

# Antes de comenzar nuestra sesión ...



INSTITUTO DE  
CAPACITACIÓN  
E INVESTIGACIÓN  
DEL PLÁSTICO Y  
DEL CAUCHO



Ubícate en un  
lugar cómodo



Prepárate un café  
o tu bebida favorita



Alista lápiz y papel  
para tomar nota

# Durante la sesión ...



Interactuar con los docentes y  
demás participantes del curso  
a través del chat



Q&A

Dejar tus preguntas haciendo  
clic en el botón Q&A (Preguntas y  
Respuestas).



No grabar la sesión.  
Recuerda que no está  
permitido



INSTITUTO DE  
CAPACITACIÓN  
E INVESTIGACIÓN  
DEL PLÁSTICO Y  
DEL CAUCHO

# Introducción al Análisis de Ciclo de Vida para Productos Plásticos Parte 1

---

Alexander Hernandez M. Mag.



# Presentador:

## Mag. Alexander Hernández Muñoz

- Ingeniero Mecánico
- Especialista en Procesos de Transformación del Plástico y del Caucho
- Magíster en Ingeniería con énfasis en polímeros
- 8 años de experiencia como Director Técnico en la Industria del Caucho
- 8 años de experiencia en la industria de los plásticos flexibles en contacto con alimentos, desarrollo de productos, metalización, barreras transparentes, hologramas.
- 8 años como consultor Senior del ICIPC en temas como
  - Desarrollo de nuevos productos
  - Clúster de Empaques Plásticos con valor agregado
  - Sostenibilidad
  - Valorización de Residuos
- Gerente de I+D en GLASST INNOVATION COMPANY desde Sept 2021



Email: [alexanderhdez@gmail.com](mailto:alexanderhdez@gmail.com)

Tel: +57 310 830 64 17



# Generalidades del curso

## Contenido:

- Un poco de Historia
- Introducción a la metodología de LCA (4 horas)
- Introducción al manejo de la herramienta OpenLCA (2 horas)
- Taller de aplicación de conceptos (2 horas)

Fechas: Abril 12 y 13 de 2023

Horario: de 17:00 a 21:00 - REPUBLICA DOMINICANA



# Objetivos para el Curso

1. ¿Serán mis decisiones verdaderamente sostenibles ambientalmente?

2. Conocer una herramienta que apoye a la sostenibilidad ambiental de mi empresa

3. Acercarnos a algunos ejemplos de LCA de la industria de productos plásticos

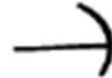


# Un poco de Historia



# UN POCO DE HISTORIA

Desde los inicios de la revolución industrial, el modelo económico mundial se fundamentó en una economía lineal



**TOMAR**

**PRODUCIR**

**USAR**

**BOTAR**

El modelo se basa en:

- Recursos ilimitados
- Maximizar utilidades / ventas
- Desconocimiento y poco interés por lo que se bota



# UN POCO DE HISTORIA



**COMPRAR – TIRAR - COMPRAR**



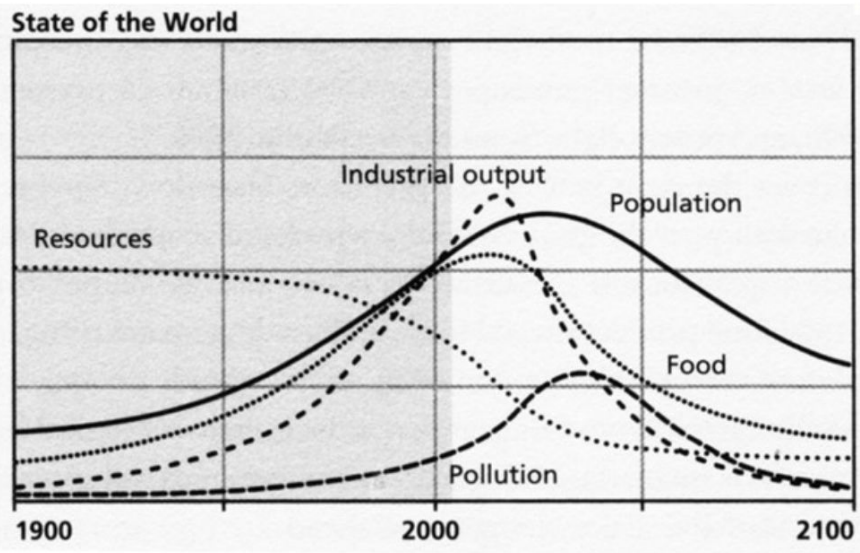




# UN POCO DE HISTORIA

En 1972 Se publicó “Los Límites de crecimiento”, informe realizado por el MIT a petición del Club de Roma

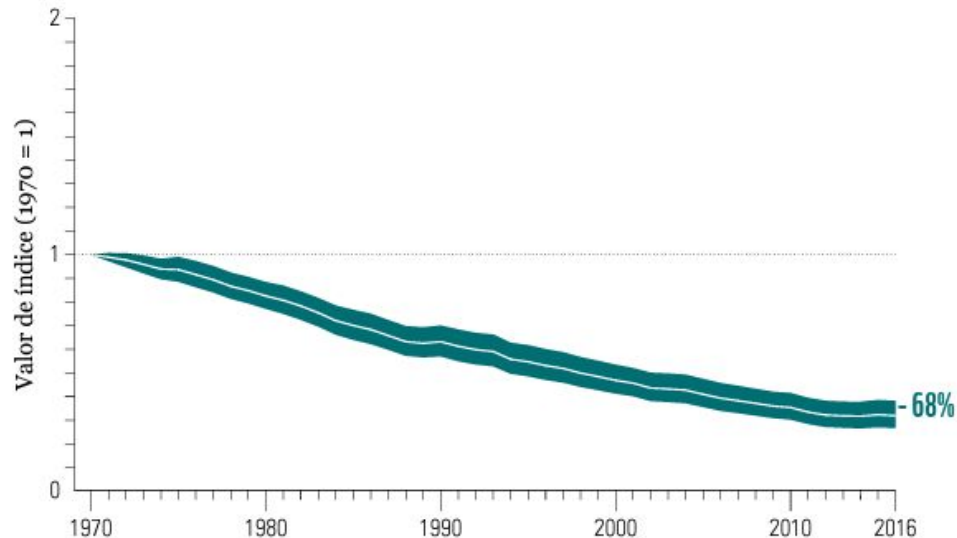
En 1969 CocaCola emprendió un estudio sobre sus envases y su impacto en el ambiente, Proceso que se denominó REPA (Resource and environmental profile Analysis practicado en USA y en Europa conocido como ECOBALANCE)





# Antes de Empezar

El Índice Planeta Vivo global 2020 detecta una disminución media del 68% (rango entre el -73% y el -62%) de las poblaciones estudiadas de mamíferos, aves, anfibios, reptiles y peces entre 1970 y 2016<sup>1</sup>.



Fuente: WWF Informe Planeta vivo 2020

## ¿Cuántas Tierras necesitaríamos

si todo el mundo viviera como los habitantes de Estados Unidos?



Fuente: National Footprint and Biocapacity Accounts 2022

Resultados por otros países disponibles en [overshootday.org/how-many-earths](https://overshootday.org/how-many-earths)



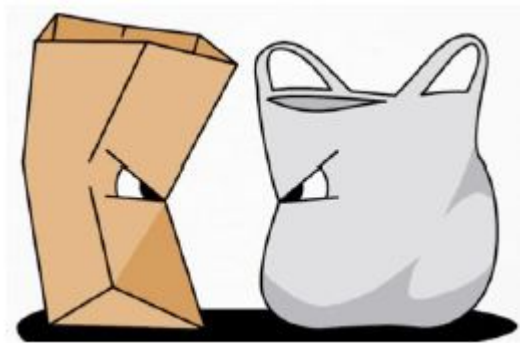
# Antes de empezar...

Dejemos claro algo desde el principio...

Pregunta:

¿La selección de materia prima para mis empaques determina su sostenibilidad?

1. Sí, el 80% de los impactos ambientales están asociados al material
2. No, el material es únicamente uno de los contribuyentes pero no el mayor siempre



¿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

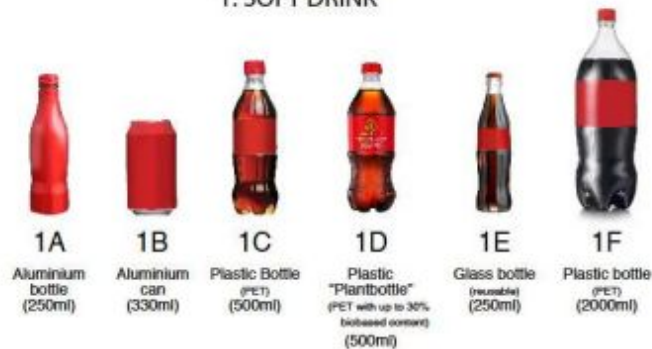


Tomado de: <https://lottiefiles.com/>



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

## 1. SOFT DRINK



## 2. BEER



## 3. MILK



## 4. OLIVE OIL



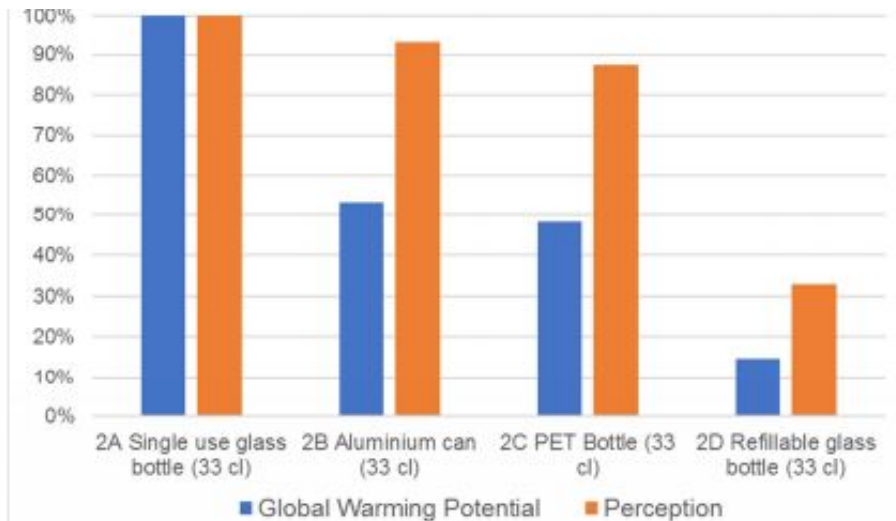
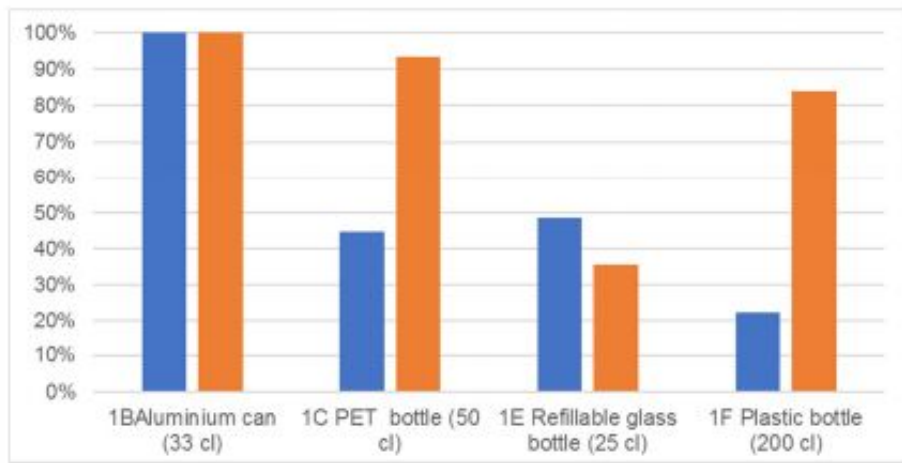
## 5. SKINNED TOMATOES



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



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



≠







Nota mental para toda la vida...

**La SOSTENIBILIDAD no es  
una propiedad intrínseca de  
los materiales, ni de los  
empaques**

# El problema del diseñador



Diseñar una máquina que:

- Use energías renovables
- Destile agua
- Regule el nitrógeno del ambiente
- Cree microclimas
- Identifique las estaciones
- Se repare
- Se replique
- Produzca alimento
- Produzca oxígeno
- Capture CO2

En esta etapa se define el 80% del impacto ambiental



## La trampa del folclore ambiental

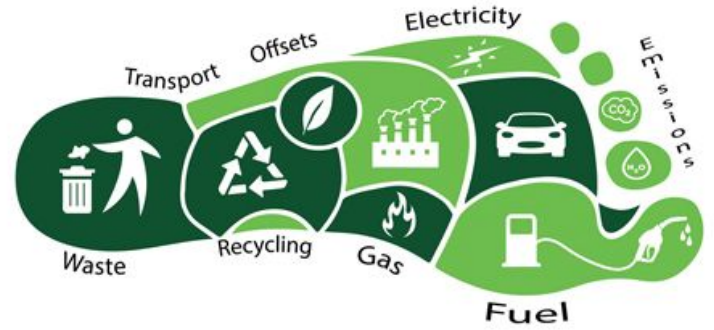
“Tu intención es hacer lo correcto para el medio ambiente basándote en lo que supuestamente se debe hacer y lo que se creer saber, aún sin ninguna evidencia científica”

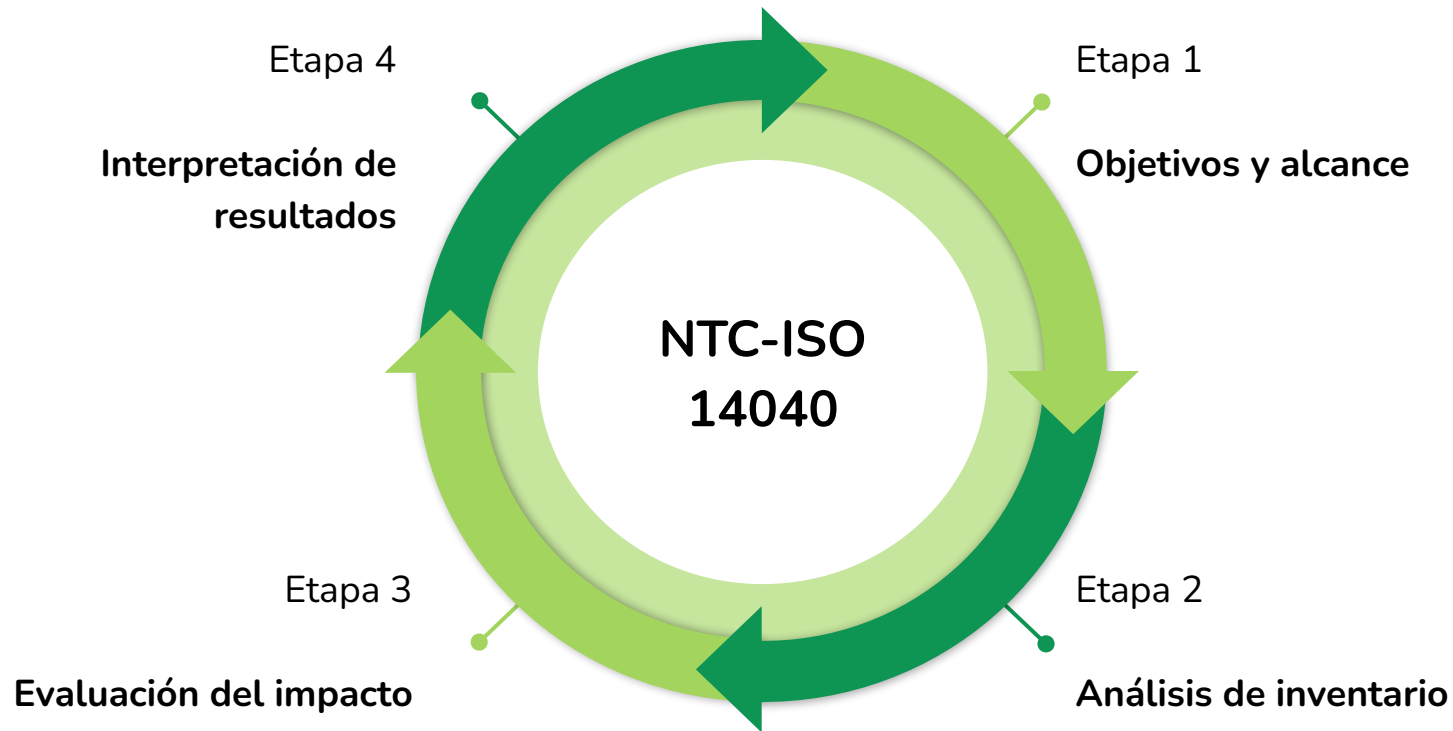
Kim Ragaert, Plastics Rehab Project





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





# Normativa ACV

**ISO 14040 e ISO 14044**

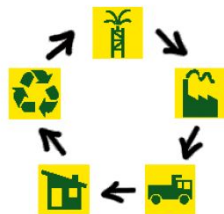
Regula la metodología de evaluación ambiental de análisis de ciclo de vida de un producto

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

## Antes

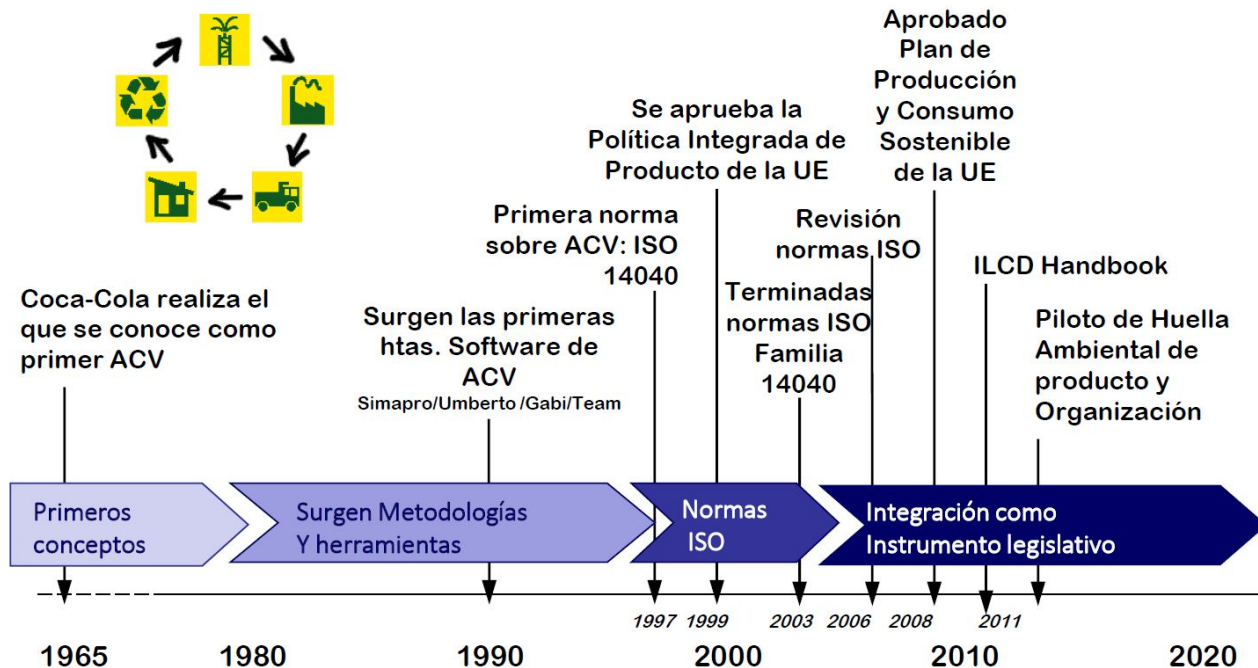
Normas

- ISO 14040:1998
- ISO 14041:2000 - Inventario
- ISO 14042:2000 - Impactos
- ISO 14043:2000 - Interpretación



## Ahora

- ISO 14040:2006- Principios y marco de referencia.
- ISO 14044:2006 Requisitos y directrices para llevar a cabo un ACV.





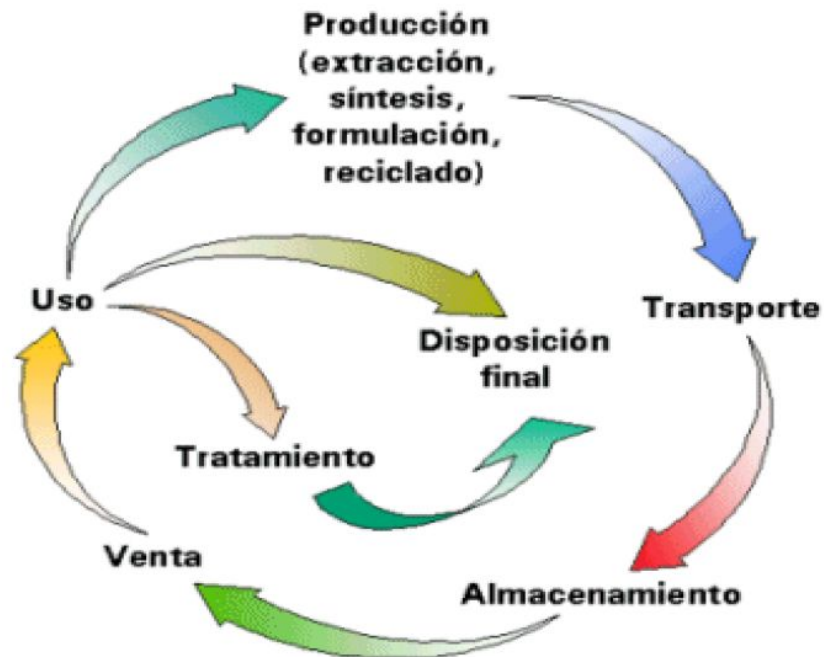
# Introducción: Conceptos

LCA es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto, proceso o actividad.

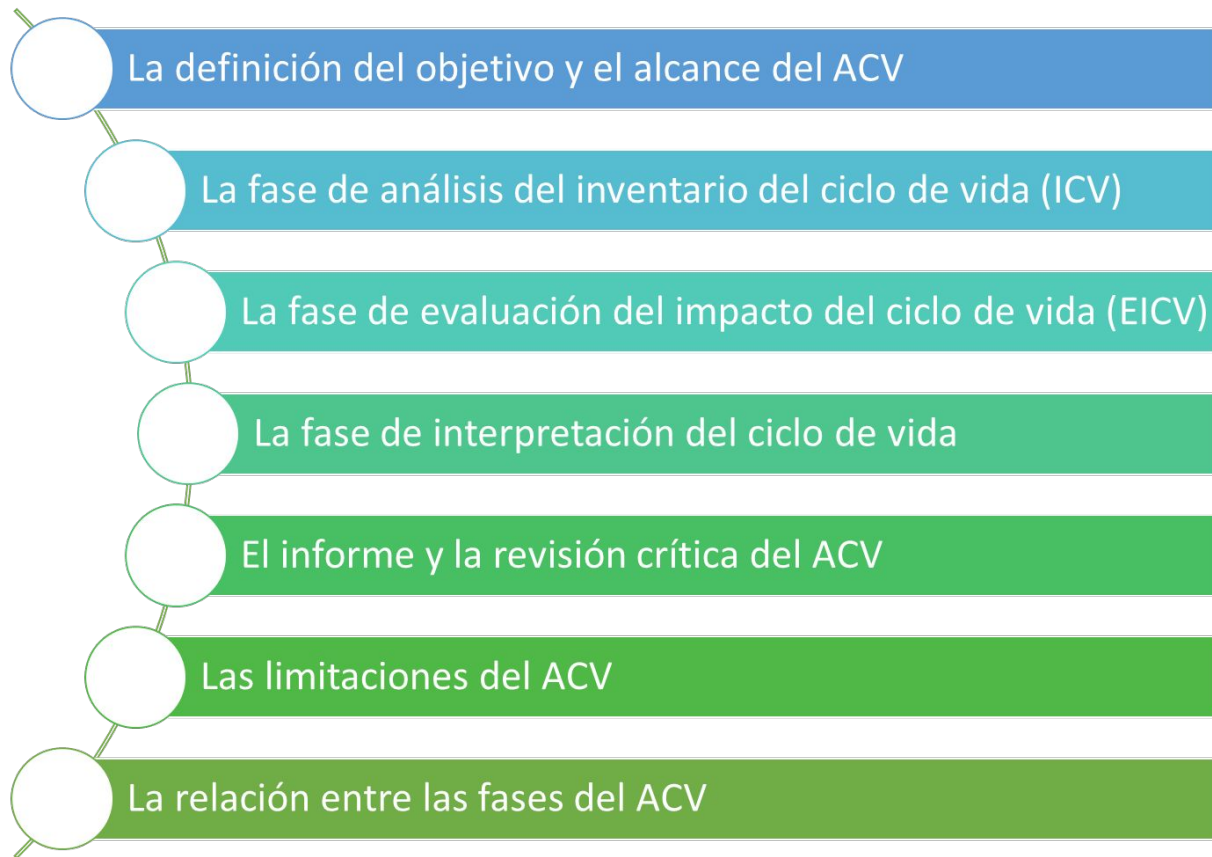
Compilando un inventario de entradas y salidas

Evaluando los impactos de esas entradas y salidas

Interpretando los resultados en relación con los objetivos del estudio



# Introducción: ¿Qué comprende la norma ISO 14040: Análisis de ciclo de vida?





# Introducción- Algunos conceptos importantes

## 1 Producto

Cualquier bien o servicio.  
-Servicio (transporte)  
-Software (programa computador, diccionario)  
-Hardware (parte mecánica de un motor)  
-Material procesado (lubricante)

## 2 Co-producto

Cualquier producto de entre dos o más productos provenientes del mismo proceso unitario o sistema del producto

## 3 Proceso

Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados

## 4 Materia prima

Materia primaria o secundaria que se utiliza para elaborar un producto (incluye material de empaque)

## 5 Flujo intermedio

Flujo de producto, de materia o de energía que ocurre entre procesos unitarios del sistema o del producto bajo estudio

# Introducción- Algunos conceptos importantes

## 6 Proceso unitario

Elemento más pequeño considerado en el análisis del ciclo de vida para el cual se cuantifican datos de entrada y salida

## 7 Flujo elemental

Materia o energía que entra/sale al/del sistema bajo estudio, que ha sido extraído/liberado del/al medio ambiente sin una transformación previa/posterior por el ser humano  
Extracción de MP o combustibles, emisiones de gases

# Introducción- ¿Por qué es útil el ACV?



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)



# Introducción-Tipos de Análisis de ciclo de vida

## De acuerdo con su objetivo

**Análisis de ciclo de vida conceptual:** se centra más bien en un estudio cualitativo para identificar los potenciales impactos más significativos, por lo que los datos utilizados son muy generales.

**Análisis de ciclo de vida simplificado:** toma solo en consideración datos genéricos y abarca el Ciclo de Vida de manera superficial, seguido de una simplificación, donde se centra en las etapas más importantes, y un análisis de la fiabilidad de los resultados.

**Análisis de ciclo de vida completo:** se lleva a cabo un análisis en detalle a nivel cualitativo y cuantitativo.

# ¿Qué hace y qué no hace un LCA?

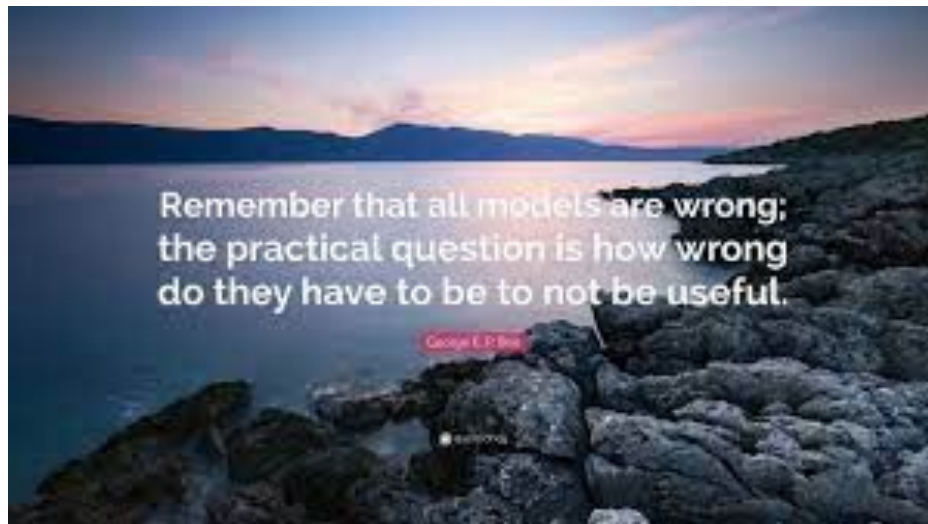
- **Comparar** productos / Procesos
- Calcular algunos impactos ambientales **potenciales** de productos o procesos
- Identificar áreas **críticas** para mejorar sus impactos ambientales
- Identificar consecuencias e impactos **no esperados**
- Explorar distintos **escenarios**
- No predice impactos 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
- Resultados entre estudios **no comparables**



# ¿Qué hace y qué no hace un LCA?



“Error en la capa 8”



Impactos potenciales



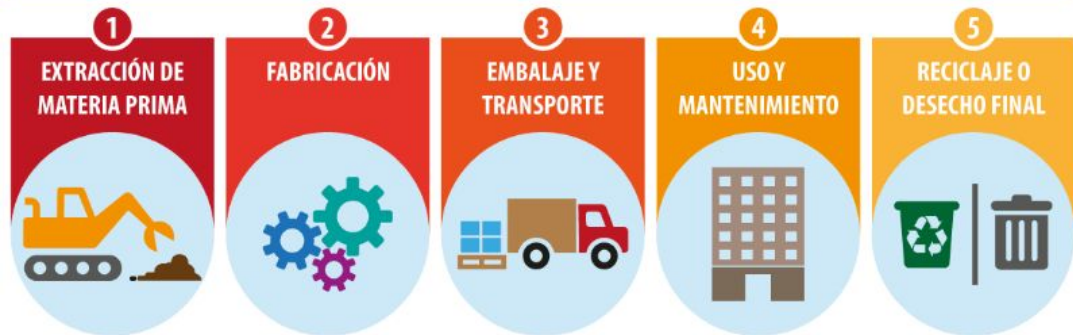
# Fases del Análisis del Ciclo de Vida

4 Fases



# Análisis de Ciclo de Vida

## ETAPAS DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO



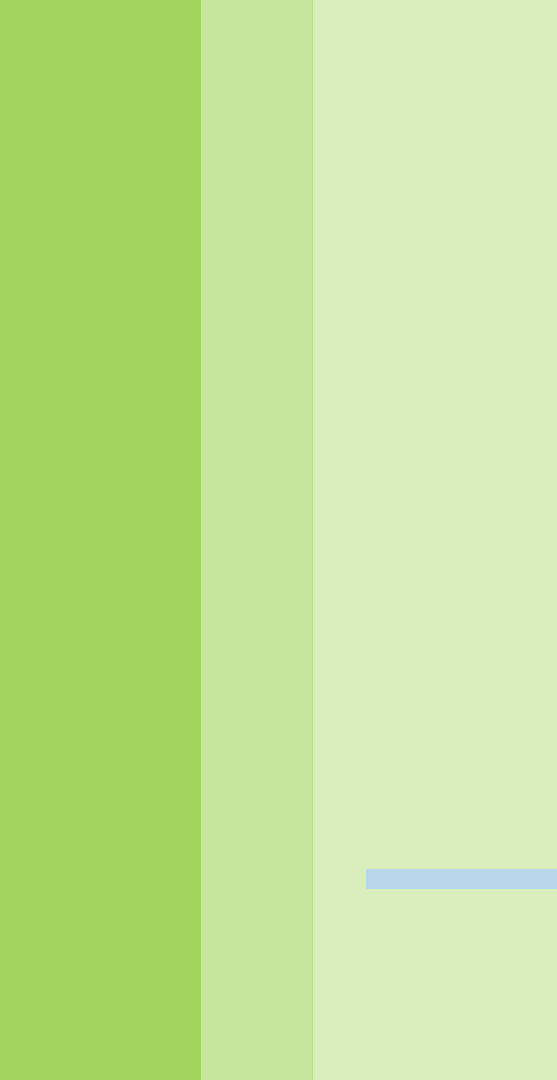
VS




Análisis de ciclo de vida (ACV o también conocido como LCA (Life Cycle Assessment), ecobalance y análisis de la cuna a la tumba) es una herramienta para calcular los impactos **potenciales** asociado con todas las etapas de un producto a partir de la materia prima hasta su eliminación o reciclaje.

# Análisis del ciclo de vida - LCA





# **Etapa 1: Alcance y Objetivos**



# 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.

## Alcances y objetivos

¿Porqué hacer un LCA?

### Comparación entre productos / Procesos

- 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

- Ley 225-20
- En caso de exportación de productos deben conocerse las leyes locales

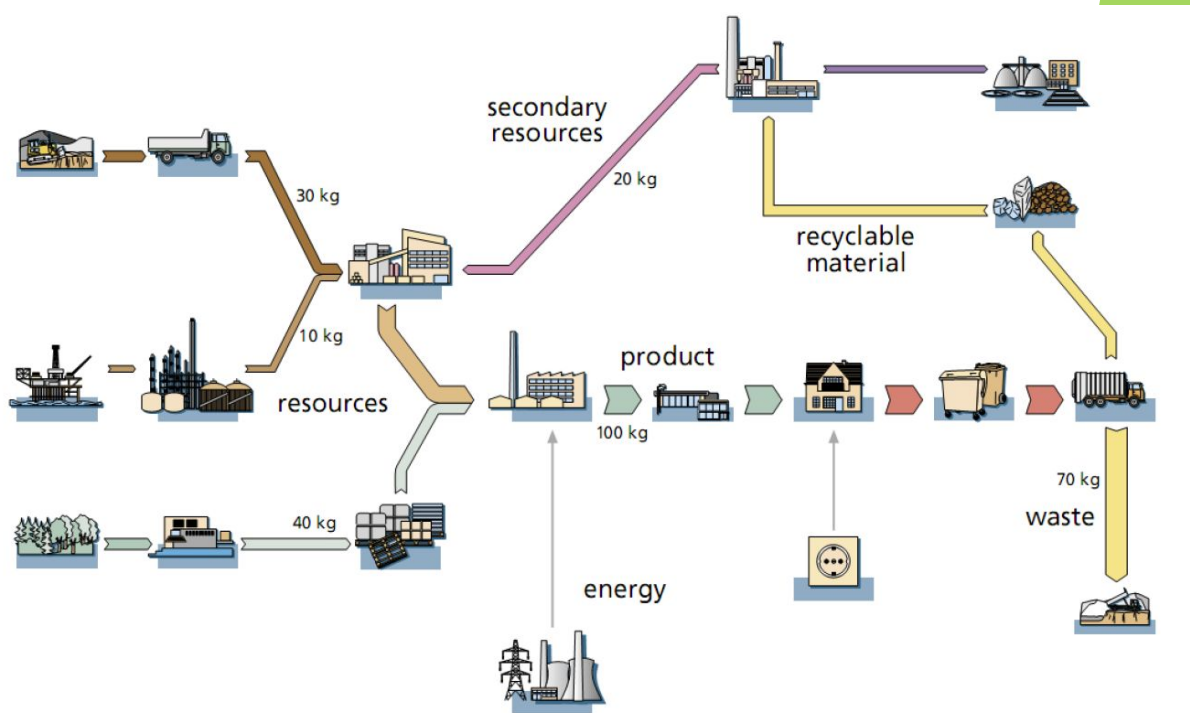
### Etiquetas verdes



“Greenwashing”

# Definición de Objetivos y Alcances

## Que Incluye



**El sistema de producto:**  
 Representación gráfica del ciclo de vida completo  
 (Diagrama de flujos)

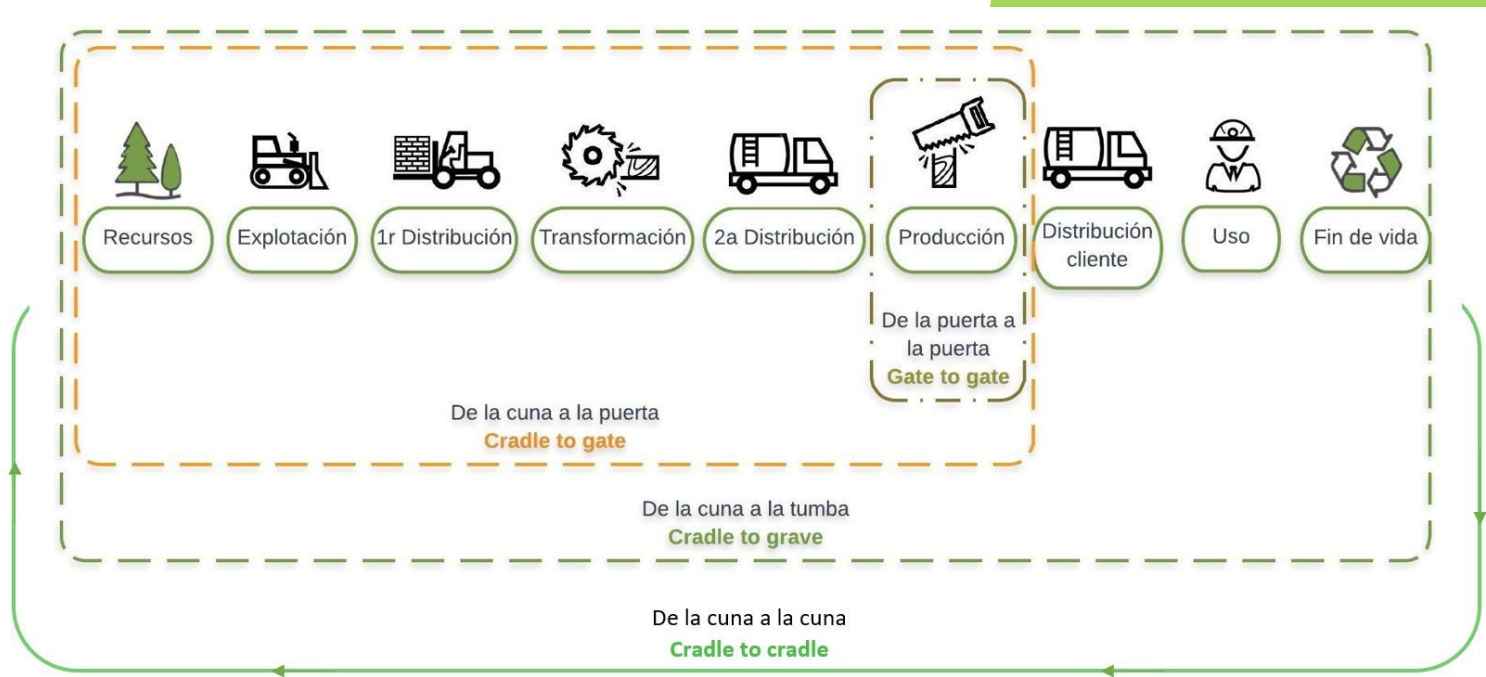
# 1

## Definición de Objetivos y Alcances

Que Incluye

Límites del sistema:

Procesos unitarios que serán incluidos en el sistema (adaptado a los objetivos)

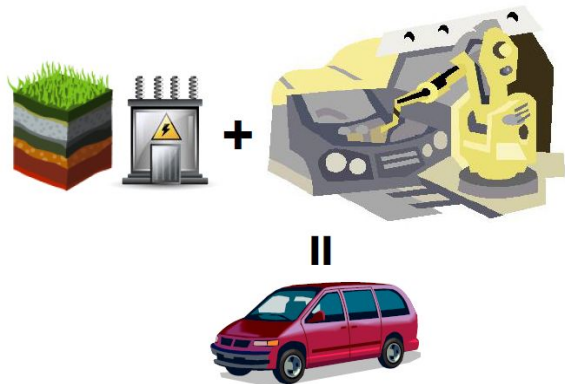




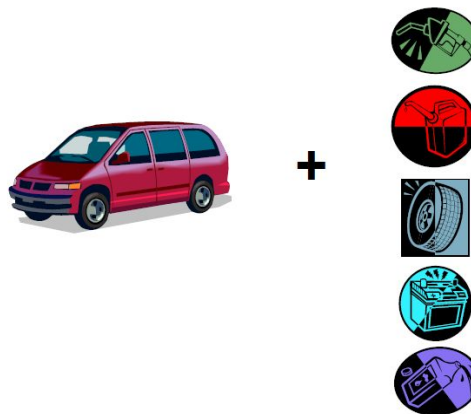
### La Unidad Funcional:

La unidad a la que irán referidas todos los datos del sistema

UF: 1 vehículo



UF: Recorrer un kilómetro



VIDA ÚTIL.- 300.000 km recorridos

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

# Alcances y objetivos

Unidad funcional

Lo conocido



Unidades  
Kg producidos  
m<sup>2</sup>



Lo desconocido



Ciclos de Uso  
Días de producto

1.- QUÉ?

Camiseta

2.- CUÁNTO?

1 camiseta, talla M

3.- CÓMO?

Uso 1 vez a la semana y lavado en lavadora a 30 grados

4.- HASTA CUÁNDO?

Vida útil 5 años

### Unidad funcional:

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



# 1

## Alcances y objetivos

Unidad funcional



1 vs 1

500 ml vs 500 ml



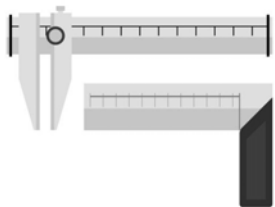
1 vs 1 ?

g vs g ?

VS



Unidades y valores



Tiempo



Calidad

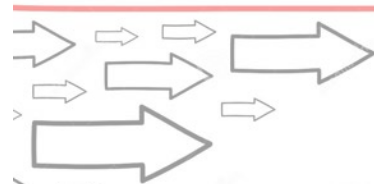


## Función

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



PURPOSE



# 1

## Alcances y objetivos

### Unidad funcional

#### Opciones



Secado con aire

#### Unidad funcional

Cantidad de pares de manos secas

#### Flujo de referencia

Volumen de aire caliente

#### Global

Volumen de aire caliente/pares de manos secas

### Función

Secado de manos

## Comparar



Secado con toallas de papel

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



1

# Alcances y objetivos

Unidad funcional

Algunas Ideas sobre la Unidad Funcional?



Peso  $\approx$  5 -7 gr

VS



Peso  $\approx$  70 gr





# 1

## Alcances y objetivos

### Unidad funcional

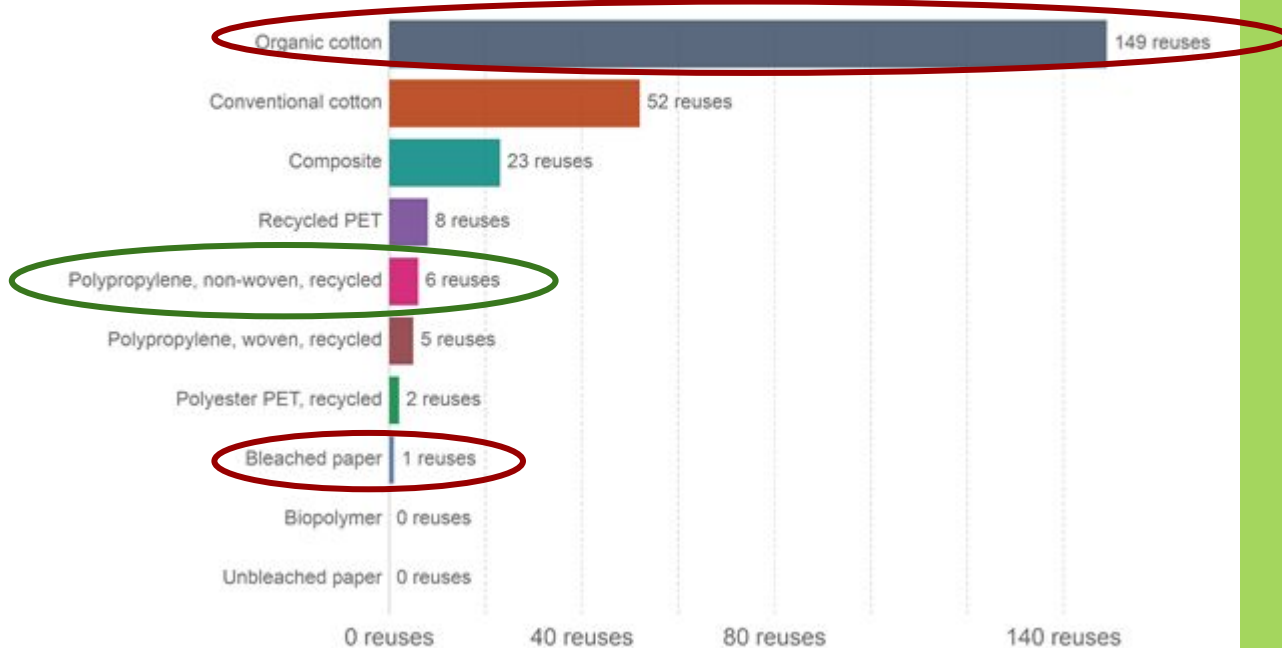
Unidad Funcional	Justificación de la Selección
No. de bolsas usadas para un viaje de compras	Comparación de bolsas destinadas al uso de una bolsa de supermercado
No. de bolsas usadas para 3.1 viajes de compras	Comparación con la tasa nacional promedio de reutilización de bolsas de LDPE
No de bolsas usadas para 14.6 viajes de compras	Comparación con la tasa nacional promedio de reutilización de bolsas NWPP
No de bolsas usadas para 44 viajes de compras	A nivel nacional, el 20% de las personas reutilizan sus bolsas NWPP más de 44 veces

# Entendamos mejor la unidad funcional

## Grocery bag comparisons for greenhouse gas emissions

Our World  
in Data

Number of times a given grocery bag type would have to be reused to have as low greenhouse gas emissions as a standard single-use plastic bag (LDPE; Low-density polyethylene). Greenhouse gas emissions for each material type were measured over a full life-cycle analysis (LCA). A value of 5 would indicate a given bag type would have to be reused 5 times to have as low a greenhouse gas footprint as a standard plastic bag.



Source: Danish Environmental Protection Agency (2018)

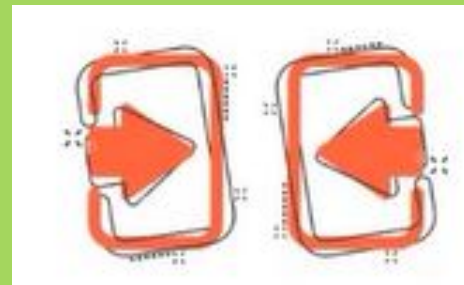
CC BY



**1** tonelada de  
perfiles extruidos  
de plástico  
posconsumo  
puede reemplazar  
**63** toneladas de  
madera de árbol

Vida útil: **4** veces más

# 2 Análisis de inventario del ciclo de vida



1. Recopilación datos de actividad

2. Procedimientos de cálculo

3. Cuantificar las entradas y salidas

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

# 2

## Análisis de inventario del ciclo de vida

### Recopilación de datos de actividad

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

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



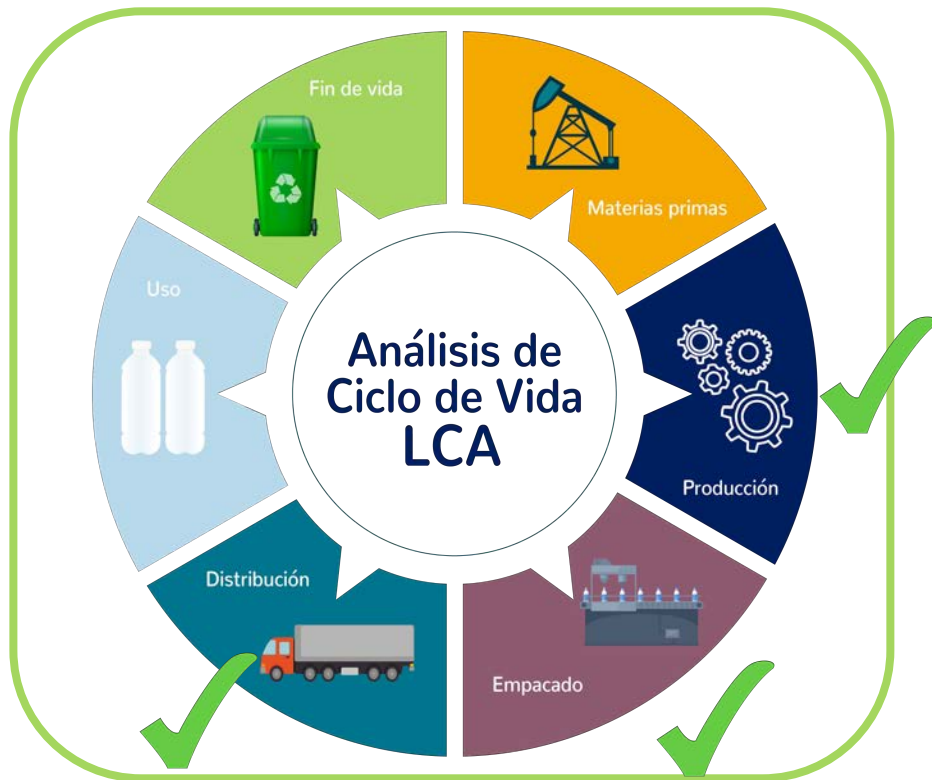
**Trabajo arduo**



**Documentar las limitaciones prácticas**

## 2. Análisis de inventario

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

## 2. Análisis de inventario

Los límites del sistema\*



Algunos requieren concentrarse en la producción

**Cambios**

maquinaria  
materiales  
proveedores

## 2. Análisis de inventario

Los límites del sistema\*



Algunos se enfocan en la producción y los desechos producidos

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



## 2. Análisis de inventario

Los límites del sistema\*



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

## 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



2

## Análisis de inventario

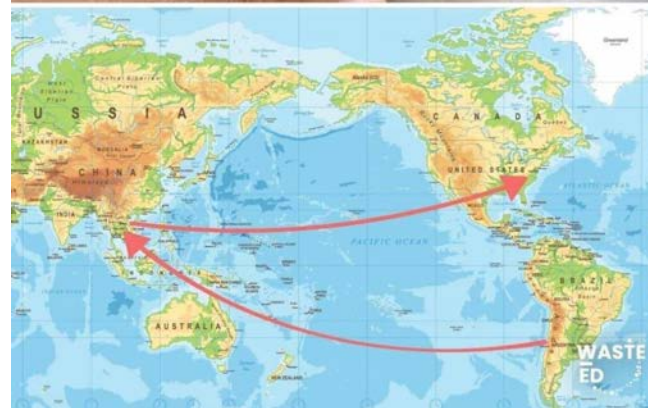
Los límites del sistema\*

Al final todo depende de la  
información disponible

Pregunta:

¿La etapa de empaçado 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





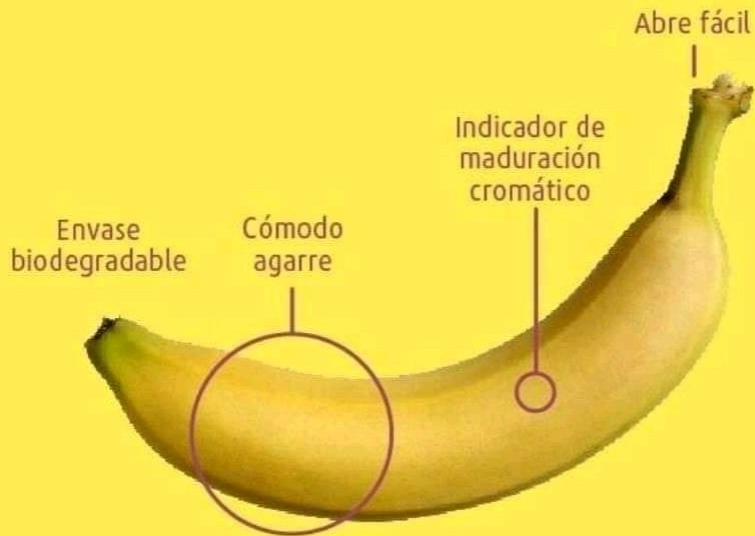
3

## Evaluación de los impactos

¿Cuáles impactos son relevantes?

**¿Qué tipo de residuo libera más CO<sub>2</sub> a la atmósfera?  
¿Plásticos u orgánicos?**

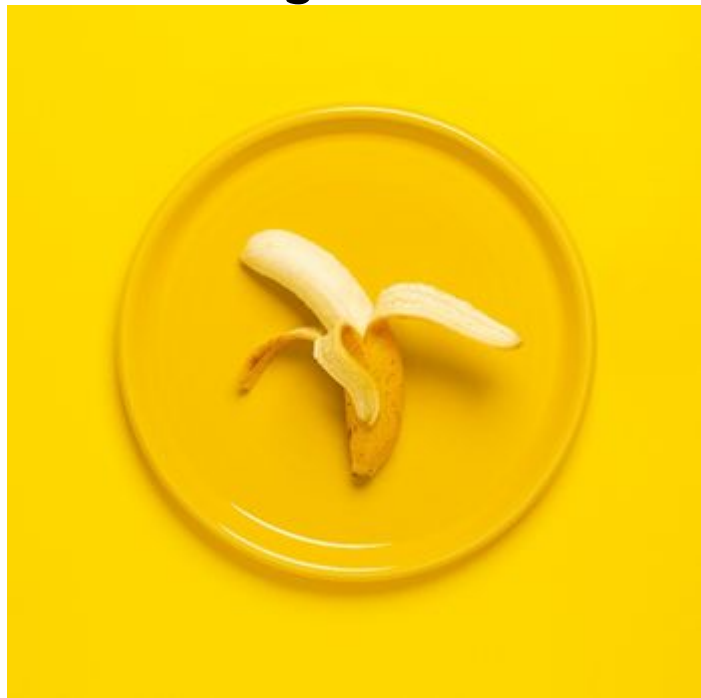
# LA NATURALEZA también sabe de PACKAGING



La cáscara del banano  
llega a pesar entre el  
10-12% del total de la  
fruta.



## 100g Cascara



Descomposición  
aerobia

**40-60g CO<sub>2</sub>**



Descomposición  
anaerobia

**Metano**

**5-10g**

**GWP 35x  
vs CO<sub>2</sub>**

**100g Plástico  
un solo uso**

**3 - 5g CO<sub>2eq</sub> durante la producción**



Descomposición?

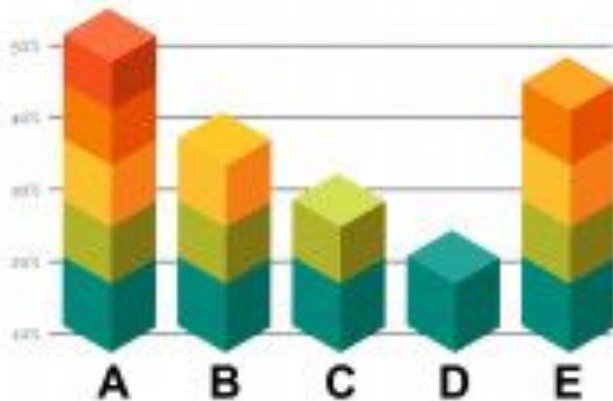
**> 500a**



## Evaluación de los impactos

¿Cómo se miden los impactos ambientales?

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

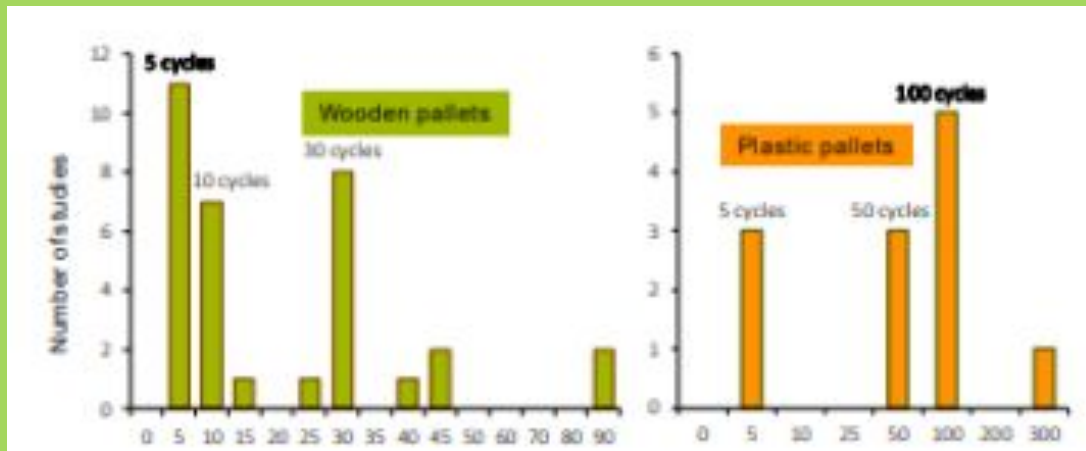


# Pero...



## Evaluación de los impactos

¿Cómo se miden los impactos ambientales?

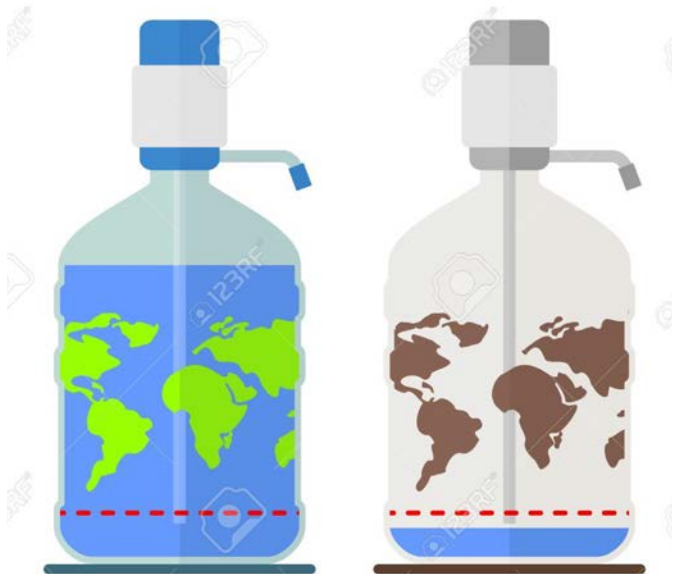


La madera plástica es una solución, sin embargo...

La madera plástica no es una solución **infinita**, después de 100 ciclos de uso la madera plástica no cumple su función y deben ser reemplazadas

## Evaluación de los impactos

¿Cuáles impactos son relevantes?



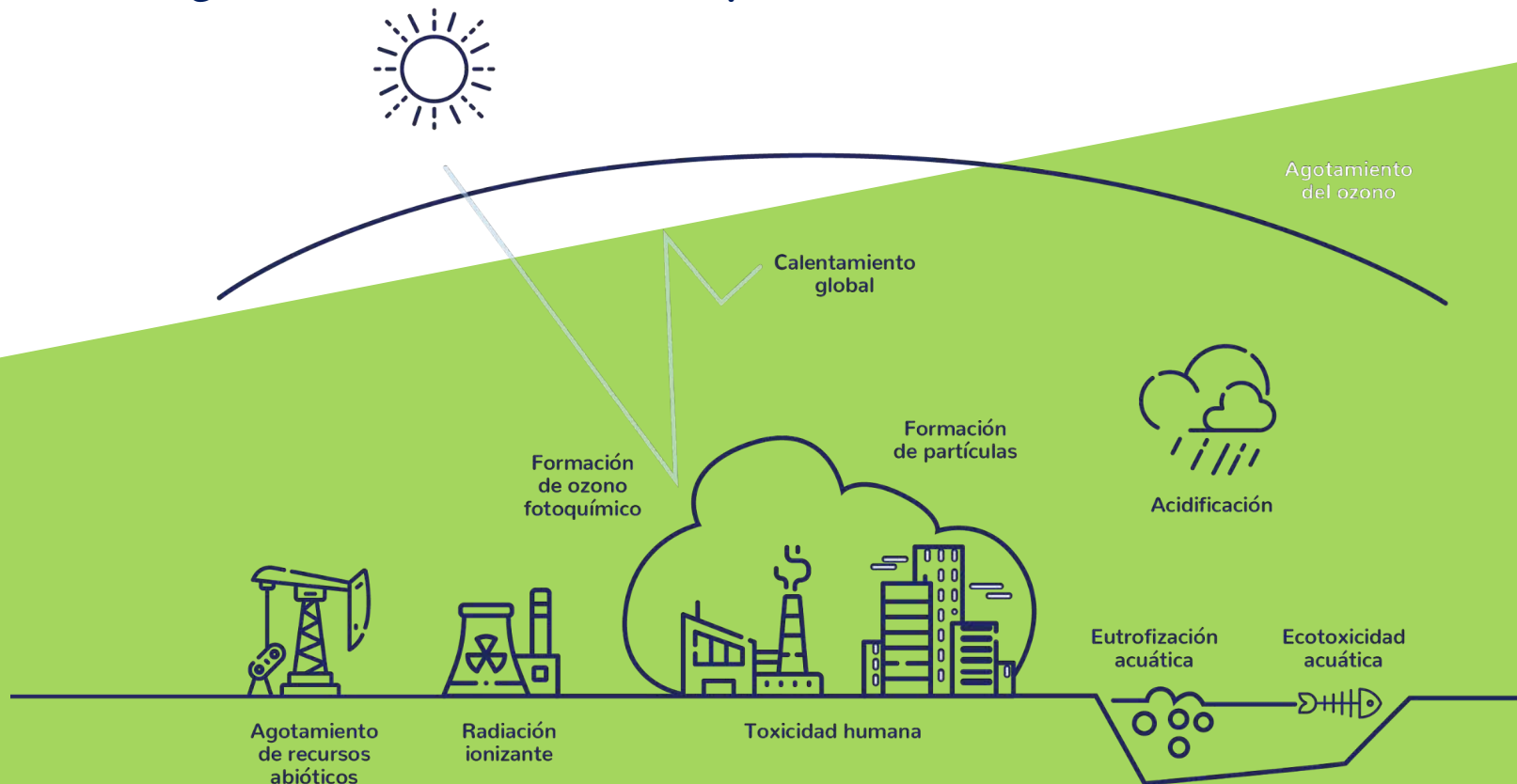
Recursos limitados



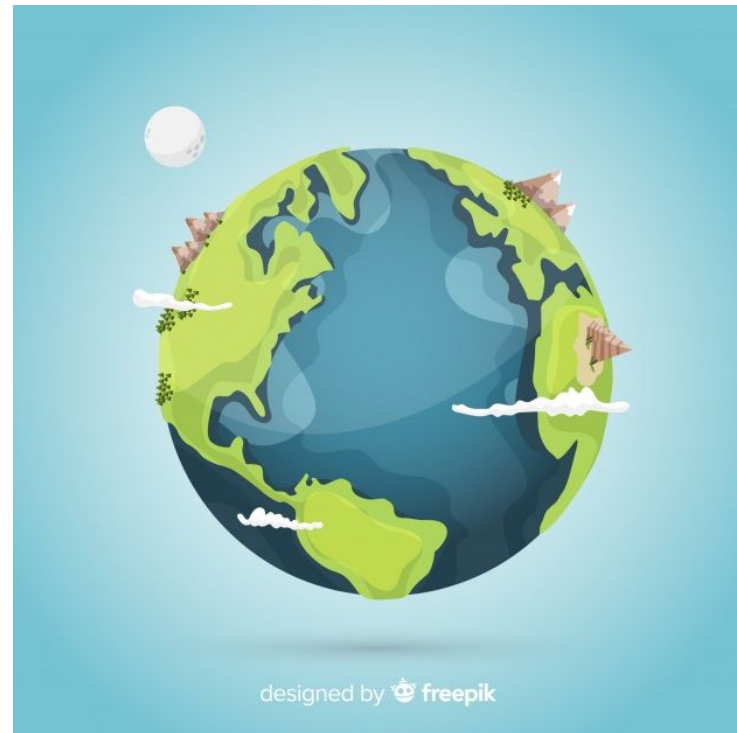
Contaminación del medio ambiente

## Evaluación de los impactos

¿Cuáles son los demás impactos?



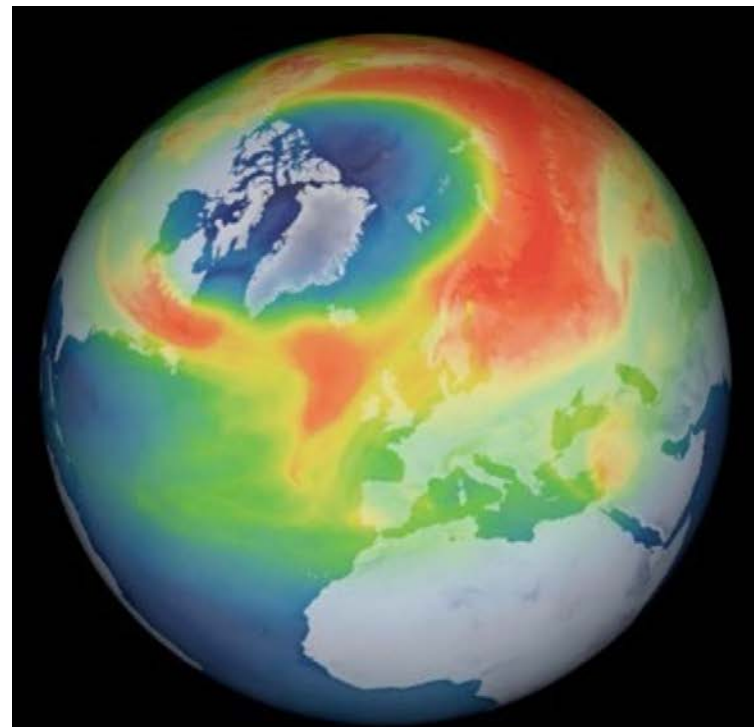
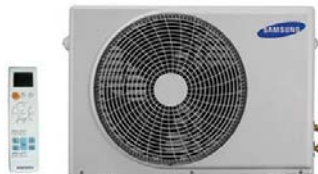
- Agotamiento de la capa de ozono
- Toxicidad humana
- Radiación Ionizante
- Formación Oxidantes Fotoquímicos
- Emisión de Partículas
- Acidificación
- Cambio Climático (GWP)
- Eco Toxicidad Terrestre / Marina
- Uso de la Tierra / Agua
- Eutrofización
- Demanda de Energía
- Agotamiento de los recursos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





### 3. Agotamiento de la capa de ozono\*

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

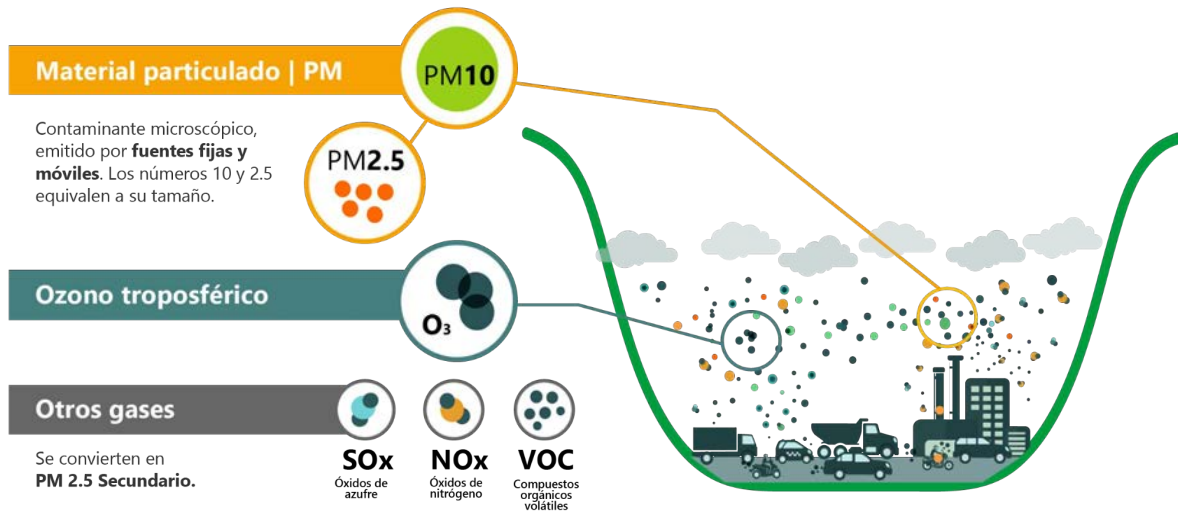


Refleja el daño potencial de un producto al liberar sustancias químicas en el medio ambiente, y se basa tanto en la **toxicidad** del compuesto como en su dosis potencial. Estos son compuestos químicos potencialmente peligrosos para los humanos por inhalación, ingestión e incluso contacto.

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

# 3. Emisión de Partículas

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



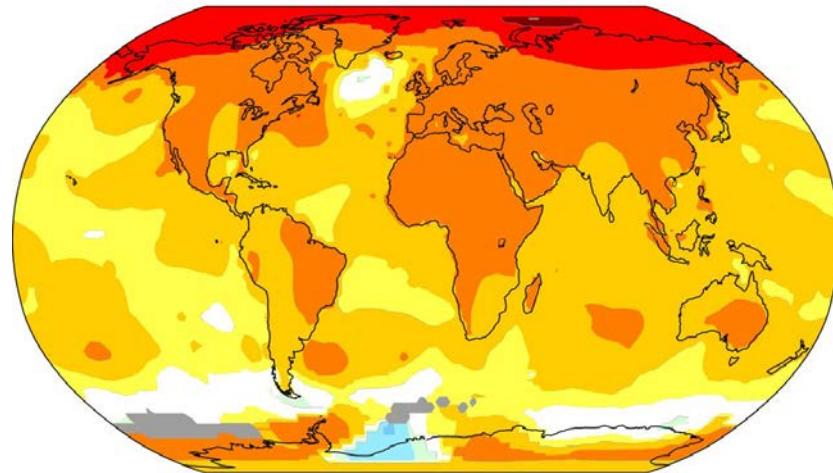


# 3. Cambio Climático - GWP

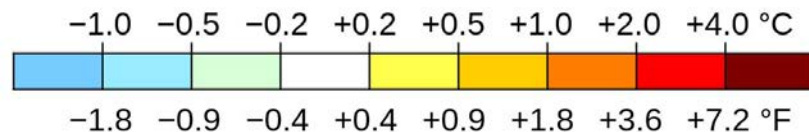
Se utilizan factores de conversión que convierten las emisiones de GEI en equivalentes de CO2.

Tipo de Gas	Potencial de Calentamiento Global
Dióxido de carbono (CO2)	1
Metano (CH4)	28
Óxido nitroso (N2O)	265
Hexafluoruro de azufre (SF6)	23,500

Temperature change in the last 50 years



2011–2021 average vs 1956–1976 baseline

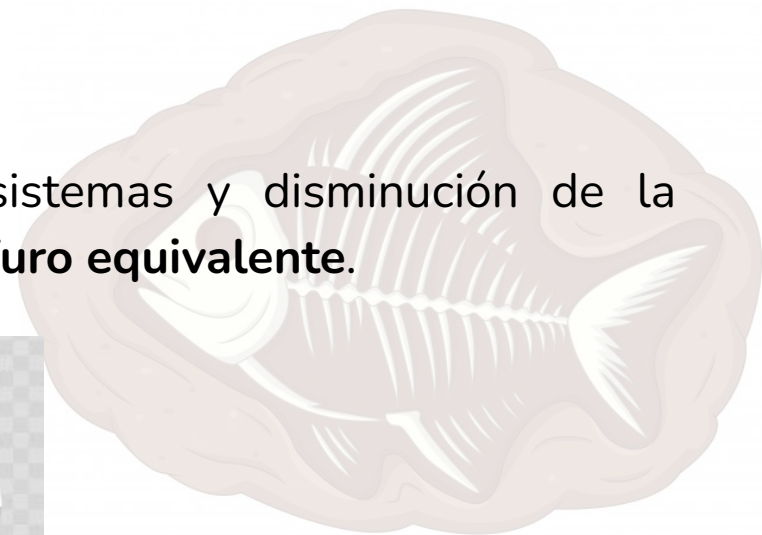
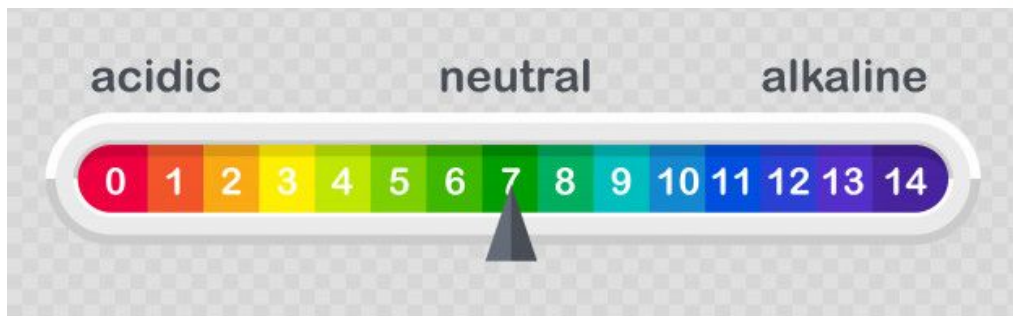


# 3 Acidificación

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





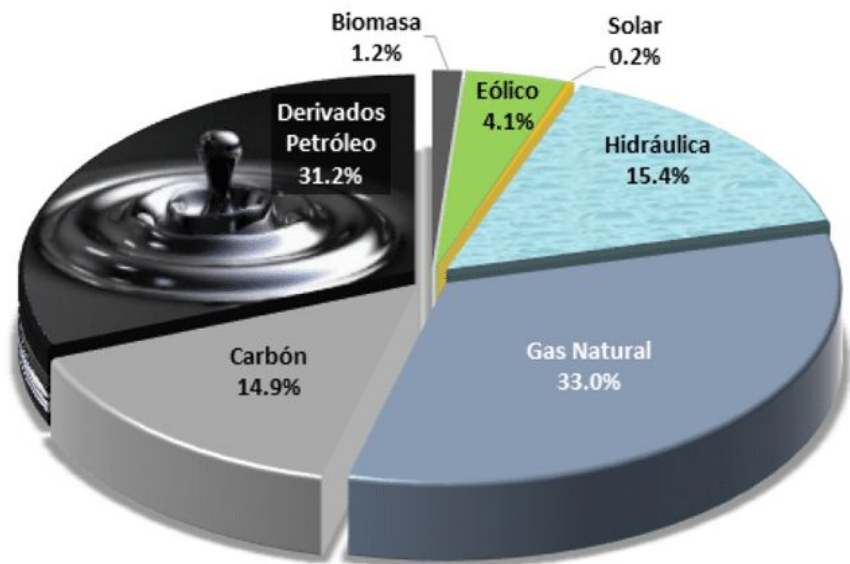
### 3. Eutrofización

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 amoníaco, nitratos, óxidos de nitrógeno y el fósforo en el aire o el agua. Es medido en kg equivalentes de fosfato.



# 3. Demanda de Energía

Matriz Energética Republica Dominicana



Matriz Energética Colombia



# 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
- m<sup>3</sup> de consumo de agua.





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](mailto:icipc@icipc.org) - <https://icipc.org>



@ICIPCmedellin



@ICIPC



@ICIPC\_Medellin



@ICIPC