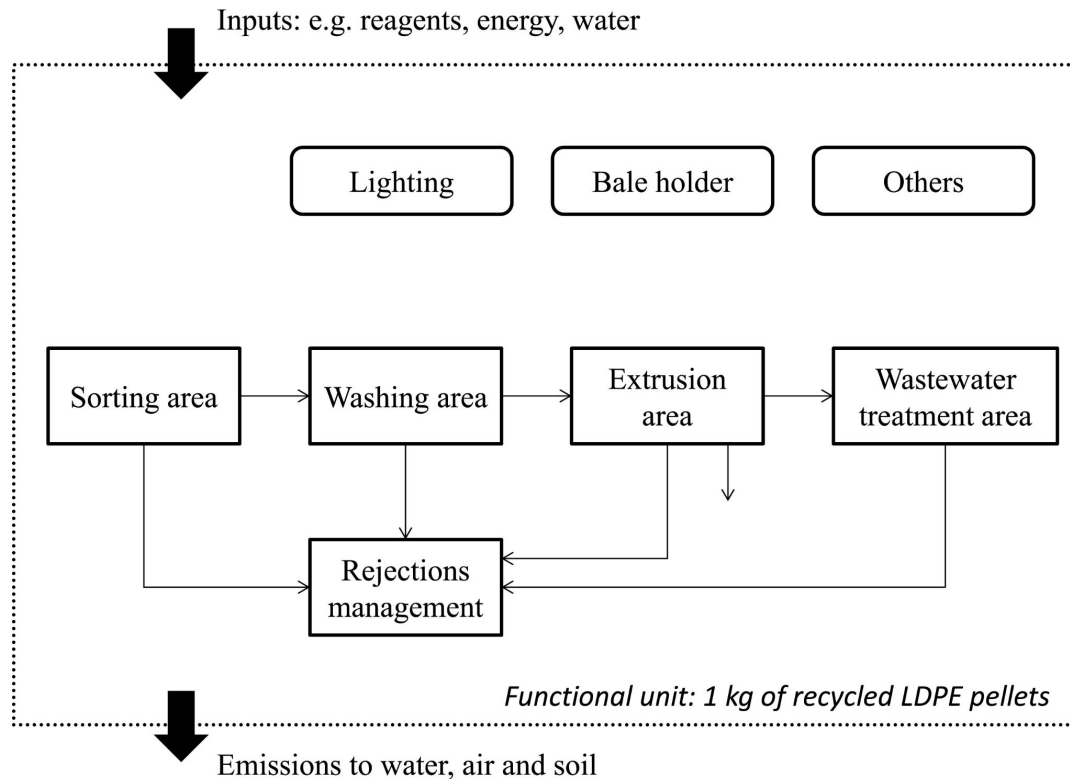
Definición de Objetivos y Alcances

Unidad funcional

Producción de 1 kg de pellets de PEBD reciclado



De la puerta a la puerta



Inventario de Ciclo de Vida

Table 2

Electricity inventory. Functional unit: 1 kg of recycled LDPE pellets.

Area	Operation	Electricity, kWh
Sorting	Bale opening	0.016500
	Drying	0.015000
	Pre-crushing	0.120900
	Optical separation	0.107940
	Compaction	0.032820
Washing	Crushing	0.062700
	Washing	0.17730
	Drying	0.18240
	Extrusion	0.26430
Extrusion	Pelletization	0.0066000
	Depuration	0.058986
Wastewater treatment		0.0136
Lighting		0.0144
Others		

Table 3

Material inputs and outputs inventory. Functional unit: 1 kg of recycled LDPE pellets.

Area	Inputs	Quantity
Washing	Water	2 L
	Poly aluminum chloride-coagulant	0.0081000 kg
	Deionized water for coagulant	0.036900 kg
	Caustic soda 50% (w/w)	0.024000 kg
	Polyacrylamide-flocculant	0.00027000 kg
Bale holder ^a	Deionized water for flocculant	0.089730 kg
	Aqueous effluent	2.1590 L
	CO ₂ (100% oxidation)	0.0053113 kg
	N ₂ O	9.3240 · 10 ⁻⁸ kg
	NO _x	2.4825 · 10 ⁻⁵ kg
P	NH ₃	6.3270 · 10 ⁻⁸ kg
	Indeno(1,2,3-cd)pyrene – ID(1,2,3-cd)	2.6307 · 10 ⁻¹¹ kg
	Benzo(k)fluoranthene – B(k)F	1.4486 · 10 ⁻¹¹ kg
	Benzo(b)fluoranthene – B(b)F	2.7639 · 10 ⁻¹¹ kg
	Benzo(a)pyrene – B(a)P	2.6307 · 10 ⁻¹¹ kg
Lead – Pb	8.6580 · 10 ⁻¹¹ kg	

^a Emissions calculated from the diesel fuel consumption data (0.001665 kg-referring to the functional unit). The emission factors proposed by the European Environmental Agency (2019a) and the IPCC (2006a) were used, the latter to quantify CO₂.

Inventario de Ciclo de Vida

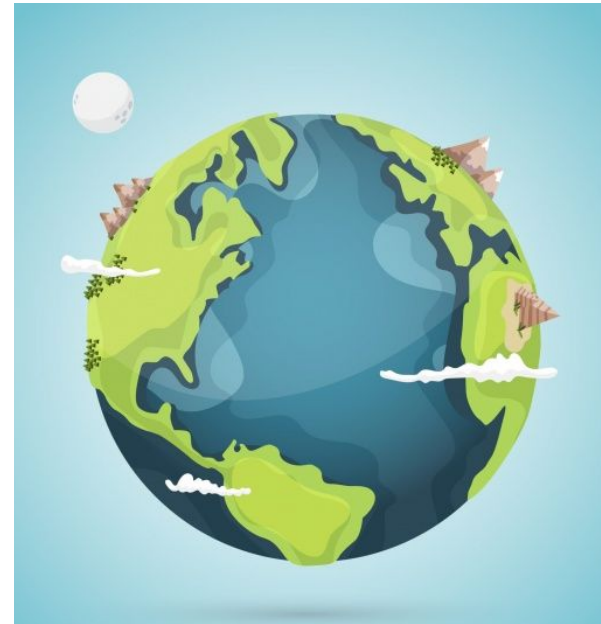
Table 3
Material inputs and outputs inventory. Functional unit: 1 kg of recycled LDPE pellets.

Area	Inputs	Quantity
Washing	Water	2 L
Wastewater treatment	Poly aluminum chloride-coagulant	0.0081000 kg
	Deionized water for coagulant	0.036900 kg
	Caustic soda 50% (w/w)	0.024000 kg
	Polyacrylamide-flocculant	0.00027000 kg
	Deionized water for flocculant	0.089730 kg
Bale holder ^a	Aqueous effluent	2.1590 L
	CO ₂ (100% oxidation)	0.0053113 kg
	N ₂ O	9.3240·10 ⁻⁸ kg
	NO _x	2.4825·10 ⁻⁵ kg
	NH ₃	6.3270·10 ⁻⁸ kg
	Indeno(1,2,3-cd)pyrene – ID(1.2.3-cd)	2.6307·10 ⁻¹¹ kg
	P	
	Benzo(k)fluoranthene – B(k)F	1.4486·10 ⁻¹¹ kg
	Benzo(b)fluoranthene – B(b)F	2.7639·10 ⁻¹¹ kg
	Benzo(a)pyrene – B(a)P	2.6307·10 ⁻¹¹ kg
Lead – Pb	8.6580·10 ⁻¹¹ kg	

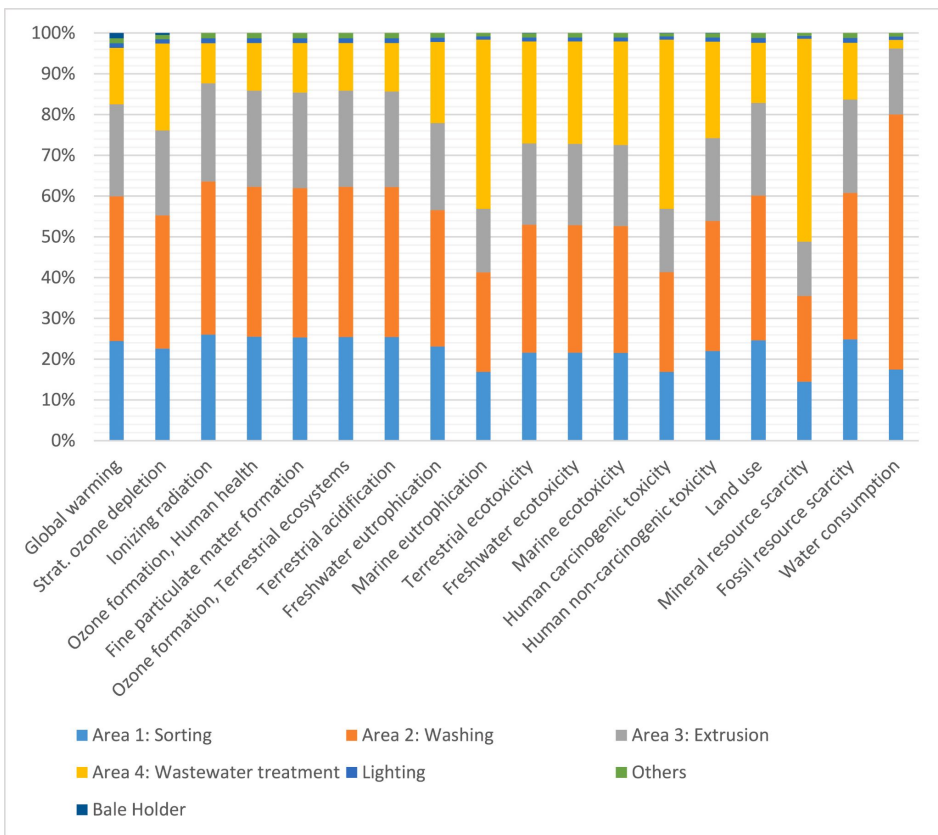
^a Emissions calculated from the diesel fuel consumption data (0.001665 kg-referring to the functional unit). The emission factors proposed by the European Environmental [European Environment Agency \(2019a\)](#) and the [IPCC \(2006a\)](#) were used, the latter to quantify CO₂.

Software SimaPro® 9.0.0.49 PhD

- Cambio climático
- Acidificación
- Agotamiento de los recursos abióticos
- Eco toxicidad
- Eutrofización
- Toxicidad humana
- Agotamiento de la capa de ozono



4 Interpretación de resultados



Para todas las categorías de impacto ambiental, la contribución de iluminación, es mínima. Las zonas con mayor potencia eléctrica instalada son generalmente las de mayor impacto. Estas áreas corresponden a lavado y clasificación. Hay dos áreas que contribuyen significativamente a dos categorías de impacto ambiental: **tratamiento de aguas residuales para el agotamiento de los recursos minerales (50%)** y **lavado para el consumo de agua (63%)**.

4 Interpretación de resultados

Table S1. LCIA results of the characterization of the process by the ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03 methodology

Midpoint impact categories	Unit	Total	Area 1: Sorting	Area 2: Washing	Area 3: Extrusion	Area 4: Wastewater treatment	Lighting	Others	Bale Holder
Global warming	kg CO ₂ eq	0.421795	0.103392	0.149409	0.095541	0.058239	0.004796	0.005079	0.005339
Strat. ozone depletion	kg CFC11 eq	2.39E-07	5.41E-08	7.81E-08	5.00E-08	5.09E-08	2.51E-09	2.66E-09	1.03E-09
Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	0.22395	0.058286	0.084186	0.05386	0.022051	0.002704	0.002863	0
Ozone formation, Human health	kg NO _x eq	0.001384	0.000353	0.000509	0.000326	0.000162	1.64E-05	1.73E-05	0
Fine particulate matter formation	kg PM _{2.5} eq	0.001041	0.000264	0.000381	0.000244	0.000127	1.22E-05	1.30E-05	0
Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO _x eq	0.001392	0.000355	0.000512	0.000328	0.000163	1.65E-05	1.74E-05	0
Terrestrial acidification	kg SO ₂ eq	0.002602	0.000662	0.000956	0.000612	0.000309	3.07E-05	3.25E-05	0
Freshwater eutrophication	kg P eq	0.00019	4.40E-05	6.36E-05	4.07E-05	3.78E-05	2.04E-06	2.16E-06	0
Marine eutrophication	kg N eq	2.25E-05	3.80E-06	5.50E-06	3.52E-06	9.34E-06	1.76E-07	1.87E-07	0
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.466354	0.100958	0.146061	0.093292	0.116396	0.004684	0.004959	3.74E-06
Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.008972	0.001938	0.002803	0.00179	0.002256	8.99E-05	9.52E-05	1.20E-11
Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	0.012427	0.002676	0.003871	0.002472	0.003153	0.000124	0.000131	9.73E-10
Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	0.023387	0.003945	0.005724	0.003645	0.009696	0.000183	0.000194	5.08E-09
Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	0.211274	0.046554	0.067325	0.043019	0.049928	0.00216	0.002287	1.93E-06
Land use	m ² a crop eq	0.011678	0.002872	0.004154	0.002654	0.001723	0.000133	0.000141	0
Mineral resource scarcity	kg Cu eq	0.001248	0.00018	0.000263	0.000167	0.000621	8.37E-06	8.86E-06	0
Fossil resource scarcity	kg oil eq	0.110168	0.027378	0.039568	0.025299	0.015309	0.00127	0.001345	0
Water consumption	m ³	0.005543	0.000969	0.003468	0.000895	0.000118	4.49E-05	4.76E-05	0

Table S4. Comparison between methodologies EPD (2018) V1.00 and CML-IA V3.0 /EU25

Impact Category	Unit	EPD (2018) V1.00	CML-IA baseline V3.05 / EU25
Global warming (GWP 100a)	kg CO ₂ eq	0.41609	0.41609
Abiotic depletion, fossil fuels	MJ	4.7283	4.7283
Ozone layer depletion	kg CFC ₁₁ eq	$7.2600 \cdot 10^{-8}$	$7.2600 \cdot 10^{-8}$
Acidification	kg SO ₂ eq	0.0031267	0.0031950
Eutrophication	kg PO ₄ ³⁻ eq	0.00081300	0.00081300

Limitaciones del análisis de ciclo de vida

Y algunas recomendaciones a tener en cuenta

Limitaciones de los LCA's y algunas recomendaciones a tener en cuenta

No cuenta con muchas categorías que evalúen la contaminación generada

No se tiene en cuenta las pérdidas de material de las líneas de recolección



Tomado de: <https://www.freepik.com/>

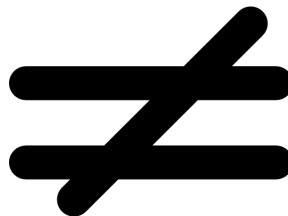
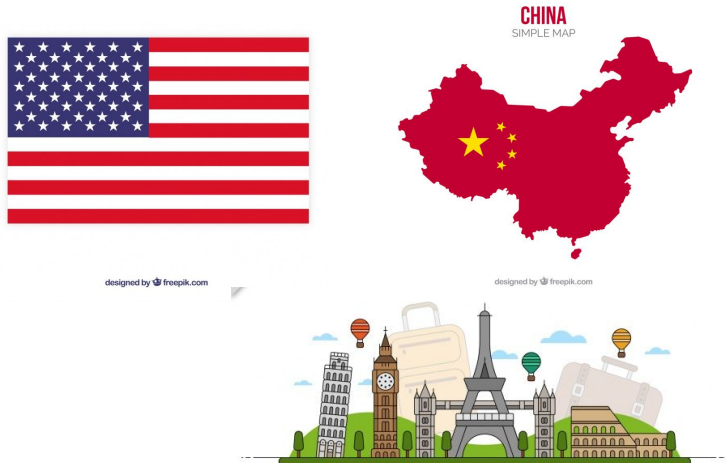
Limitaciones de los LCA's y algunas recomendaciones a tener en cuenta

Aunque los empaques previenen la pérdida de alimentos en la mayoría de los casos, algunos empaques aumentan esta práctica (empaques personales, empaques resellables con un mal diseño)



Limitaciones de los LCA's y algunas recomendaciones a tener en cuenta

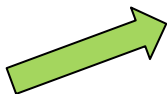
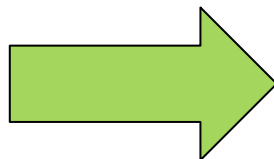
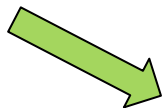
No siempre se tienen en cuenta las particularidades del lugar del estudio



Tomado de: <https://www.freepik.com/>

Limitaciones de los LCA's y algunas recomendaciones a tener en cuenta

Los resultados pueden variar significativamente dependiendo del alcance y el objetivo del estudio



Limitaciones de los LCA's y algunas recomendaciones a tener en cuenta

No tiene en cuenta variables sociales y económicas



Limitaciones de los LCA's

Y algunas recomendaciones a tener en cuenta

Es una herramienta para toma de decisiones,
no un “tomador de decisiones

Ambientales

Financieras



Técnicas

Sociales

La sostenibilidad no es una propiedad de los materiales

¿Preguntas?



INSTITUTO DE
CAPACITACIÓN
E INVESTIGACIÓN
DEL PLÁSTICO Y
DEL CAUCHO

¡Gracias!

Carrera 49 #5 Sur 190. Bloque 37
+574 3116478
Medellín, Colombia
icipc@icipc.org - <https://icipc.org>



@ICIPCmedellin



@ICIPC



@ICIPC_Medellin



@ICIPC