

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (*LIFE CYCLE ASSESSMENT, LCA*)

Mariana Brüning, Claudio López de Lérída, Francisco More

DIQBT- Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas – Universidad de Chile

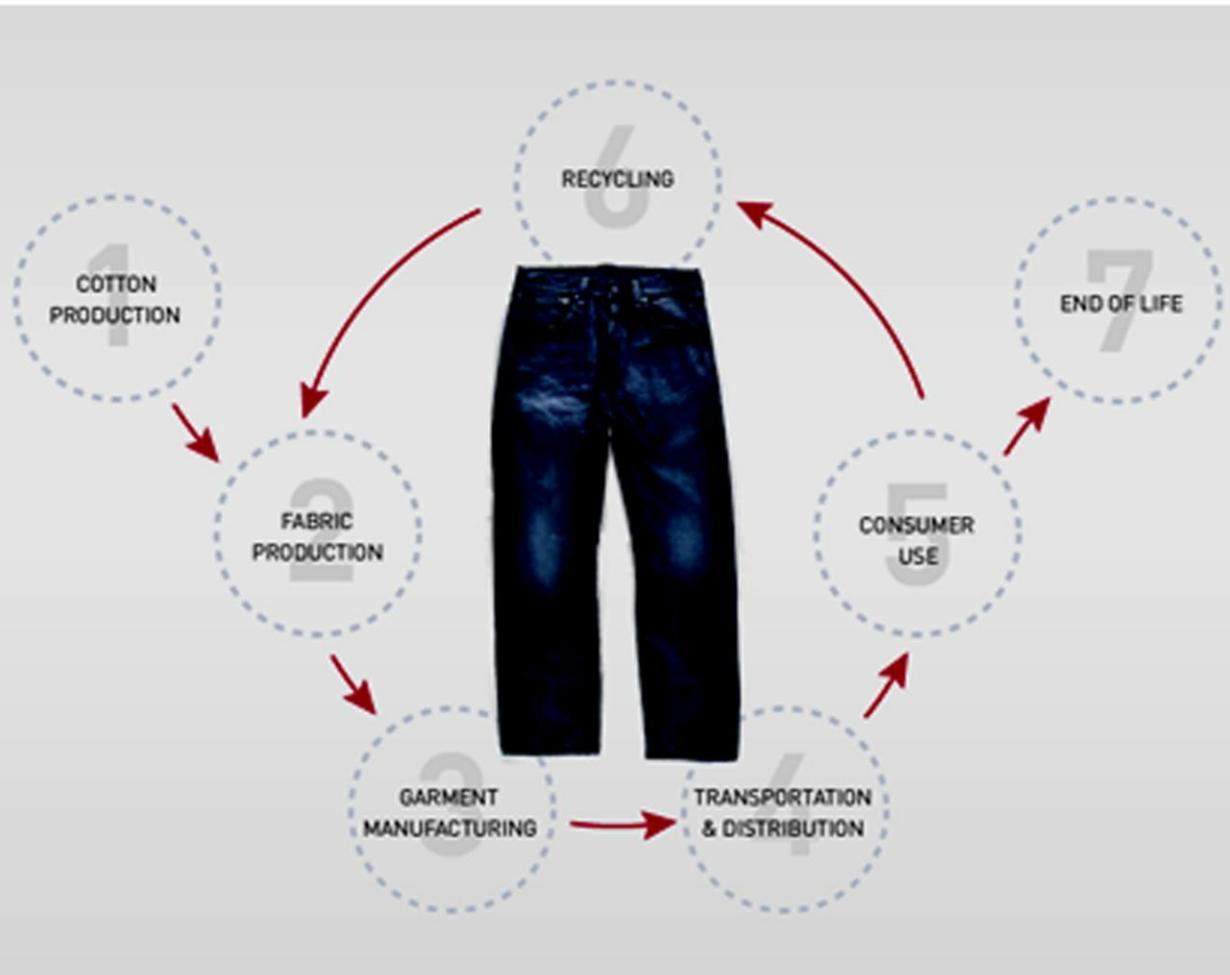
Abril 2018

OBJETIVOS

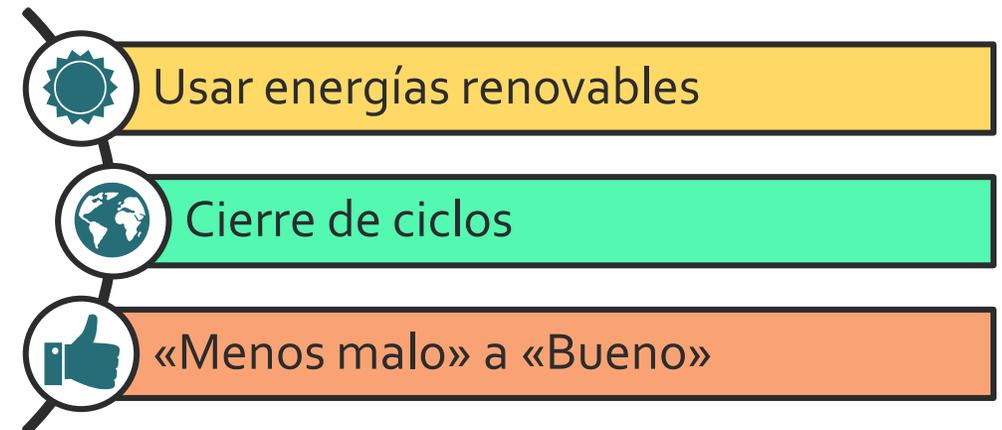
Al final de la clase de hoy, esperamos que seas capaz de:

- Conocer la herramienta de análisis de ciclo de vida
- Identificar y diferenciar las partes de un análisis de ciclo de vida
- Analizar los resultados de un análisis de ciclo de vida

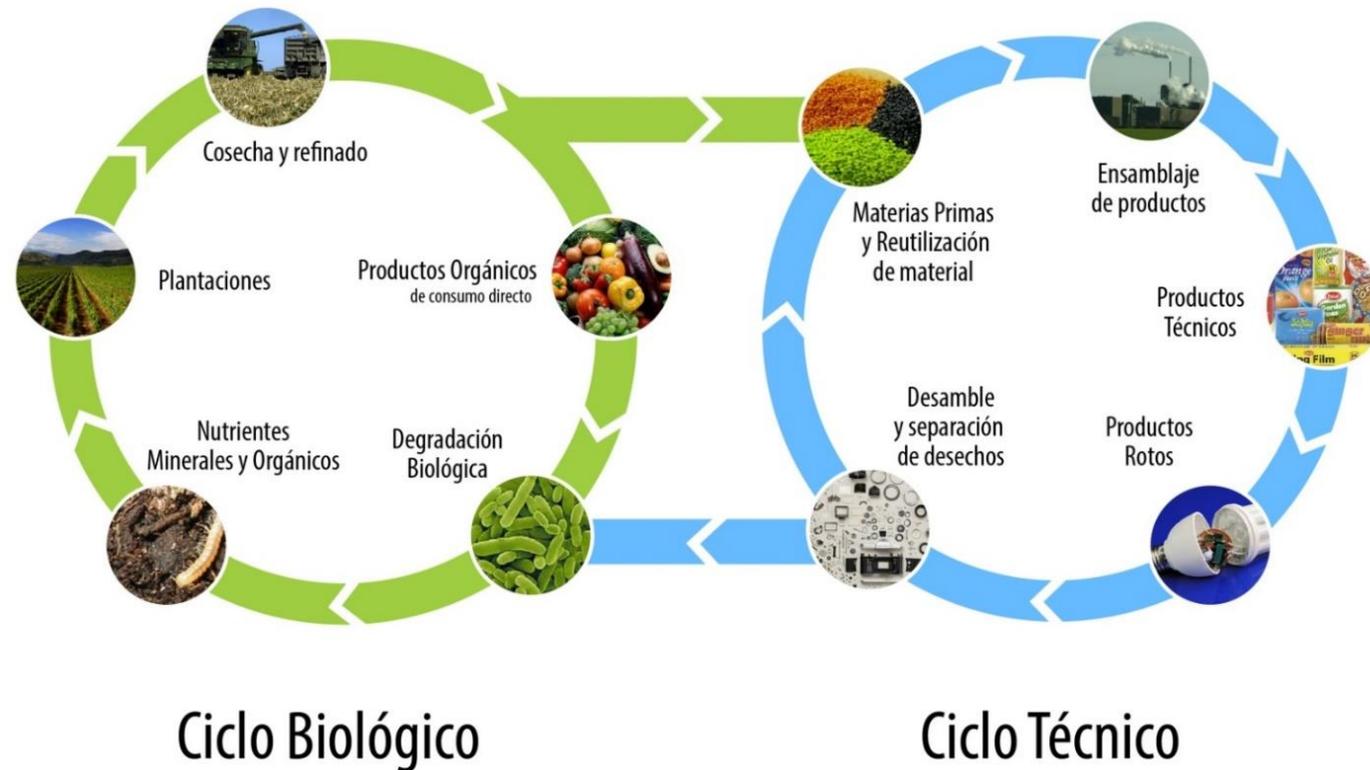
DE LA CUNA A LA TUMBA: MOTIVACIÓN



- De la Cuna a la Tumba → De la Cuna a la Cuna (*Cradle to cradle*, Braungart y McDonough 2002).
- Cambiar el enfoque de problemas ambientales: desde la concepción/diseño, pensar en la eficiencia y los ciclos de vida.



¿CÓMO ABARCAR LA COMPLEJIDAD?



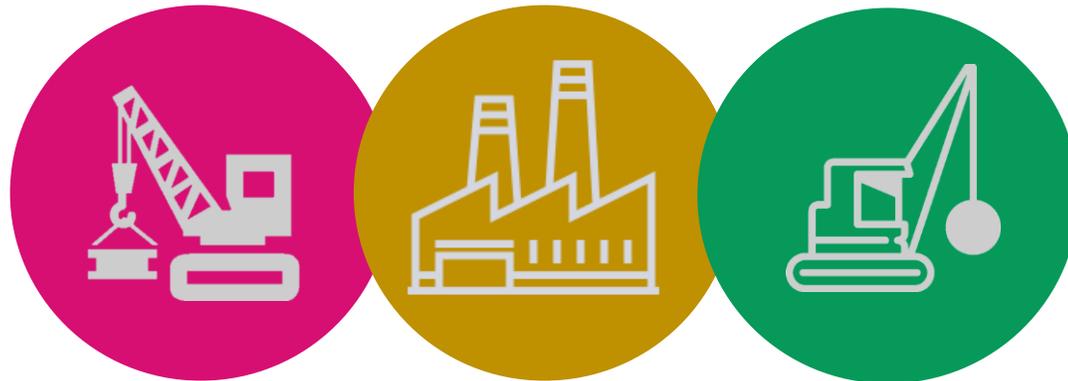
CICLO DE VIDA

Productos



Extracción Producción Transporte Uso Disposición

Procesos



Construcción Operación Desmantelamiento

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA O LCA

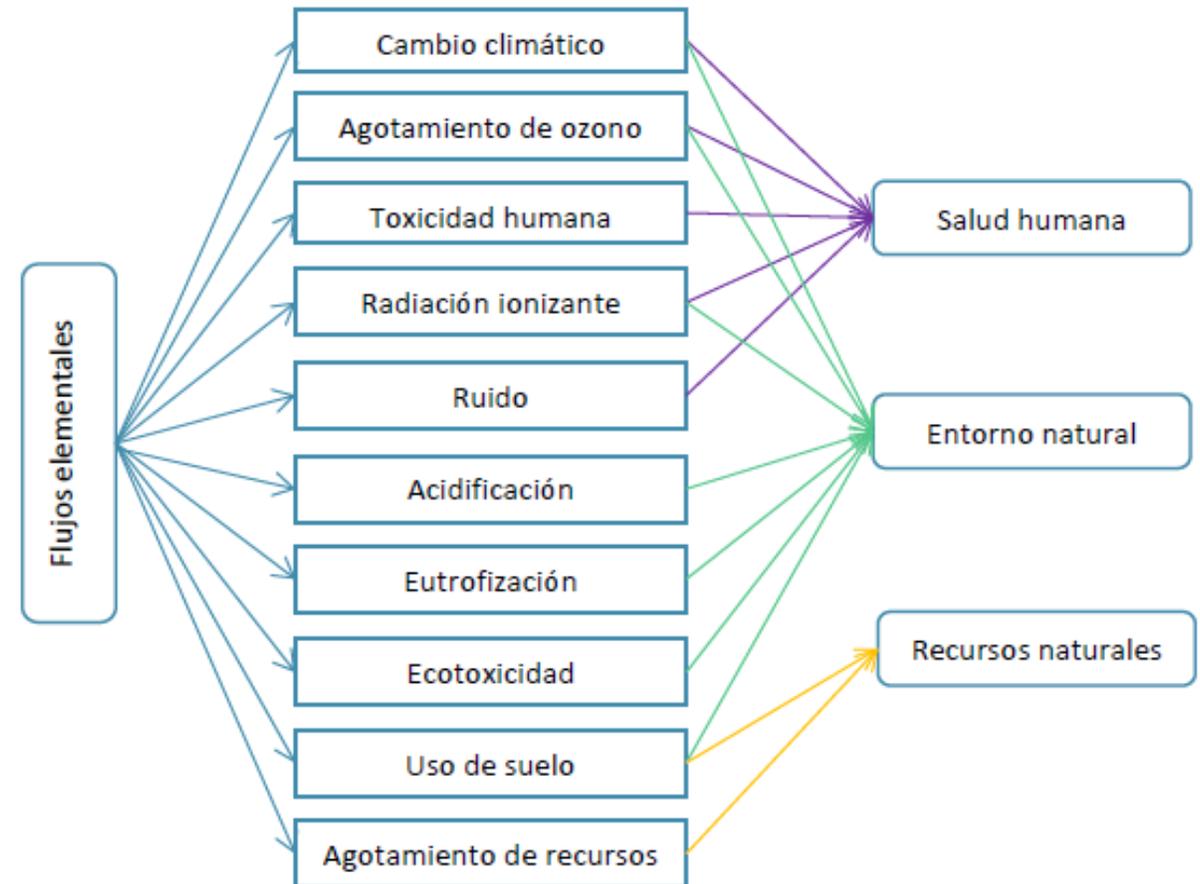
La sociedad de toxicología y química ambiental (SETAC) define el análisis de ciclo de vida como:

A process to evaluate the environmental burdens associated with a product, process, or activity by identifying and quantifying energy and materials used and wastes released to the environment; to assess the impact of those energy and material uses and releases to the environment; and to identify and evaluate opportunities to effect environmental improvements.

Fuente: A. Azapagic. 1999. *Life cycle assessment and its application to process selection, design and optimization*. Chemical Engineering Journal, vol. 73, pp. 1-21.

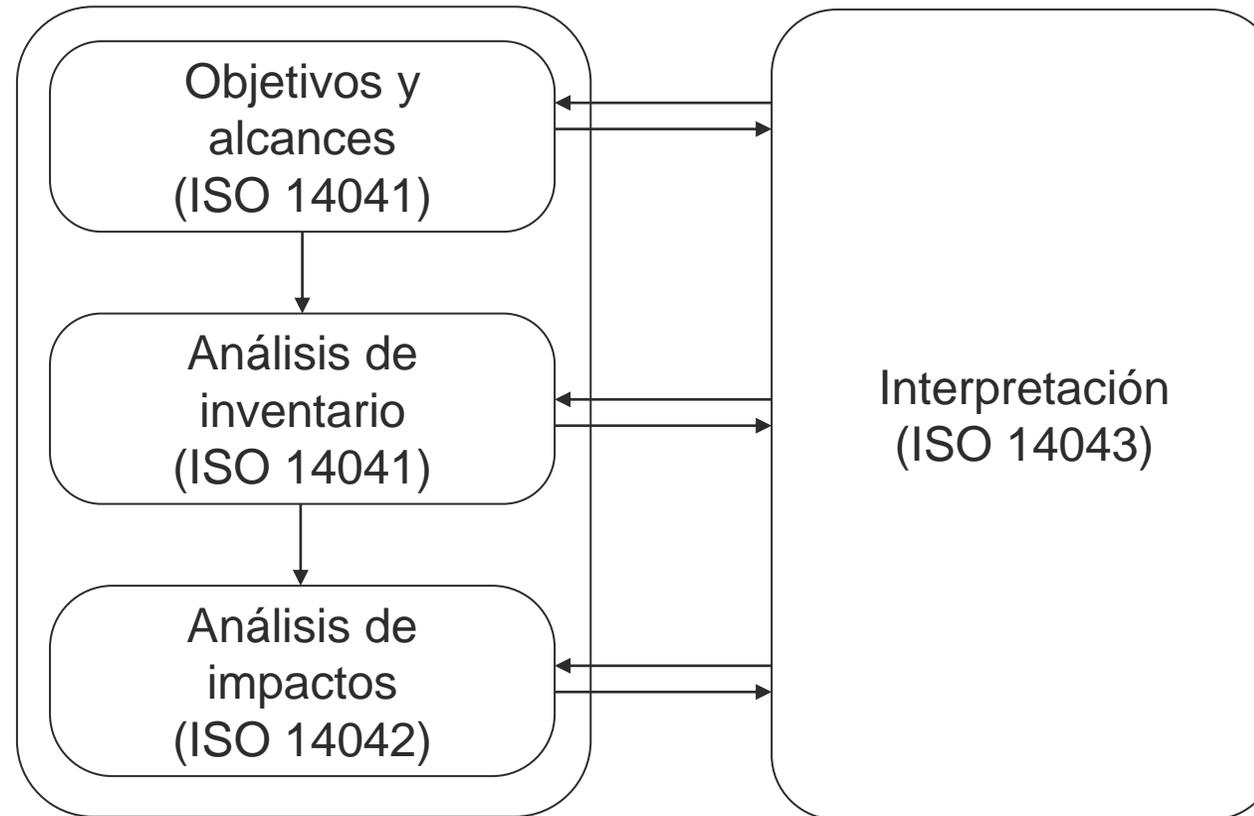
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA O LCA

Los impactos ambientales que pueden ser cuantificados por el análisis de ciclo de vida son llamados categorías de impacto.



Fuente: J. Riffo, 2017 Análisis de Ciclo de Vida para una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales: Potencial de Calentamiento Global Generado por PTAR Talagante.

PROCESO ESTANDARIZADO



Fuente: A. Azapagic. 1999. *Life cycle assessment and its application to process selection, design and optimization*. Chemical Engineering Journal, vol. 73, pp. 1-21.

OBJETIVOS Y ALCANCES

1. ¿A quién está dirigido el estudio? ¿Cuáles es la motivación detrás?
2. ¿Cuál es el objetivo del estudio?
3. ¿Cuál es la función del producto/sistema involucrado en el análisis?
4. ¿UNIDAD FUNCIONAL?
5. ¿LÍMITES DEL SISTEMA (*system boundaries*)?
6. ¿Qué tipo de fuente de datos se necesitarán?

UNIDAD FUNCIONAL

¿Qué acción voy a comparar?

Latas

vs

Botellas

1. 1L transportado en latas

vs

1L transportado en una botella

2. 1kg de latas

vs

1k de botellas



UNIDAD FUNCIONAL

¿Qué acción voy a comparar?

Viajar en bus

1. 1 persona transportada en bus
2. 40 personas en bus
3. 1 km recorrido por el bus



vs

Viajar en avión

vs

1 persona transportada en avión

vs

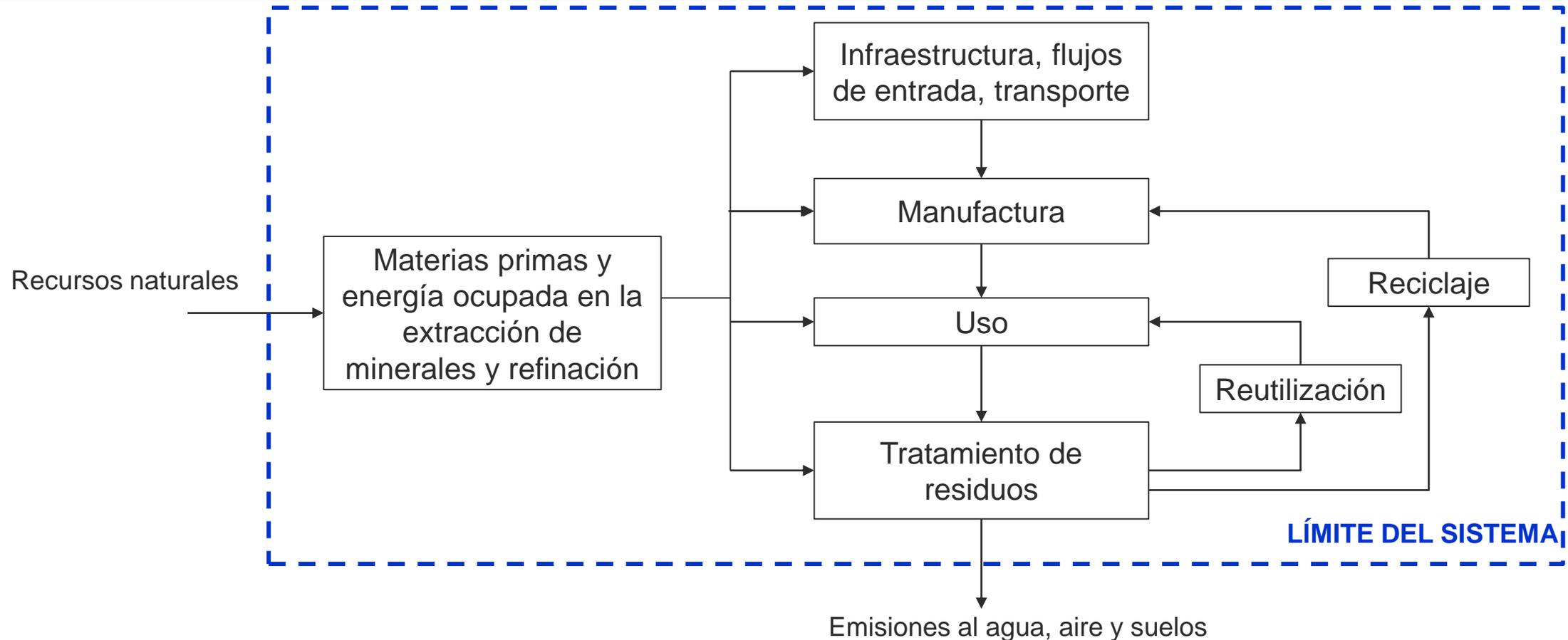
40 personas en avión

vs

1km recorrido por el avión



LÍMITE DEL SISTEMA Y PROCESOS INVOLUCRADO



Fuente: O. Jolliet, et al. 2016. *Environmental life cycle assessment*. CRC Press, cap. 3, p. 38.

ANÁLISIS DE INVENTARIO (*LIFE CYCLE* INVENTORY, LCI)

ENFOQUE BASADO EN LOS PROCESOS (*Process-based approach*)

1. Recopilación y cuantificación de entradas y salidas (Flujos asociados al sistema)
 2. Base de datos sobre cuánto emito en cada parte del proceso (ecoinvent, ELCD)
- Supuestos del modelo y análisis de sensibilidad

CASO DE ESTUDIO: CONSUMO DE BEBESTIBLES EN EVENTO DEPORTIVO

¿Qué es mejor, consumir bebestibles en un vaso desechable de papel o en uno reutilizable de policarbonato?



CASO DE ESTUDIO: CONSUMO DE BEBESTIBLES EN EVENTO DEPORTIVO

Tabla 1. Procesos incluidos en el límite del sistema del caso de estudio.

Vaso de cartón	Vaso reutilizable de PC
Manufactura del vaso	Manufactura del vaso
Transporte (desde el lugar de producción hasta el estadio)	Transporte (desde el lugar de producción hasta el estadio)
Limpieza del estadio	Transporte (hacia y desde el lugar de lavado)
	Lavado del vaso
Eliminación (incineración)	Eliminación (incineración)

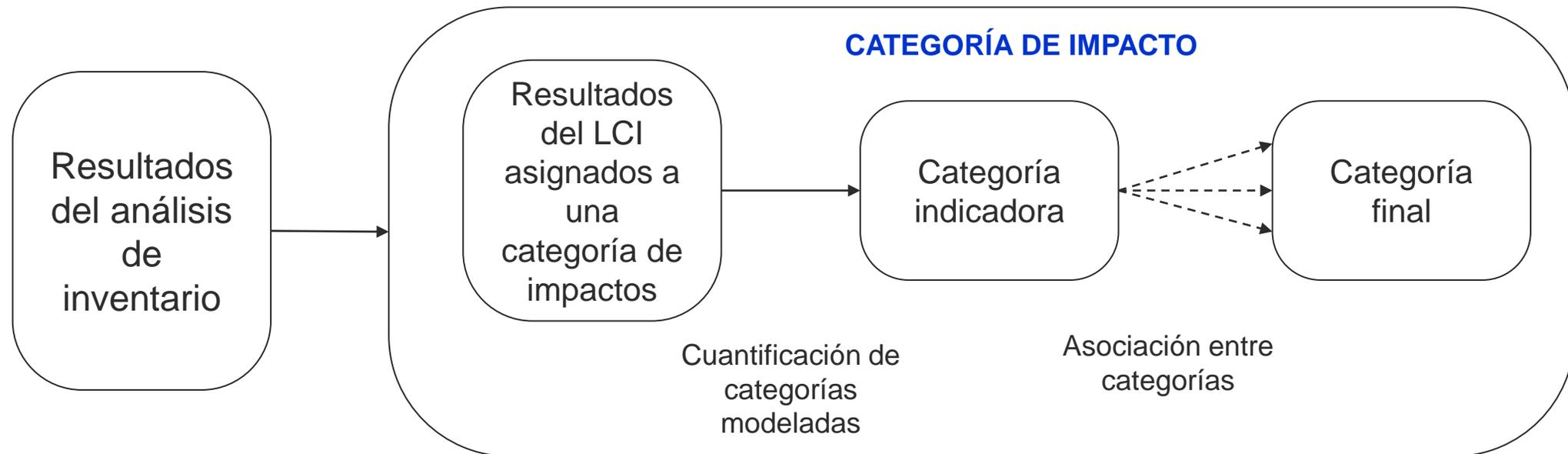
CASO DE ESTUDIO: CONSUMO DE BEBESTIBLES EN EVENTO DEPORTIVO

Tabla 2. Extracto del inventario de emisiones asociado al caso de estudio (UF = un vaso de 300 ml).

Sustancia	Unidad	Papel	PC
Benzo[a]pyrene	g	3.4×10^{-9}	3.0×10^{-9}
Cd	g	4.4×10^{-7}	3.9×10^{-8}
CH ₄	g	0.0277	0.0279
CO	g	0.013	0.277
CO ₂	g	9.2	18.5
Hg	g	2.3×10^{-7}	1.2×10^{-7}
N ₂ O	g	2.0×10^{-4}	9.1×10^{-4}
NH ₃	g	2.0×10^{-4}	6.0×10^{-6}
NMVOC	g	0.029	0.172
NO _x	g	0.044	0.089
Particles	g	0.014	0.011
Pb	g	2.7×10^{-6}	1.3×10^{-5}
SO _x	g	0.044	0.074

Fuente: O. Jolliet, et al. 2016. *Environmental life cycle assessment*. CRC Press, cap. 2, p. 17.

ANÁLISIS DE IMPACTOS



Fuente: O. Jolliet, et al. 2016. *Environmental life cycle assessment*. CRC Press, cap. 5, p. 107.

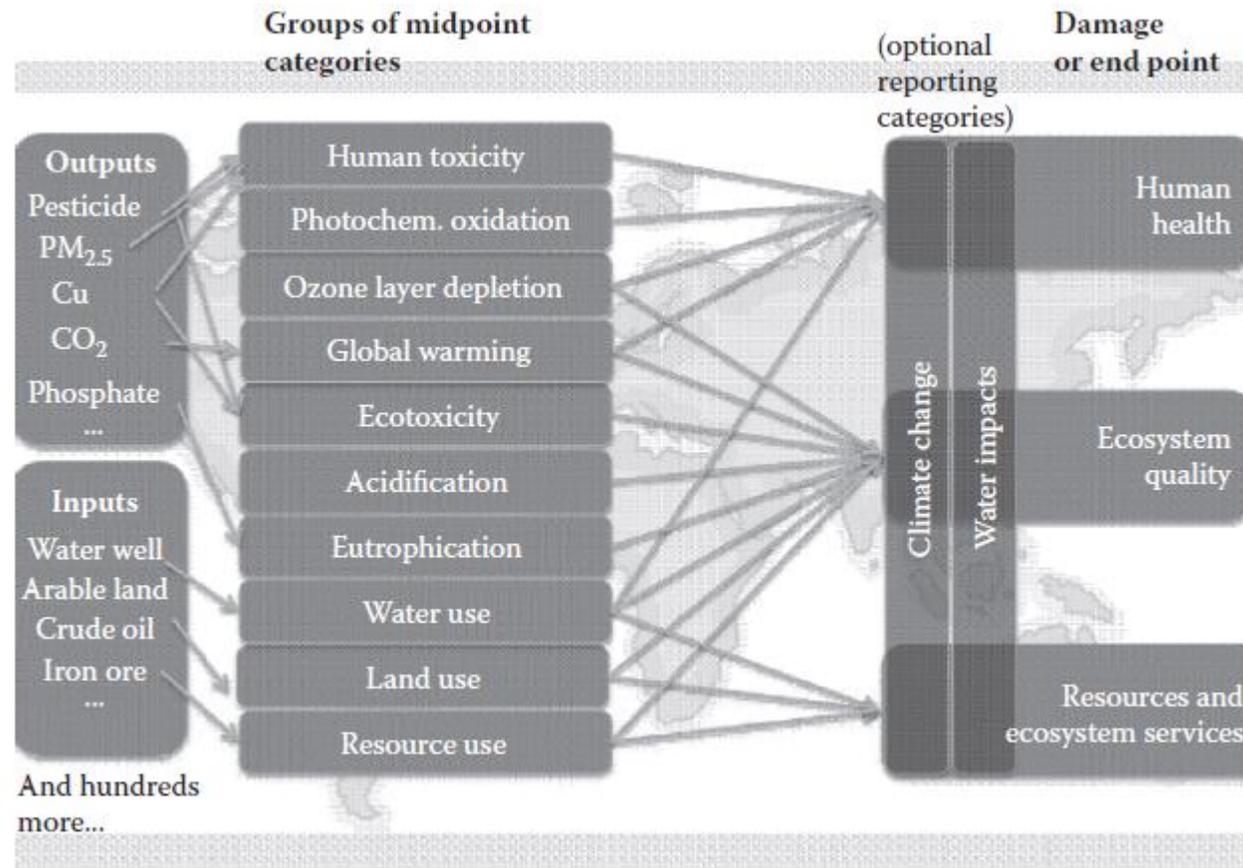
ANÁLISIS DE IMPACTOS

Tabla 3. Factores de conversión para diferentes categorías indicadoras.

Gas de efecto invernadero	kg CO₂e	Contaminante	kg PO₄^{3-e}
CO ₂	1	<i>Potencial de eutrofización en suelos</i>	
CH ₄	23	NO ₂	0,13
N ₂ O	296	NH ₃	0,327
CCl ₄	1.800	<i>Potencial de eutrofización en agua</i>	
CF ₄	5.700	PO ₄ ³⁻	1
C ₂ F ₆	11.900	DQO	0,022
		NH ₃ /NH ₄ ⁺	0,327
		NO ₃ ⁻ /HNO ₃	0,095

Fuente: W. Klöpffer, B. Grahl. 2013. *Life Cycle Assessment (LCA), A guide to best practice*. Wiley-VCH, cap. 4, p. 296.

ANÁLISIS DE IMPACTOS



Fuente: O. Jolliet, et al. 2016. *Environmental life cycle assessment*. CRC Press, cap. 5, p. 116.

ANÁLISIS DE IMPACTOS

Tabla 4. Factores de conversión para diferentes categorías finales según IMPACT World+.

Categoría indicadora	Unidad	Salud humana (HH) / DALY*	Calidad del ecosistema (EQ) / PDF-m ² -año**
Calentamiento global (100 años)	kg CO ₂ e	8,3 x 10 ⁻⁷	0,185
Eutrofización acuática	kg PO ₄ ³⁻ e	-	55,3
Material particulado inorgánico	kg _{PM2,5e}	0,00083	-
Material particulado orgánico	kg _{NMVOCe}	3,9 x 10 ⁻⁸	-
etc...			

*DALY(*disability-adjusted life years*): unidad de medida relacionada con la pérdida de expectativa de vida.

**PDF-m²-año(*potentially disappeared fraction*): unidad de medida de la fracción de especies que podrían desaparecer en un metro cuadrado en el período de un año.

ANÁLISIS DE IMPACTOS

El ciclo de vida de un par de jeans Levi's® 501® equivale a:

Cambio climático:
33,4 kg CO₂e...

106 kilómetros conducidos por un auto promedio estadounidense

Consumo de agua:
3,781 litros...

Agua total usada en una casa promedio en tres días

Eutrofización:
48,9 g PO₄e...

Fósforo total encontrado en 1.700 tomates

Ocupación de suelos:
12 m² año⁻¹...

7 personas paradas y abiertas de brazos



INTERPRETACIÓN

- Cumplimiento de objetivos
- Evaluación de los supuestos y la incertidumbre de los datos
- Conclusiones del estudio
- Recomendaciones para la toma de decisiones

OBJETIVOS

Al final de la clase de hoy, esperamos que seas capaz de:

- Conocer la herramienta de análisis de ciclo de vida
- Identificar y diferenciar las partes de un análisis de ciclo de vida
- Analizar los resultados de un análisis de ciclo de vida

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (*LIFE CYCLE ASSESSMENT, LCA*)

Mariana Brüning, Francisco Henríquez, Francisco More

DIQBT- Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas – Universidad de Chile

Septiembre 2017