

Análise do Ciclo de Vida



Grupo de Investigación de Enxeñaría e Bioprocesos

Departamento de Enxeñaría Química

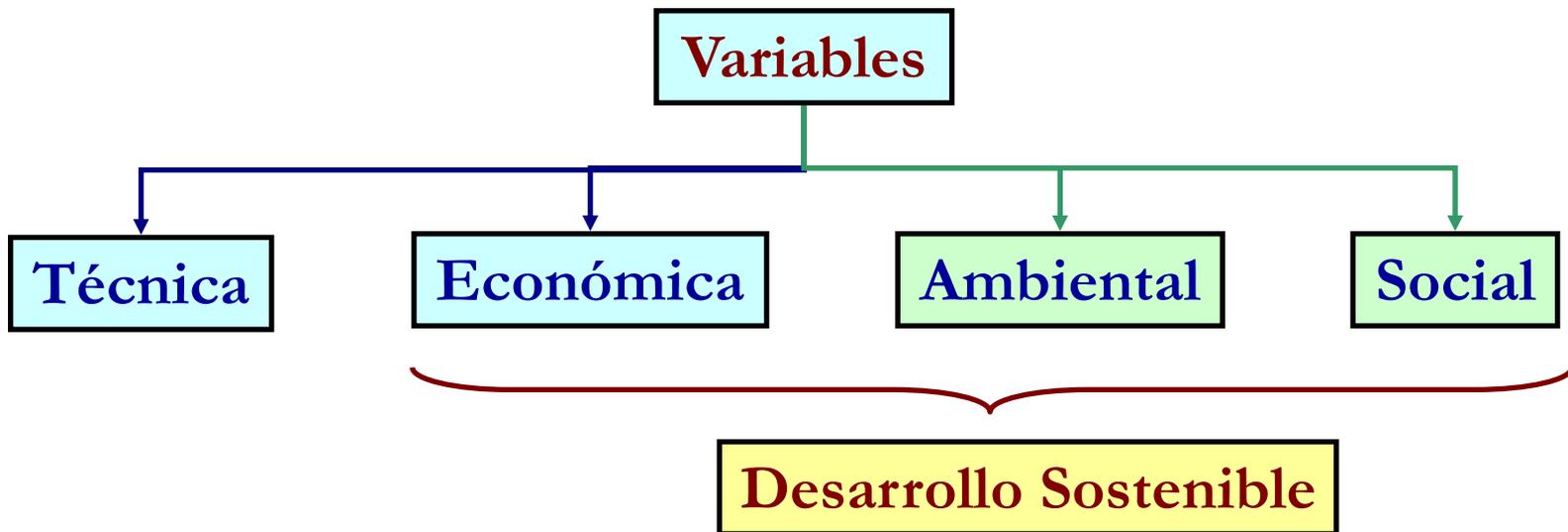
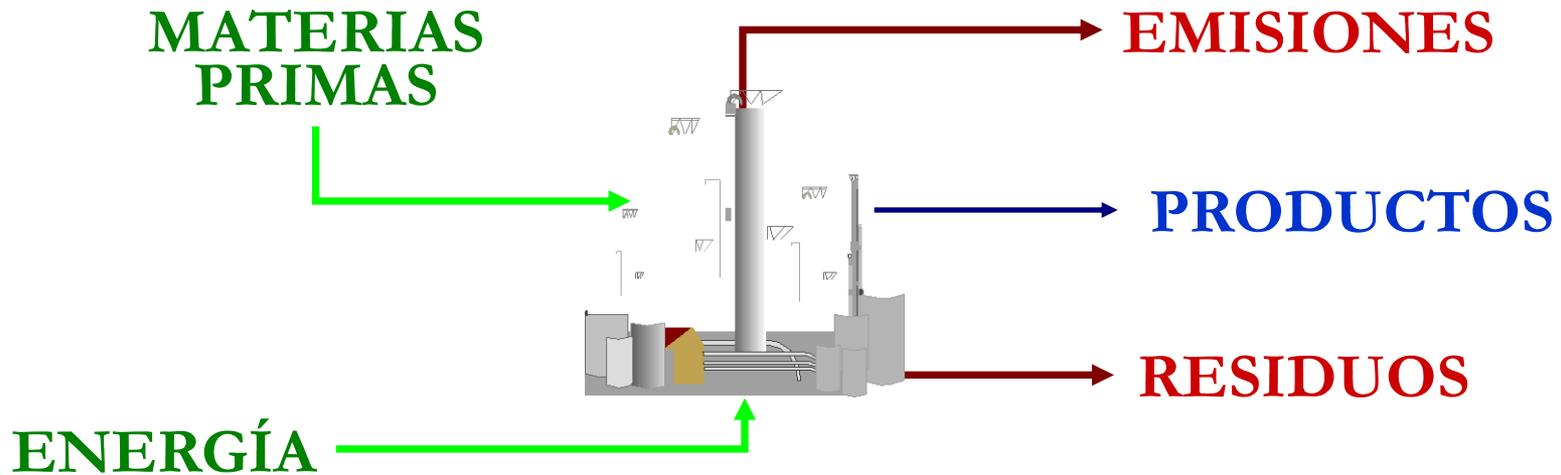
ETSE/IIT

1. **Introducción**
2. **Análisis de Ciclo de Vida: Fundamentos**
3. **Aplicación del ACV en el análisis de productos y procesos**
4. **Aplicación del ACV en la mejora de procesos**
5. **Aplicación del ACV en la selección de alternativas de proceso**

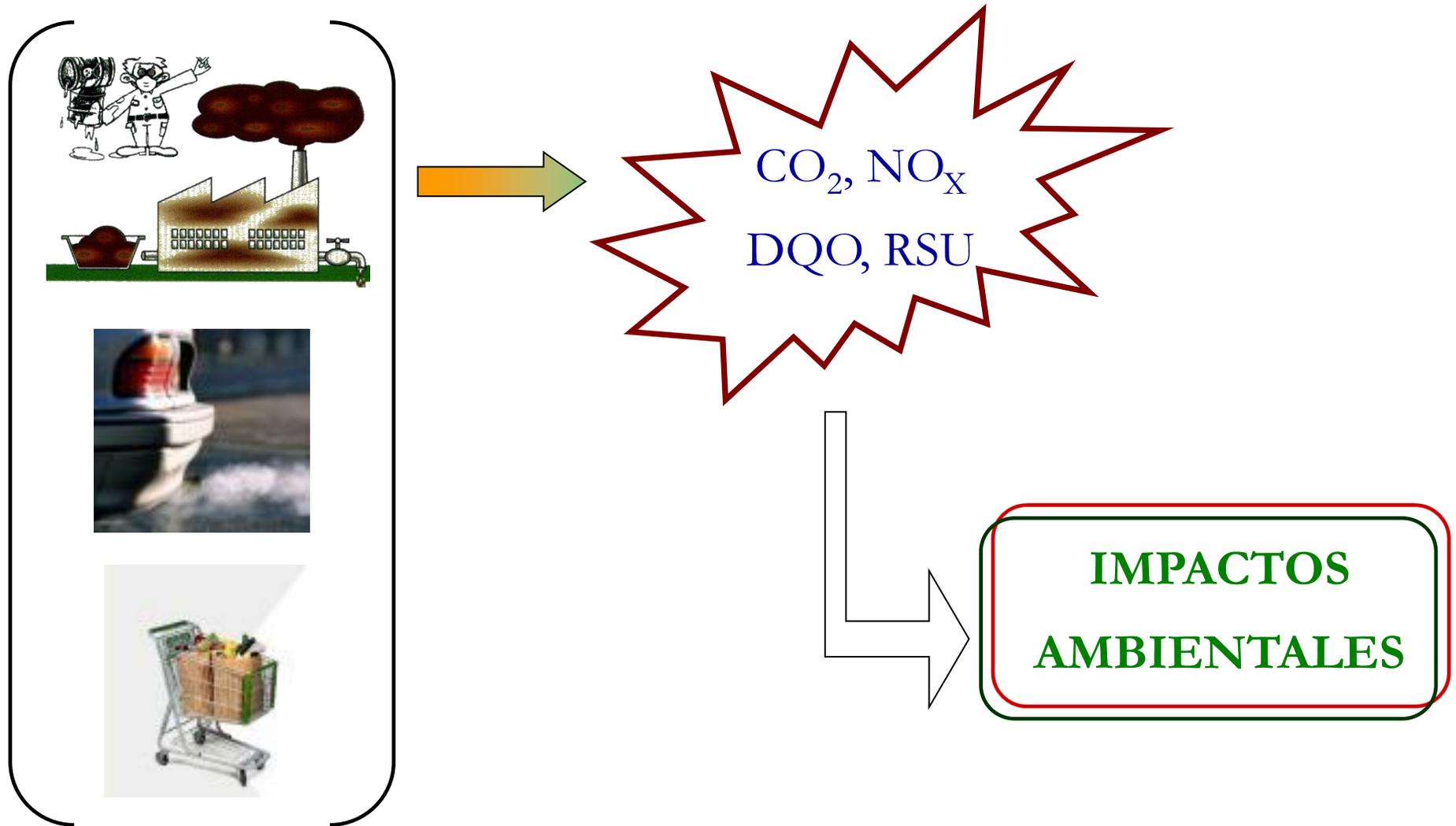
Introducción

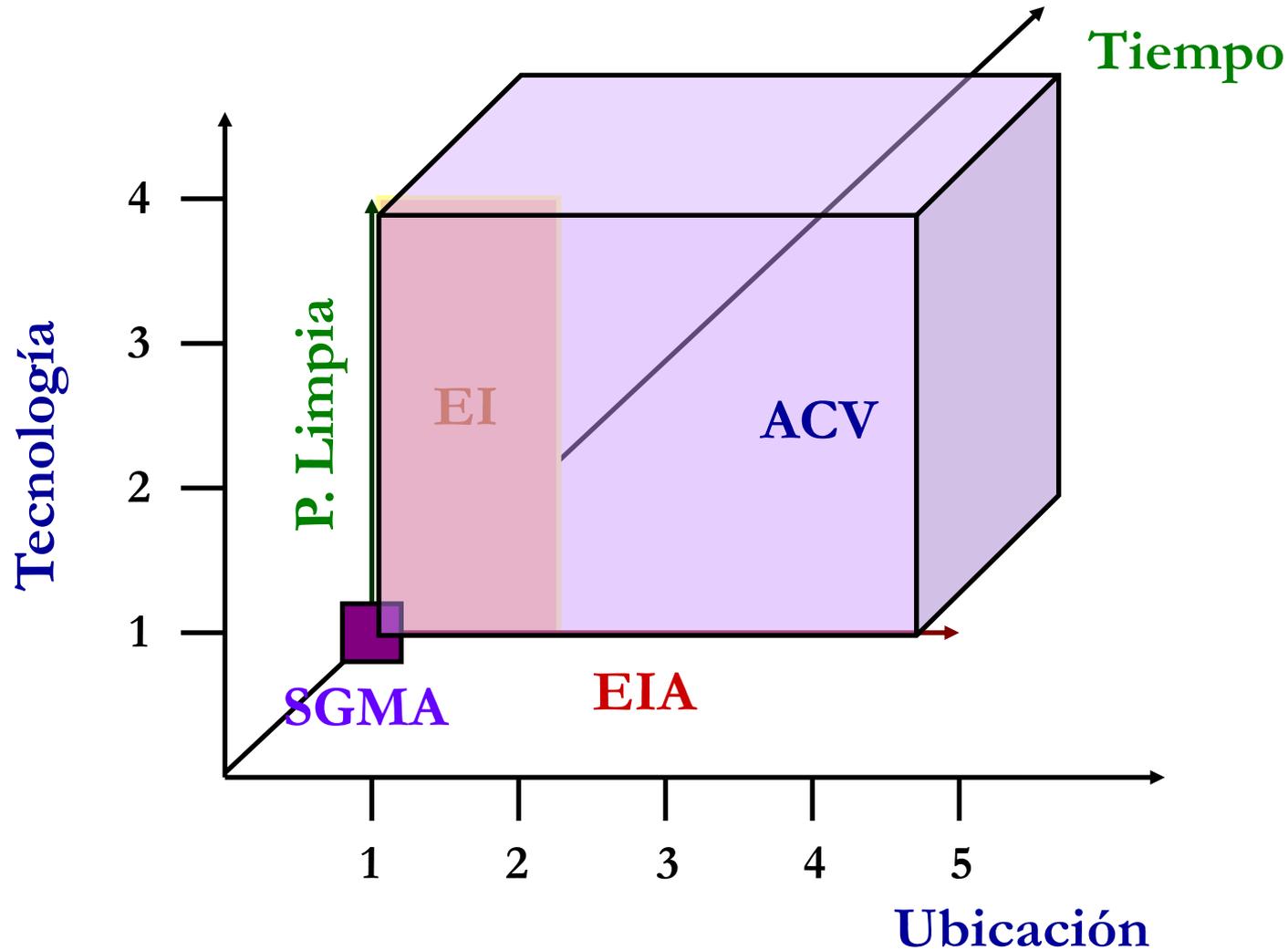
INTRODUCCIÓN

Perspectiva Multicriterio



Actividades Humanas vs. Impacto Ambiental





CONSOLIDACIÓN

1990s-

- **1991.** Publicación de la base de datos de la BUWALL
- **1992.** Creación de la “Society for the Promotion of Life Cycle Development” (SPOLD)
“...public availability of life cycle inventory data as it first priority”
- **1993.** Definición del ACV por la SETAC
- **1996.** Comienza la publicación del *Internacional Journal of LCA*
- **1997.** Publicación de la ISO14040: LCA-principles and framework
- **1998.** ISO14041 LCA-goal and scope definition and inventory analysis
- **2000.** ISO14042 LCA-life cycle impact assessment
ISO14043 LCA-life cycle impact interpretation
- **2002.** Creación de la Red Temática Española de ACV
ISO/TS 14048 LCA-data documentation format
- **2003.** Definición de la “Life Cycle Initiative” del Programa de las Naciones Unidas (PNUMA) y la Sociedad de Química y Tecnología Ambiental (SETAC).
Entrada en el “Scientific Citation Index” del *International Journal of LCA* (1,483)
- **2005.** 2ª Conferencia Internacional sobre Gestión del Ciclo de Vida (LCM2005)
- **2006.** ISO 14040 LCA

Análisis de Ciclo de Vida

“El ACV es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto/proceso/servicio: compilando un **inventario de las entradas y salidas** relevantes del sistema; evaluando los **impactos ambientales** potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”



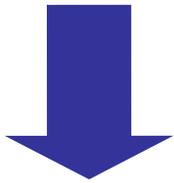
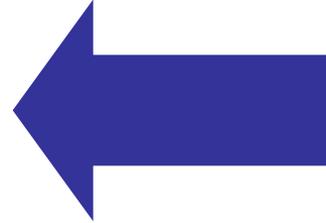
ISO 14.040:2006

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

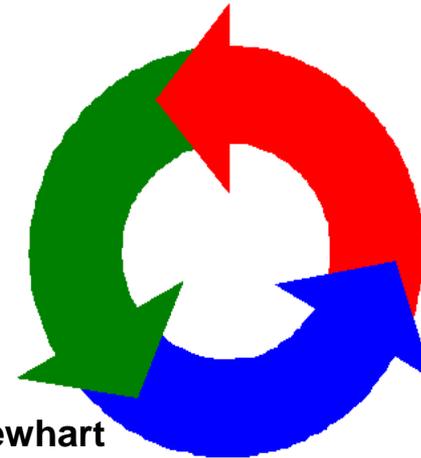
Metodología & Aplicaciones

ANÁLISIS DE
INVENTARIO

DEFINICIÓN DE
OBJETIVOS Y
ALCANCE



- Plan
- Do
- Check
- Analyze and act

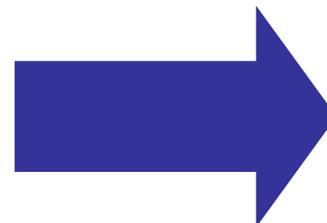


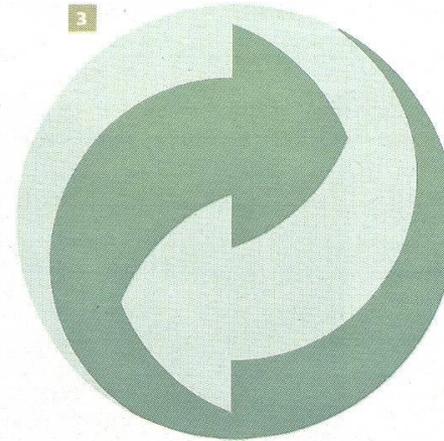
El ciclo de Deming/Shewhart



EVALUACIÓN
DE IMPACTOS

INTERPRETACIÓN
DE RESULTADOS
o EVALUACIÓN DE
MEJORAS





ETIQUETA ECOLÓGICA

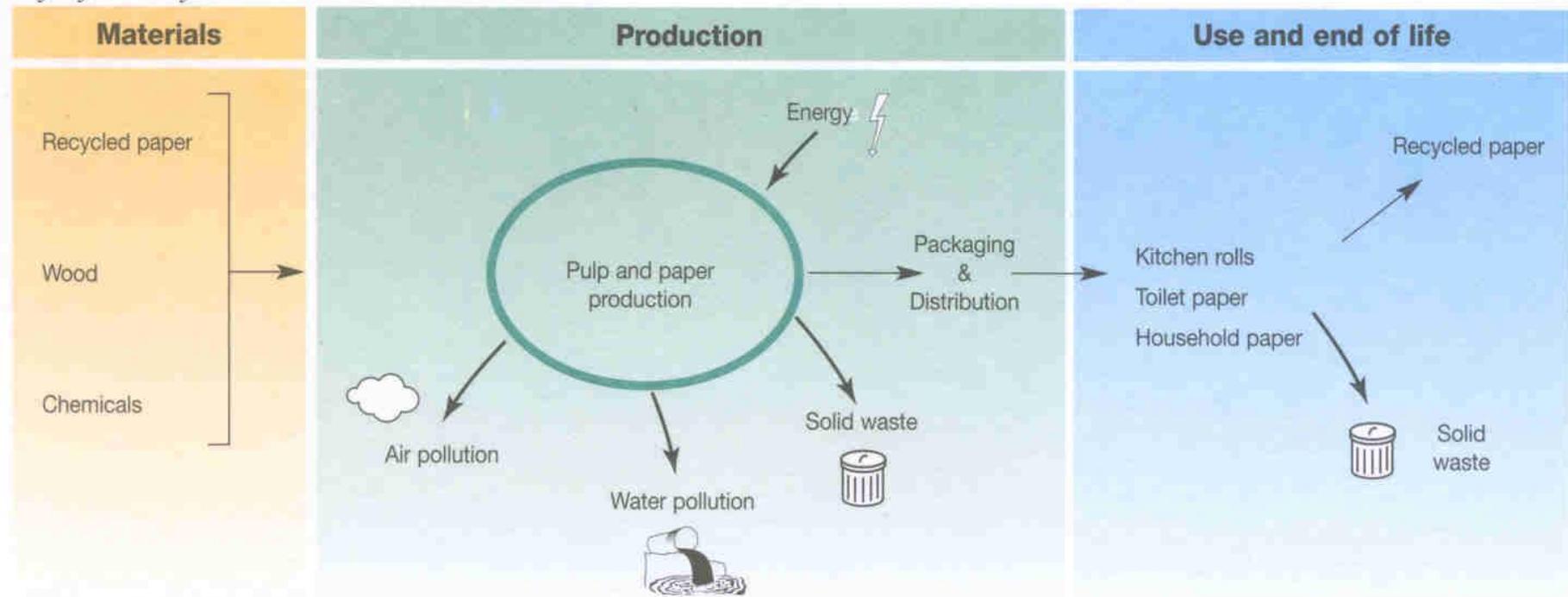
“The European **Eco-Label**, by its unique european dimension, its impartiality and its guaranteed environmental excellence appeared simply the best solution to green our business”



To receive the EU Eco-Label, the tissue paper must meet the following ecological criteria



Life cycle analysis



Es la primera pintura plástica ECOLÓGICA de Galicia. CERTIFICADO ECOLÓGICO EUROPEO ES/007/01/01



CERTIFICADO DE OTORGAMIENTO

El Departamento de Medio Ambiente y Vivienda certifica que ha otorgado al producto:

PROA PI-100, pintura plástica de interior

de la empresa **INDUSTRIAS PROA, SA** con sede en

San Salvador de Budiño-Gándaras de Prado
Porriño (Pontevedra)

la Etiqueta ecológica comunitaria⁽¹⁾, correspondiente a la categoría de pinturas y barnices⁽²⁾,
(Núm. reg. ES /007/001)

El consejero de Medio Ambiente y Vivienda

Salvador Milà i Solsona

Barcelona, 26 de julio de 2004

Fecha de otorgamiento: 14 de abril de 1999
Fecha de renovación: 26 de julio de 2004
Validez del certificado: 31 de agosto de 2007

⁽¹⁾ Reglamento (CE) núm. 1980/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de julio de 2000, relativo a un sistema comunitario revisado de concesión de etiqueta ecológica (DO L237, de 21.9.2000)

⁽²⁾ Decisión de la Comisión, de 3 de septiembre de 2002, por el que se establecen los criterios ecológicos revisados para la concesión de la etiqueta ecológica comunitaria a las pinturas y barnices de interior y se modifica la Decisión 1996/10/CE (DO L 236, de 04.09.2002)

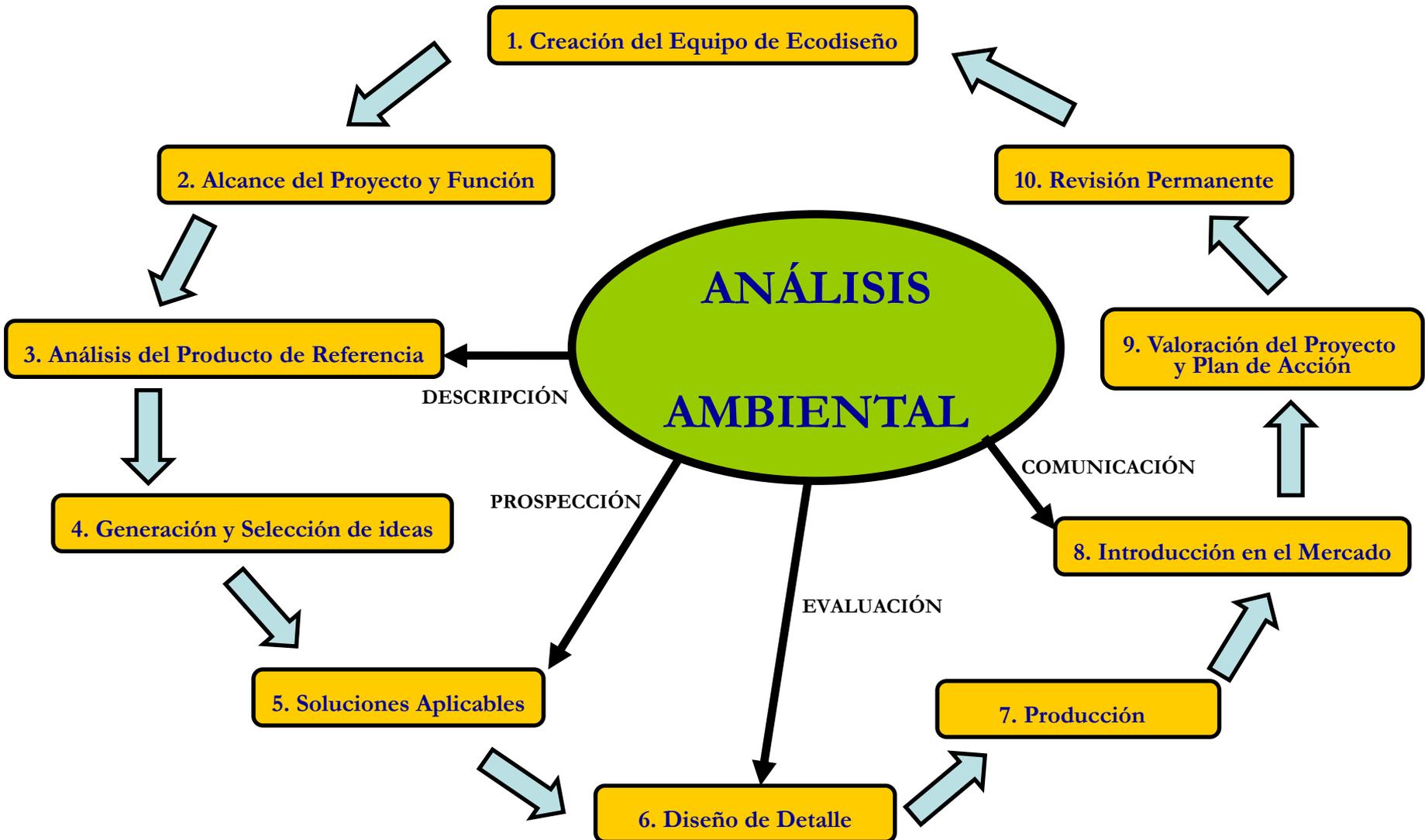


La Ecoetiqueta en este producto garantiza que:

- Se ha reducido la cantidad de pigmento blanco, garantizando una cobertura suficiente.
- Se han aplicado criterios ecológicos estrictos en la producción de los pigmentos.
- El producto desprende una cantidad menor de disolventes.
- No contiene metales pesados no sustancias tóxicas carcinogénicas.

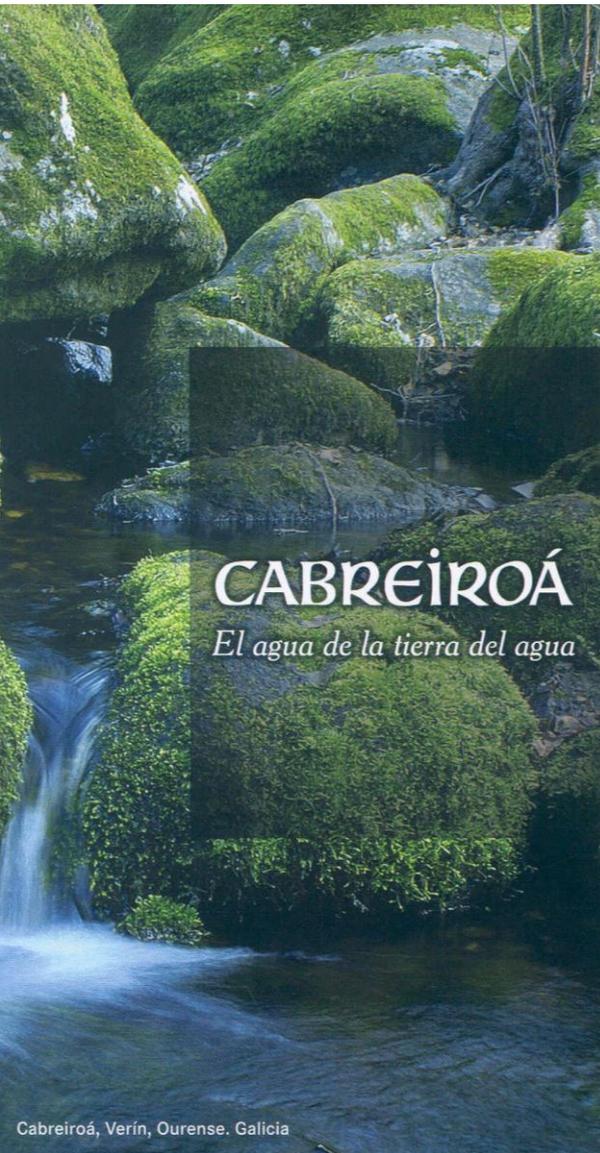
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Ecodiseño



ANALISIS DE CICLO DE VIDA

Ecodiseño



OBJETIVOS Y ALCANCE

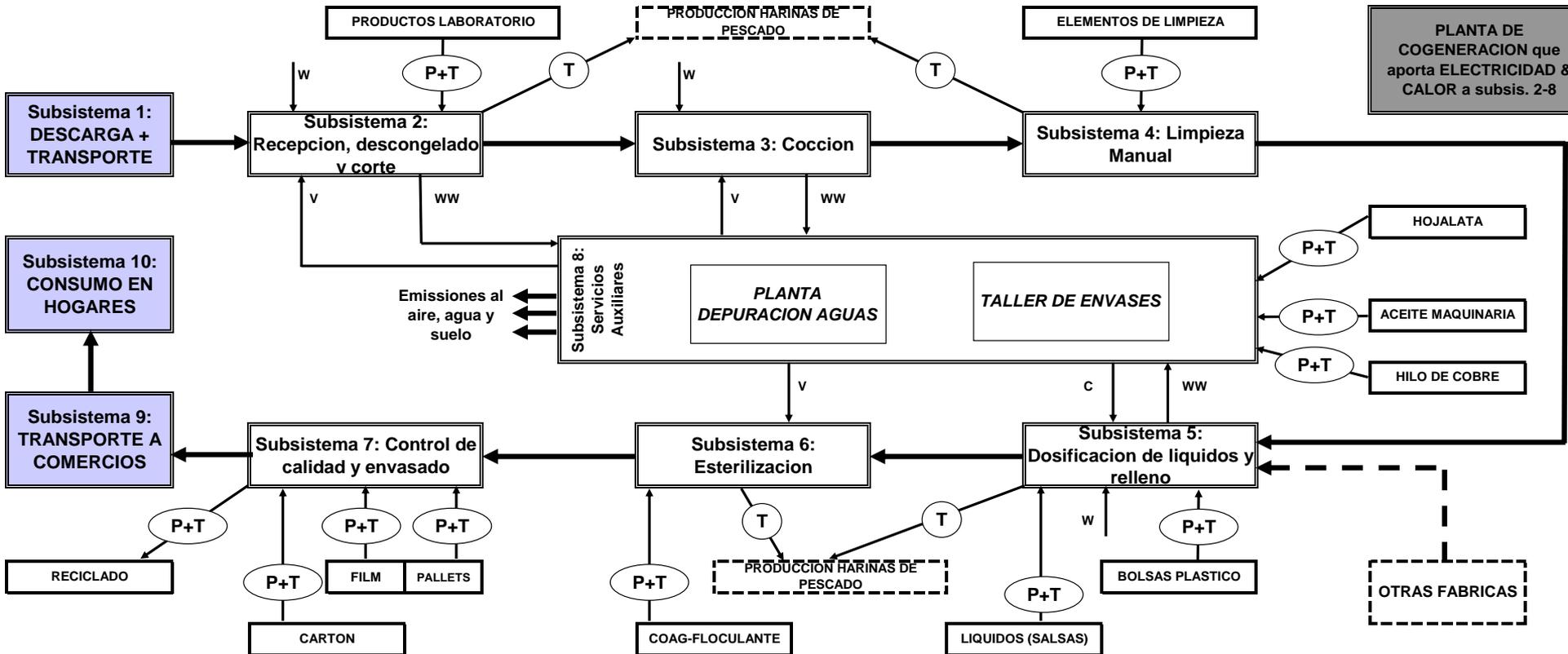
- ❑ **Objetivo:** Se establece el fin último del análisis y la metodología a emplear, como por ejemplo, la norma ISO 14040:2006
- ❑ **Alcance:** incluye los siguientes apartados
 - Sistema
 - Función del sistema
 - Unidad funcional
 - Límite del estudio



ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Objetivos y Alcance

Sistema

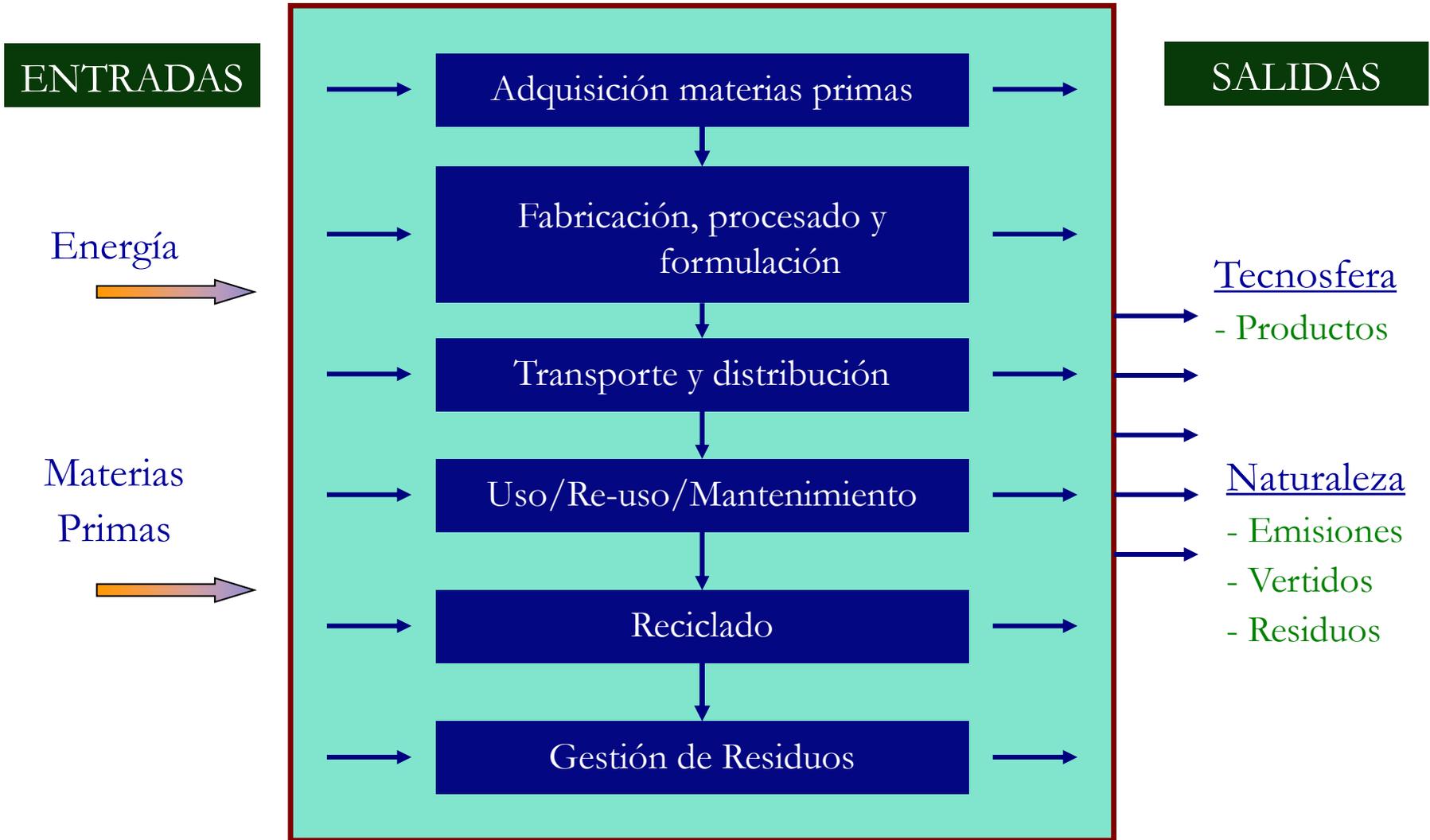


ANÁLISIS DEL INVENTARIO DE CICLO DE VIDA (ICV)

“Cuantificación de los flujos de materia y energía. El análisis incluye la recopilación de los datos y la realización de los cálculos adecuados para cuantificar las entradas y salidas de cada uno de los escenarios o subsistemas definidos en el alcance del estudio. Las entradas son las materias primas (incluidas las fuentes de energía) y las salidas son las emisiones al aire, agua y suelo”

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Inventario del Ciclo de Vida



Límites del Sistema

Hoja de inventario definida por la SPOLD

(Society for the Promotion of Life Cycle Assessment Development)

ENTRADAS	
Desde la tecnosfera	Desde la naturaleza
Materias y combustibles (kg)	Materias primas y combustibles crudos (kg)
Electricidad (MJ)	
SALIDAS	
A la tecnosfera	A la naturaleza
Productos y coproductos (kg)	Emisiones

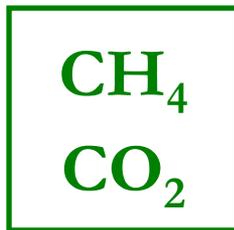
EVALUACIÓN DEL IMPACTO (EICV)

“La etapa de evaluación de impacto tiene como misión interpretar los resultados obtenidos en el componente de inventario. Las técnicas de evaluación de impacto convierten una tabla de doble entrada de centenares o incluso miles de datos referentes a cantidades de diferentes contaminantes (inventario), en una lista de pocos datos, interpretados según su capacidad de alterar el medio ambiente”

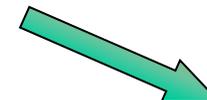
Clasificación & Caracterización

Normalización & Valorización

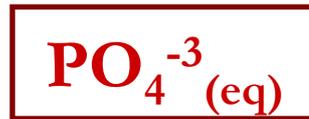
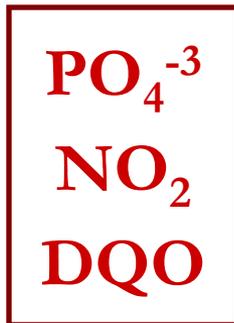
Cambio Climático



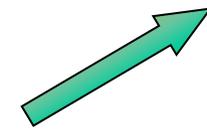
I_{CC}



Eutrofización



I_E



Daños a la salud humana
Daños al ecosistema

Inventario del ciclo de vida



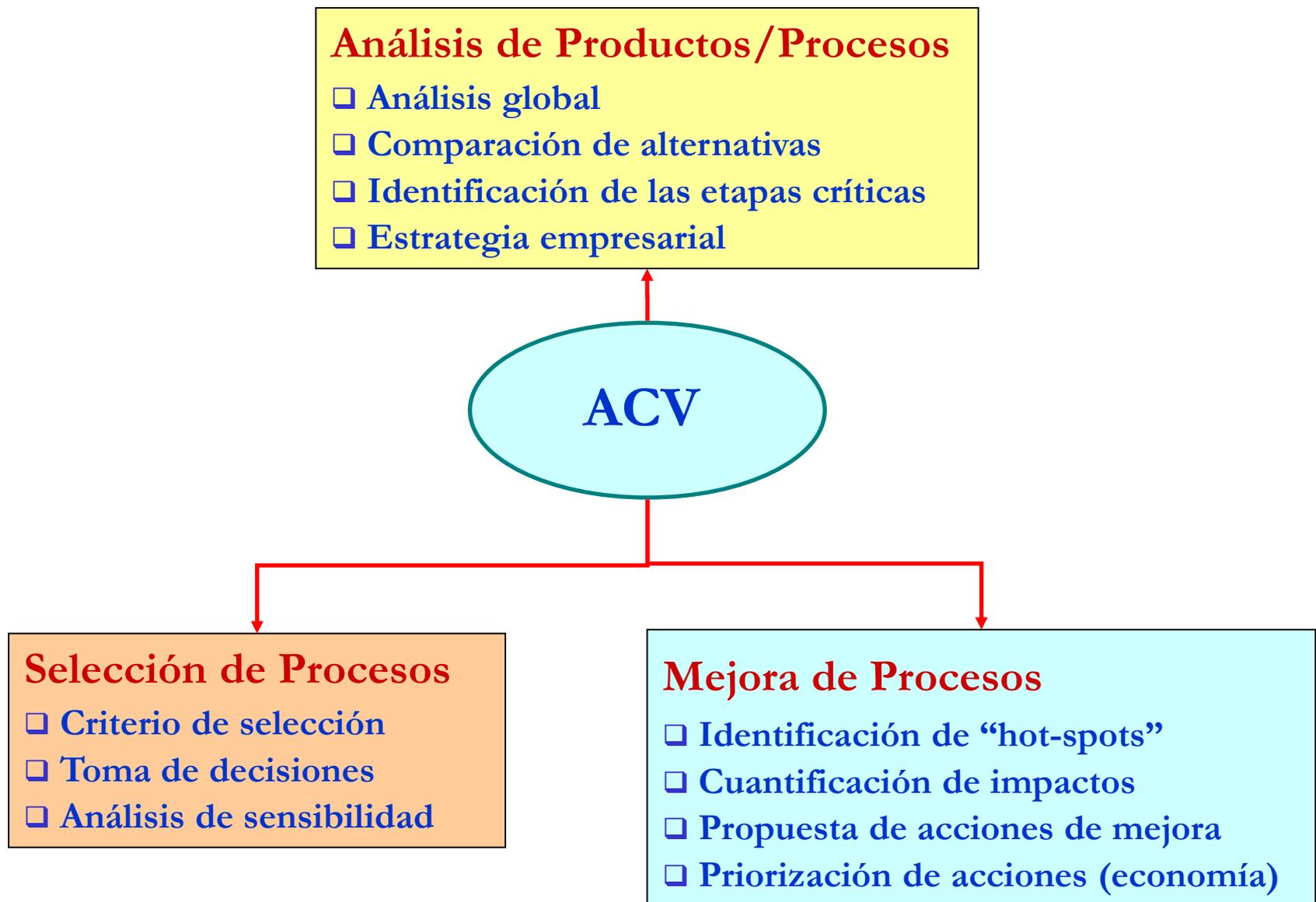
Metodologías “Midpoints”:

- **CML:** índices o factores desarrollados por el “Centre of Environmental Science” (Universidad de Leiden, Holanda): acidificación, agotamiento de la capa de ozono, toxicidad...
- **Ecopoint97:** desarrollado por el Ministerio Suizo de Medio Ambiente (BUWAL)

Metodologías “Endpoint”

□ **Eco-indicator 99:** El Eco-indicator 99 ha sido promovida por el VROM (“Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment”). Es un método de ACV desarrollado por PRé Consultants, en colaboración con empresas privadas (Philips Consumer Electronics, Volvo/Mitshubishi...), universidades (Amsterdam, Leiden y Delft) y consultorías (TNO, CE).

□ El método EPS fue desarrollado inicialmente como un herramienta conceptual para realizar ACVs en 1991 para “Volvo Car Corporation” en Suecia por el “Swedish Environmental Research Institute”.



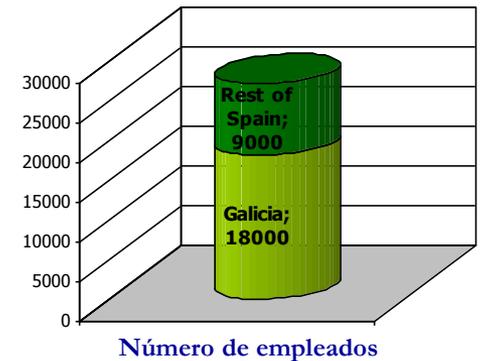
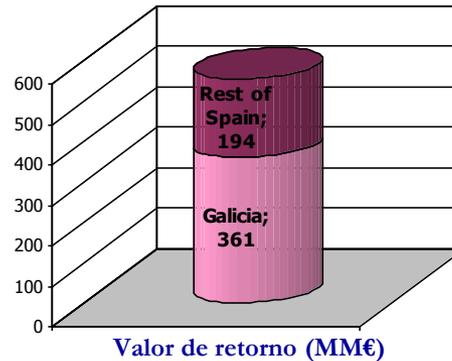
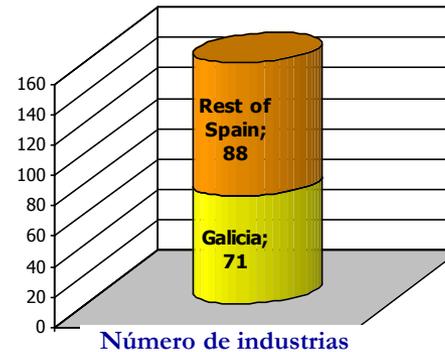
Aplicación del ACV en el análisis de productos y procesos



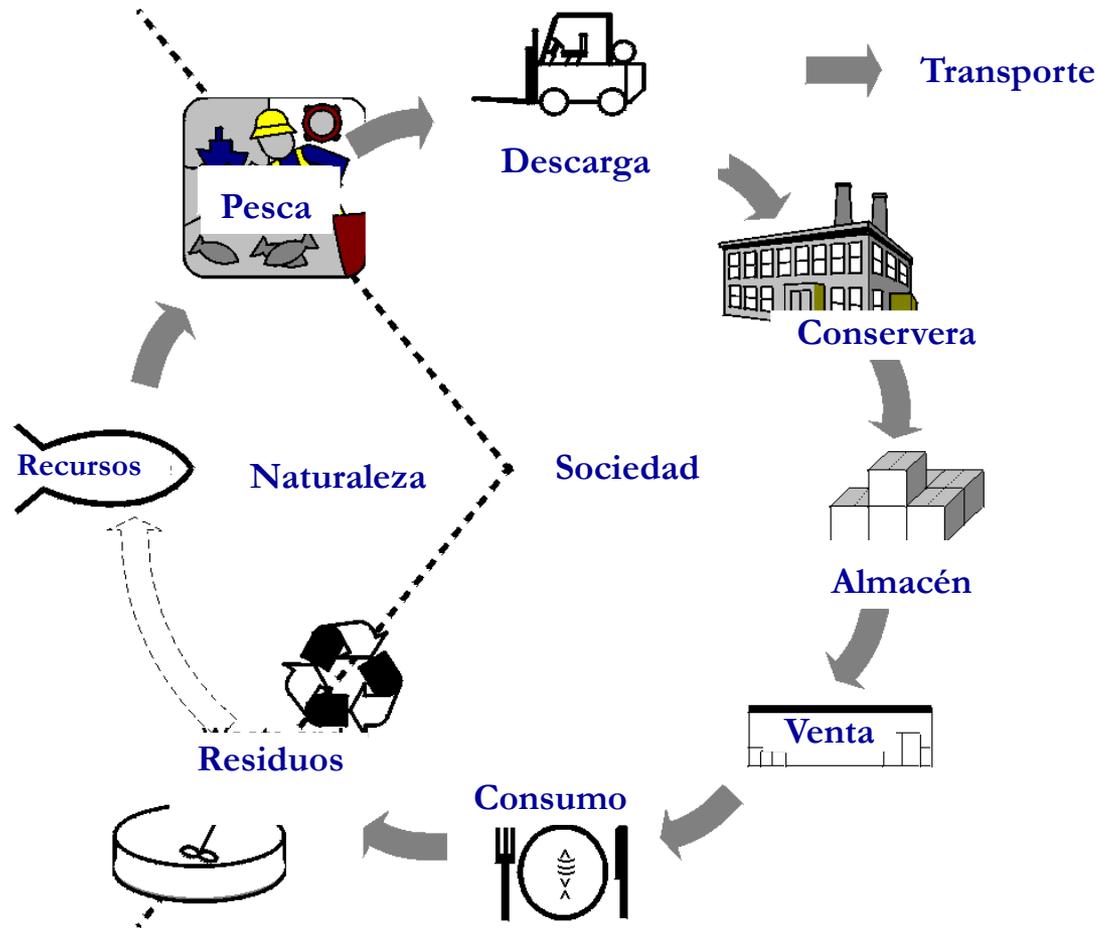
Conserva de atún

Procesado de Atún

- España es el 2º exportador mundial de atún.



ACV Producto – Conserva Atún

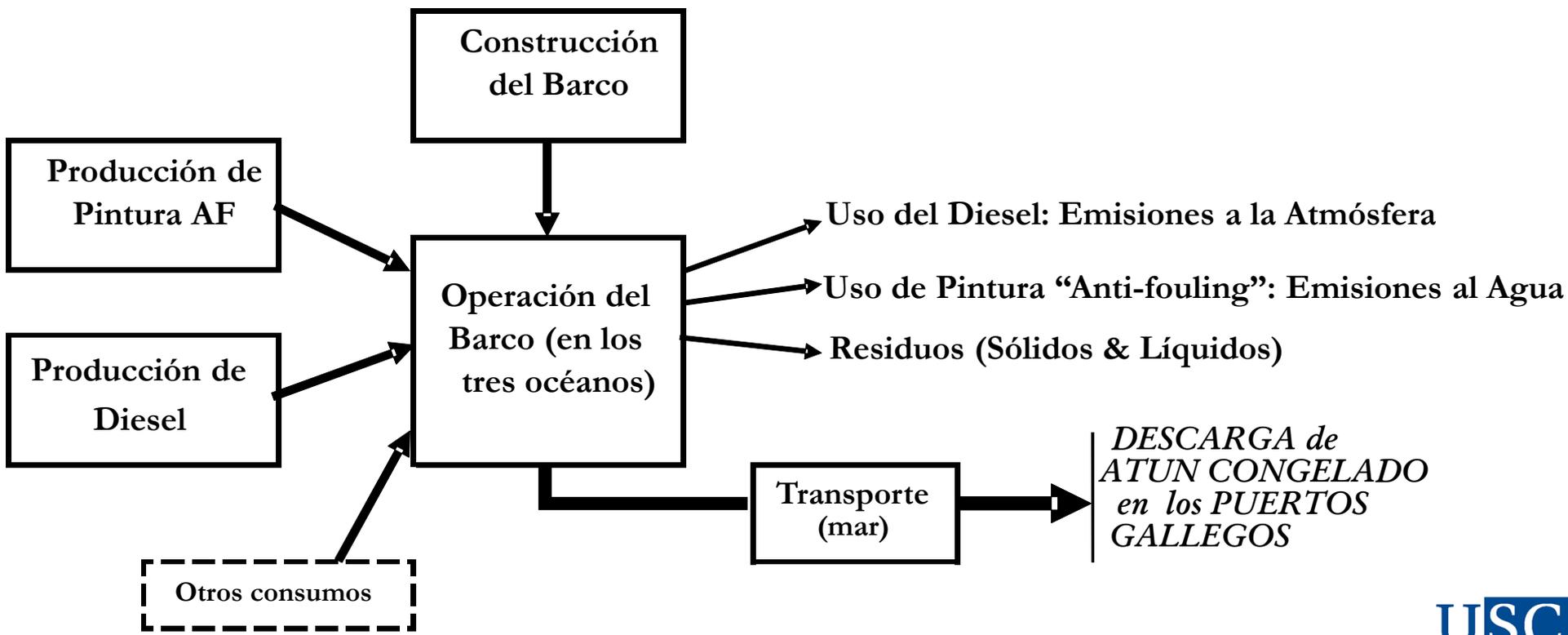


ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Industria Conservera



Subsistema "PESCA"



ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

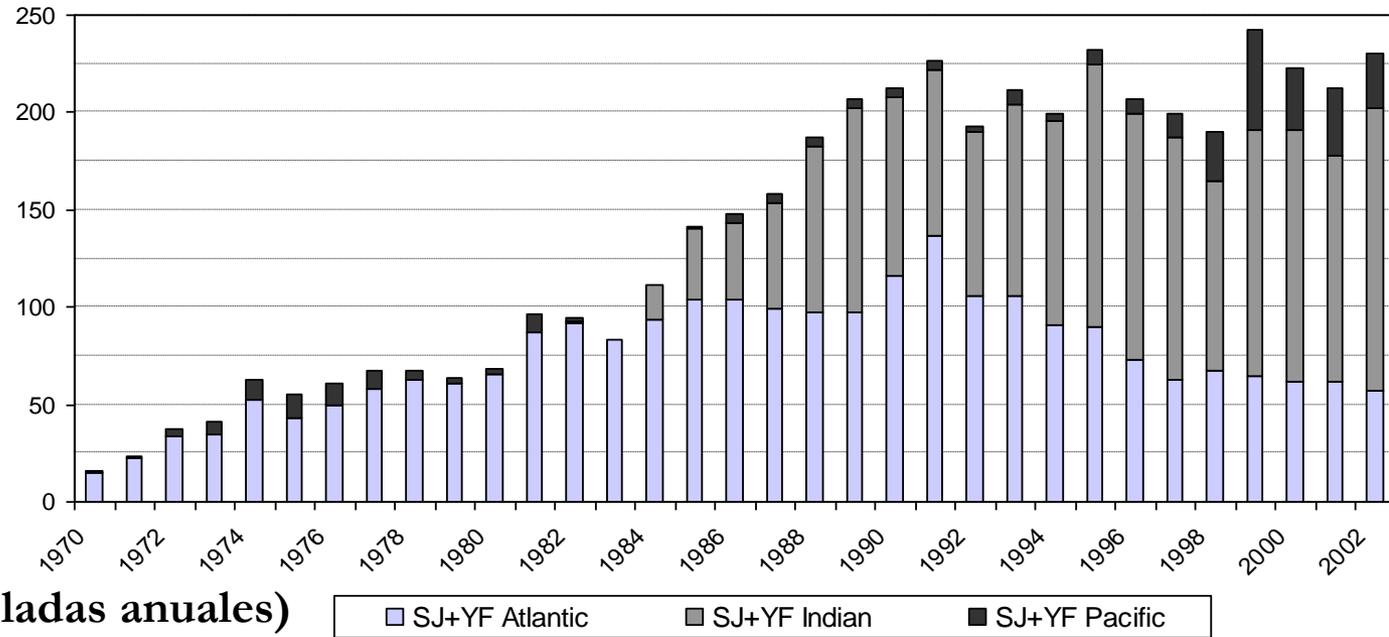
Industria Conservera



Skipjack (*Katsuwonus pelamis*)



Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*)



Capturas (miles de toneladas anuales)



Origen de los datos de inventario:

- 9 barcos atuneros (3 por océano)
- Técnica de pesca: Cerco
- Capturas totales (año 2003) = 78.000 toneladas (>25%)
- Puertos de descarga: Galicia

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Industria Conservera

ICV: Subsistema “PESCA”



**Total /
Promedio**

Atlántico

Índico

Pacífico

Número de Barcos

3

3

3

9

Capturas Totales (toneladas)

23.452

29.554

24.994

78.000

Características Principales – Valores medios

Eslora entre perpendiculares (m)

63,32

65,74

80,49

69,85

Potencia del motor principal (kW)

3.182

3.305

4.386

3.625

Consumos en la etapa de Construcción – Valores medios

Acero para el casco (toneladas)

897

921

1.280

1.033

Consumos operacionales – Valores medios

Consumo anual de Combustible (L)

3.376.947

3.648.687

4.353.795

3.793.143

Consumo anual de Pintura AF (L)

700

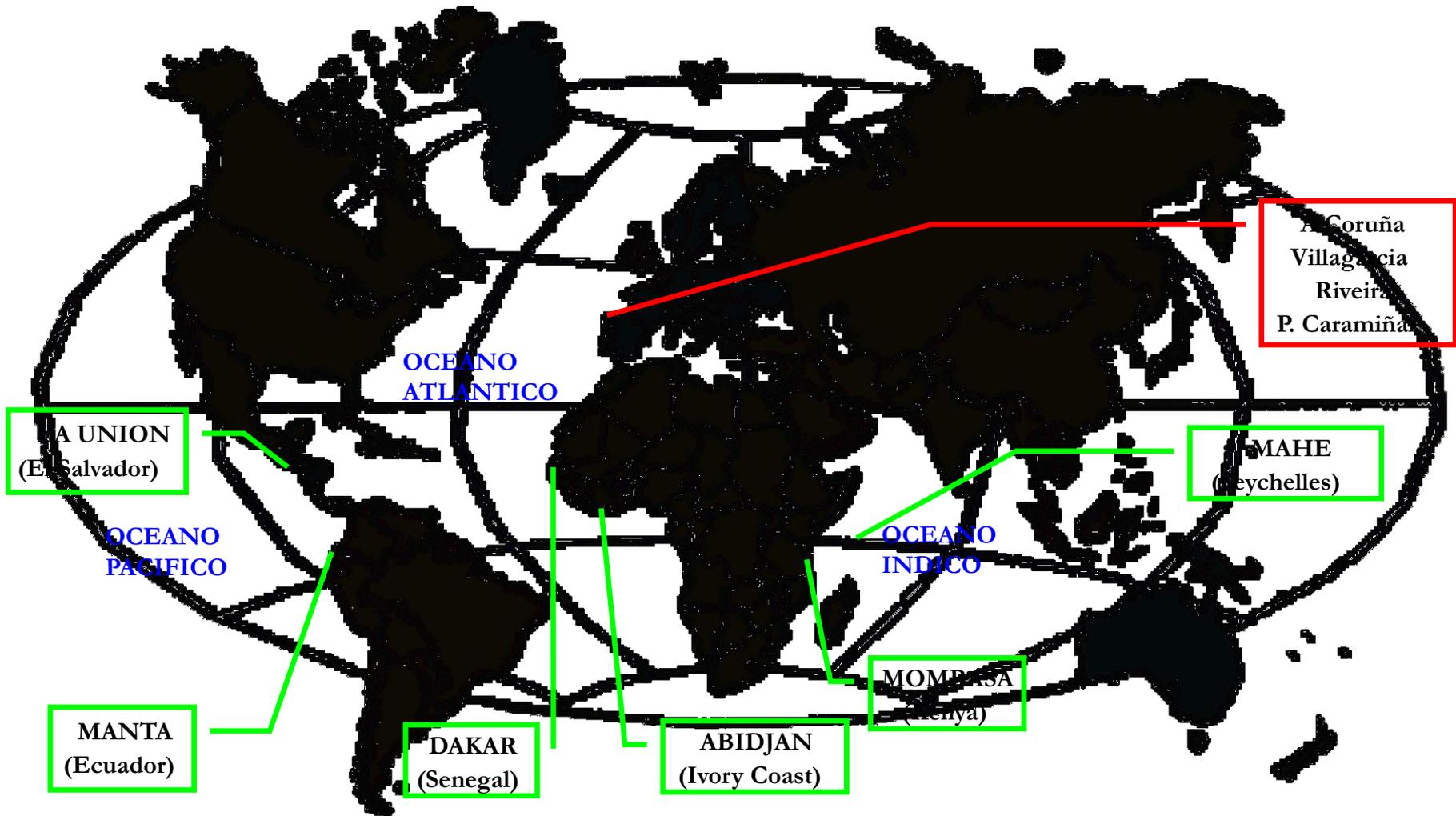
820

828

783

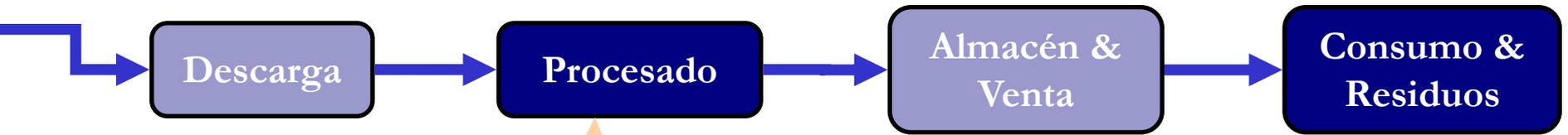
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Industria Conservera



ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

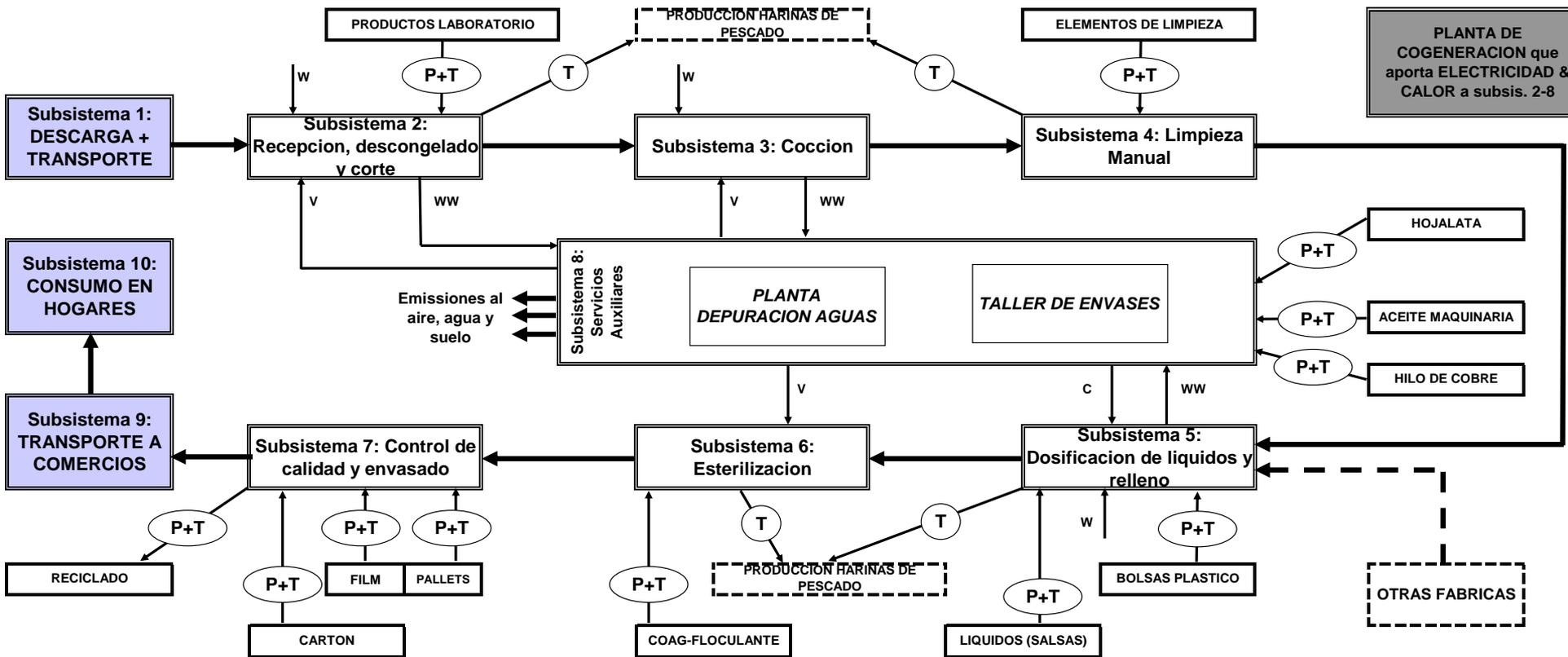
Industria Conservera



1. Descarga
2. Recepción y corte
3. Cocción
4. Limpieza manual
5. Dosificación y llenado
6. Esterilización
7. Envasado
8. Actividades auxiliares



Subsistema "Procesado"



ICV: Subsistema “PROCESADO”

ENTRADAS	unidad	Factoría 1	Factoría 2
Atún congelado	ton	1,00	1,00
Productos de laboratorio			
Productos líquidos	mL	4,58	-
Productos sólidos	g	3,30	24,33
Agua	m ³	8,17	12,83
Instrum. de limpieza	kg	0,08	-
Prod. de limpieza	kg	-	1,29
Salsas	L	507,50	-
Hojalata (latas)	kg	300,00	-
Bolsas de plástico	kg	2,50	-
Cartón	kg	92,01	103,13
Film	kg	5,42	-
Palets de plástico	kg	45,83	-
Electricidad	kWh	249	233
Energía térmica	kWh	994	1.154

SALIDAS	unidad	Factoría 1	Factoría 2
Conserva de atún	ton	0,66	0,61
Residuos para			
harina de pescado	ton	0,34	0,39
Residuos			
Agua residual	m ³	8,17	12,83
Carga orgánica	kg	78	69
Lodo	kg	1,74	5,50

ICV: Subsistema “ACTIVIDADES AUXILIARES”

ENTRADAS desde la TECNOSFERA			ENTRADAS desde la NATURALEZA		
Materiales			Materias primas		
1. Aceite de engrase de maquinaria	0,05	L	1. Agua limpieza general	1,42	m ³
2. Hojalata	350,0	kg			
3. Barniz alimentario	0,63	L			
4. Hilo de cobre	3,88	kg			
5. Floculante en EDAR (PE-BFT-18/10)	0,01	kg			
Combustibles					
1. Cogeneración: fuel oil pesado	312,6	kg			
2. Calderas: fuel oil pesado	28,8	kg			
Electricidad					
1. Taller de Envases	58,7	kWh			
2. E.D.A.R.	5,56	kWh			
Transporte					
1. Aceite de engrase	1,2	kg·km			
2. Hojalata	415,5	t·km			
3. Barniz Alimentario	0,55	kg·km			
4. Hilo de Cobre	4,4	t·km			
5. Floculante	4,6	kg·km			
6. Hojalata Residual	0,71	t·km			
7. Barniz Residual	8,2	kg·km			
8. Aceites usados y Grasas	1,3	kg·km			

ICV: Subsistema “ACTIVIDADES AUXILIARES”

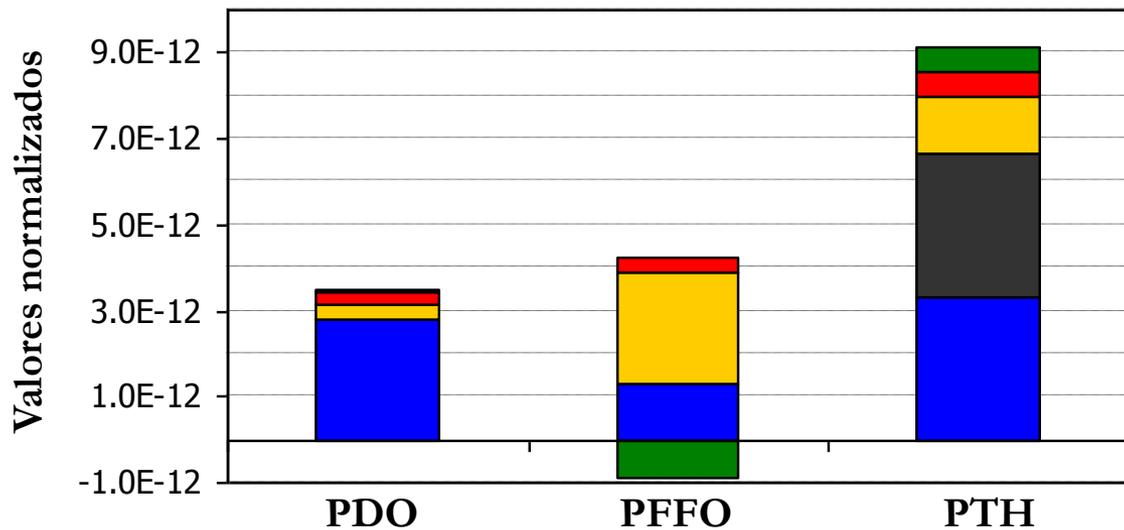
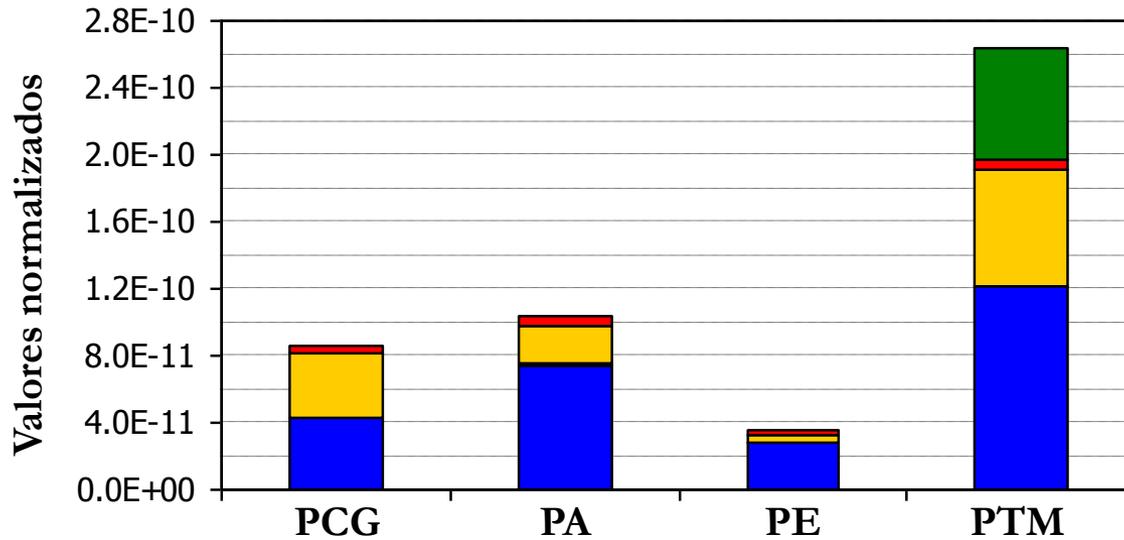
SALIDAS a la TECNOSFERA

Productos y coproductos	
1. Electricidad de la Cogeneración	184,5 kWh
2. Vapor de las Calderas	1.292 kg
Residuos a tratamiento	
1. Hojalata residual	1,42 m ³
2. Barniz alim. residual	47,5 kg
3. Aceites usados y Grasas	0,06 kg 0,05 L

SALIDAS a la NATURALEZA

Emisiones al agua	
1. Vertido desde la EDAR	5,67 m ³
DQO (g/m ³)	0,8-1,3
N-NO ₃ ⁻ (g/m ³)	0-0,008
pH	6,9-7,5
Emisiones al suelo	
1. Lodos de depuradora	1,74 kg
Emisiones al aire	
1. CH ₄ del Biogas	1,70 kg
2. CO ₂ del Biogas	1,38 kg
3. N ₂ del Biogas	0,055 kg
4. H ₂ S del Biogas	0,005 kg

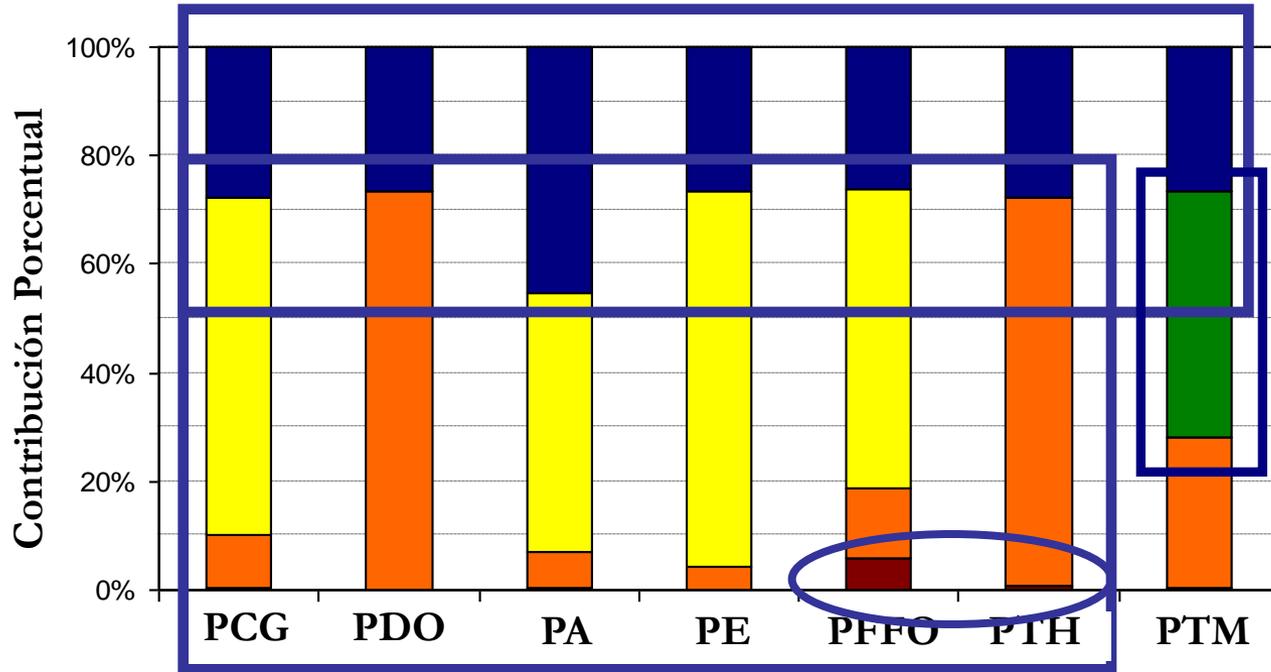
EVALUACIÓN DEL IMPACTO (EICV)



- Pesca y transporte por mar
- Descarga
- Procesado
- Distribución
- Consumo

- **PESCA** mayor contribución
- **PROCESADO** posee el segundo impacto más importante

EICV de Subsistema Pesca



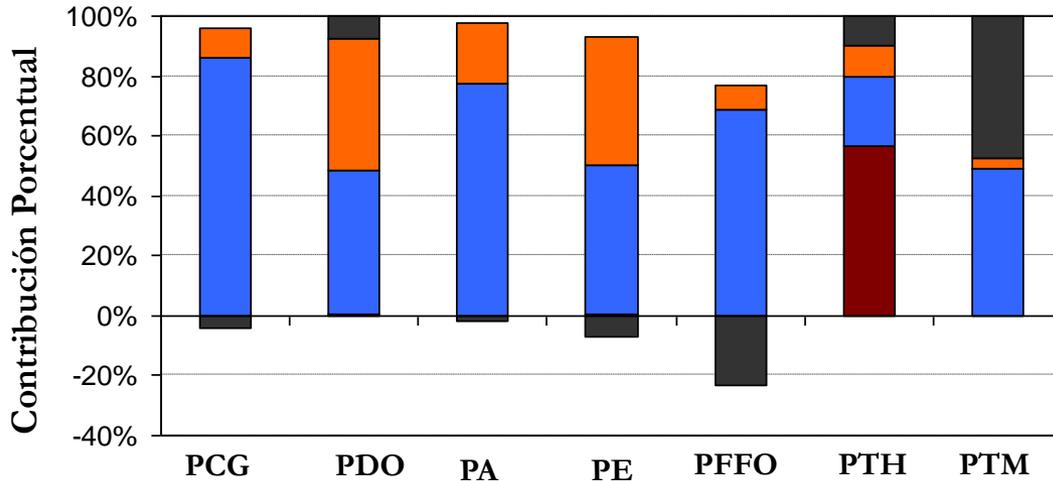
■ Construcción ■ Producción Diesel ■ Uso Diesel ■ Pintura AF ■ Transporte

Resultados de la Caracterización:

- Importancia de la etapa de operación frente a la construcción
- DIESEL: Producción + Uso
- TRANSPORTE: Contribución entre el 25 y el 46%
- PTM depende del uso de pintura antiincrustante

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Industria Conservera



Resultados de la Caracterización:

• PROCESADO

■ Descarga (Subs. 1) ■ Proceso (Subs. 2-8) ■ Distribución (Subs. 9) ■ Consumo (Subs. 10)

**Análisis
Detallado (%)**

	PCG	PDO	PA	PE	PFO	PTH	PTM
Subsistema 2	1,37	2,25	0,82	1,45	1,30	4,22	3,01
Subsistema 3	3,89	5,52	2,09	3,29	3,68	11,85	8,61
Subsistema 4	0,68	2,22	0,58	1,46	0,79	4,13	1,11
Subsistema 5	2,57	5,94	2,07	3,96	2,27	6,86	4,71
Subsistema 6	6,27	8,91	3,37	5,31	5,92	18,91	13,81
Subsistema 7	15,04	28,23	20,08	21,73	13,32	14,83	15,88
Subsistema 8	70,18	46,92	70,98	62,80	72,72	39,19	52,86
Hojalata P+T	62,49	32,62	64,93	56,42	53,67	17,38	22,63
Hilo de cobre P+T	1,33	6,69	4,39	0,40	6,79	2,61	1,58
Electricidad	2,83	4,16	1,56	2,43	2,23	7,70	5,92
Tratamiento aguas	2,57	0,00	0,00	3,29	3,38	0,00	0,00
Hojalata reciclada T+P	0,96	3,45	0,11	0,25	6,65	11,50	22,74

Acciones de Mejora Propuestas y Reducción Ambiental asociada

1. % Reciclado de la hojalata:

- Caso real: 23 %
- Alternativas propuestas: 50% y 100%



2. Cambio en el envase

- Caso real: Pack de 3 latas (52 g) y envoltorio de cartón
- Alternativas propuestas: Bolsas de plástico (140 g y 618 g)



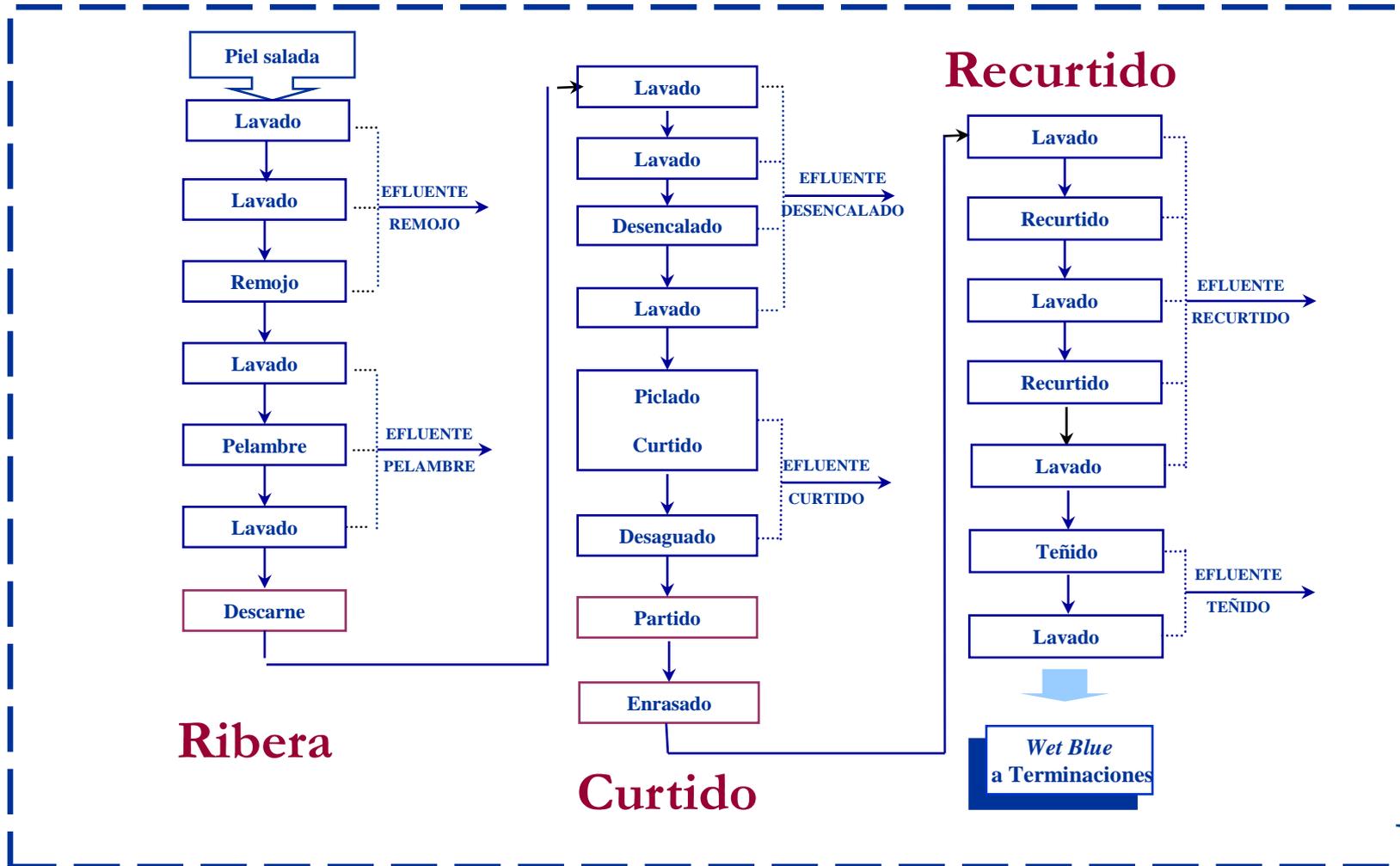
	Potencial de Calentamiento Global (PCG)		Potencial de Acidificación (PA)	
	kg CO ₂ -eq.	(%)	kg SO ₂ -eq.	(%)
Escenario 0	1.561	100	7,32	100
Esc. 1 (50 %)	1.309	84	6,59	90
Esc. 1 (100 %)	1.088	70	5,91	81
Esc. 2 (140 g)	760	49	3,78	52
Esc. 2 (618 g)	697	45	3,29	45

Conclusiones

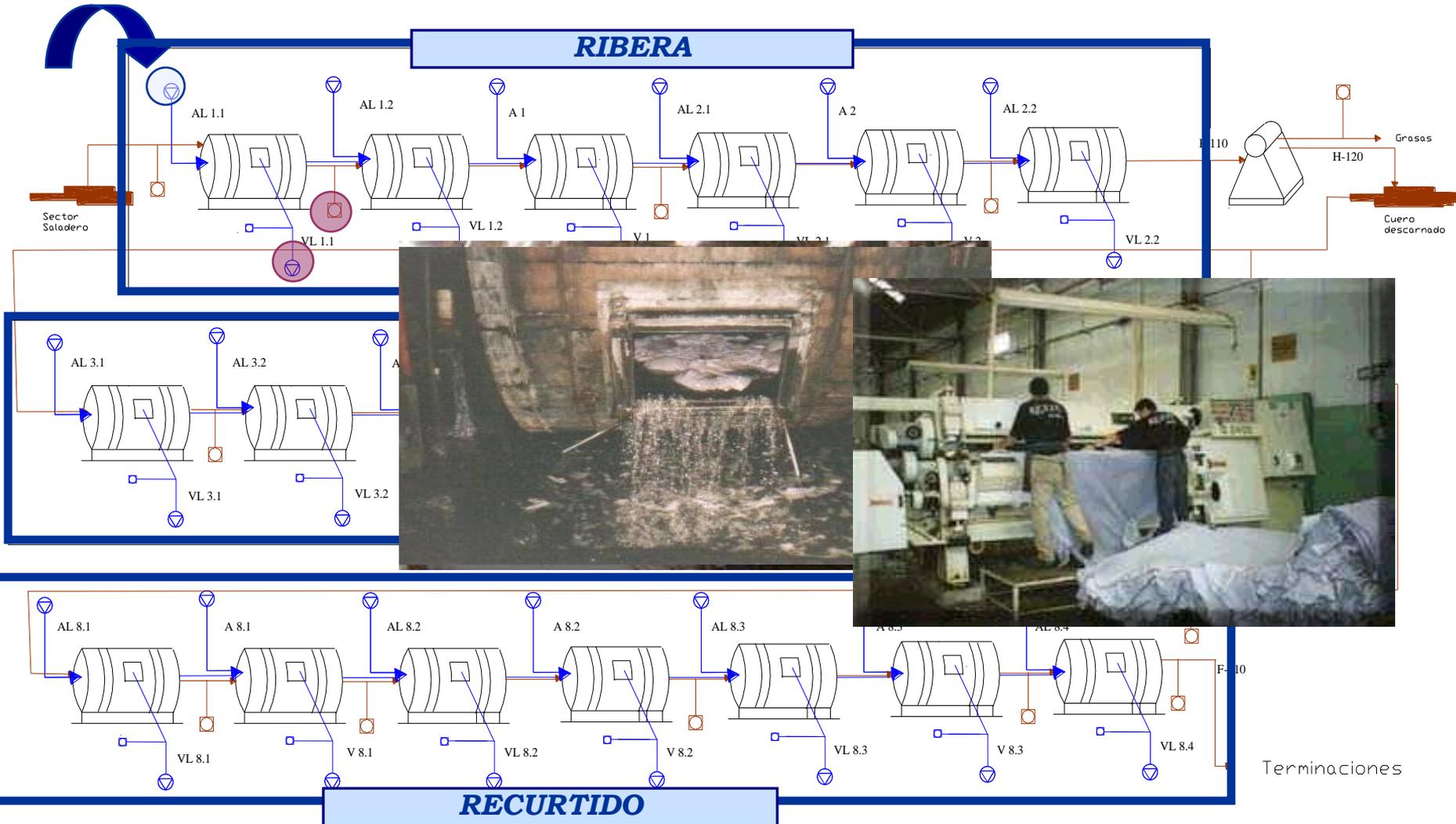
- ✚ Identificación de las etapas que contribuyen al impacto global
- ✚ Límites de mejora en cuanto a la utilización de material reciclado
- ✚ Introducción de nuevos materiales y, consecuentemente, la necesidad de un cambio tecnológico para conseguir reducciones sustanciales del impacto ambiental

Aplicación del ACV en la mejora de Procesos

ACV de proceso – Industria de curtidos



ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Industria de Curtidos



ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Industria de Curtidos

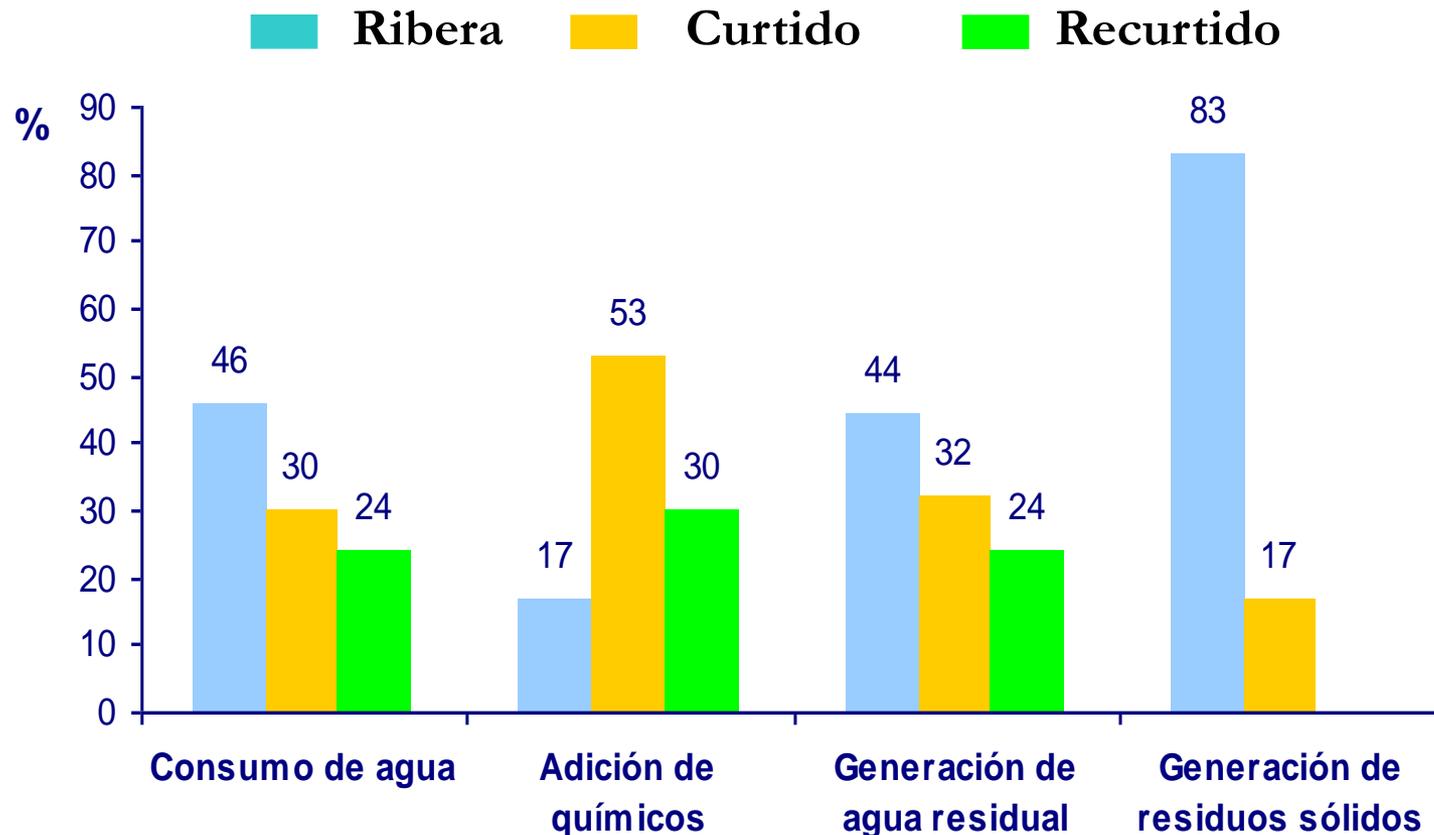
ICV: Subsistema “RIBERA”

SALIDAS					
A LA TECNOSFERA		A LA NATURALEZA			
Productos y Coproductos (kg)		Emisiones al Agua (kg)			
Pieles	1.050		<u>Remojo</u>	<u>Pelambre</u>	<u>Total</u>
Grasas	219	Agua residual	3.245	6.280	10.065
		pH	7,1±0,5	11,5±1,2	10,1±1,26
		DQO	21,8±2,7	65,3±38,7	87,1±38,9
		DBO ₅	7,6±1,9	16,6±11,7	24,2±11,9
		NT	1,3±0,2	6,2±4,0	7,5±4,0
		N-NH ₄ ⁺	3,0·10 ⁻¹ ±1,3·10 ⁻¹	4,1·10 ⁻¹ ±1,5·10 ⁻¹	7,0·10 ⁻¹ ±2,0·10 ⁻¹
		SO ₄ ⁻²	0,6±0,1	1,1±0,5	1,7±0,5
		S ⁻²	2,3·10 ⁻³ ±0,3·10 ⁻³	1,7±1,5	1,7±1,5
		A&G	2,6±0,8	2,5±1,1	5,1±1,3
		Cl ⁻	55,2±12,5	35,6±20,5	90,7±24,0
		Psol	5,3·10 ⁻² ±1,1·10 ⁻²	7,6·10 ⁻³ ±1,2·10 ⁻³	6,1·10 ⁻² ±1,1·10 ⁻²
		ST	112,0±14,3	97,1±50,8	209,1±52,8
		SV	11,5±1,4	35,4±22,4	46,9±22,5
		SST	8,0±1,3	24,8±16,8	32,7±16,8
		SSV	5,5±0,9	16,2±10,7	21,8±10,7
		SD	0,04±0,06	0,56±0,24	0,61±0,25
		Cr	ND	ND	ND
		Cr ⁺⁶	ND	ND	ND

ICV

➔ Consumo de Agua y Agentes Químicos

➔ Generación de Residuos Sólidos y Aguas Residuales



ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

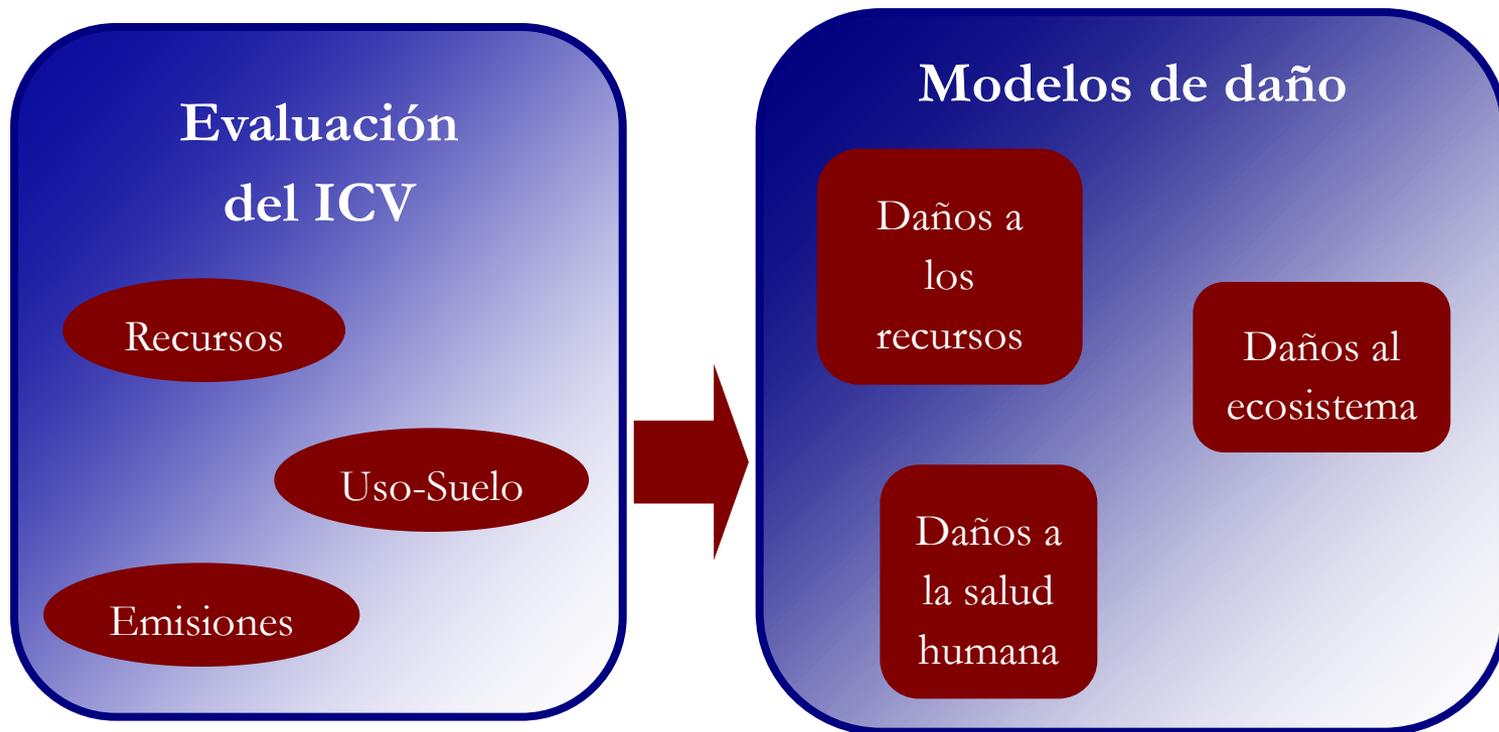
Industria de Curtidos

EICV: CARACTERIZACIÓN

Categoría	Unidad	Ribera	Curtido	Rec/Teñido	Horno
Carcinógenos	DALY \square 10 ⁷	0,182	2,26	2,85	0,0447
Orgánicos respirables	DALY \square 10 ⁷	0,952	3,69	0,0345	8,59
Inorgánicos respir.	DALY \square 10 ⁷	1,73	2,38	0,0773	1,78
Cambio climático	DALY \square 10 ⁷	0,284	0,367	0,035	0,836
Radiación	DALY \square 10 ¹¹	1,22	5,1	-	-
Capa de ozono	DALY \square 10 ¹¹	1,44	1,34	0,0281	0,555
Ecotoxicidad	PAF m ² yr	0,0189	7,3	2,59	0,00346
Acid./Eutrofización	PDF m ² yr 10 ³	3,99	30,1	0,256	5,37
Uso de la tierra	PDF m ² yr 10 ³	0,231	0,659	-	1,16
Minerales	MJ surplus 10 ⁴	0,516	1,37	-	0,634
Combustibles fósiles	MJ surplus 10	0,815	2,15	0,142	0,739

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Industria de Curtidos



Análisis del Daño	Unidad	Ribera	Curtido	Rec/Teñido	Horno
Salud humana	DALY $\times 10^7$	2,2	5,01	2,96	2,67
Calidad del ecosistema	PDF m ² yr 10	0,0611	7,6	2,59	0,0688
Recursos	MJ surplus 10	0,815	2,16	0,142	0,74

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Industria de Curtidos

2. Normalización

3. Evaluación



PARÁMETROS CRÍTICOS



	Ribera	Curtido	Rec/Teñido	Horno	Total
Cr		51,20	18,20		69,4
Cr ⁺⁶		2,84	3,92		6,76
NH ₃		3,86			3,86
SO _x	2,0	0,45	0,04		2,49
CO ₂	0,39	0,48	0,04	1,11	2,02
Carbón	0,84	1,12	0,21	0,22	2,39
Crudo	0,35	0,30	0,008	1,33	1,99
Total	4,21	63,98	22,55	2,77	93,51

Acciones de mejora

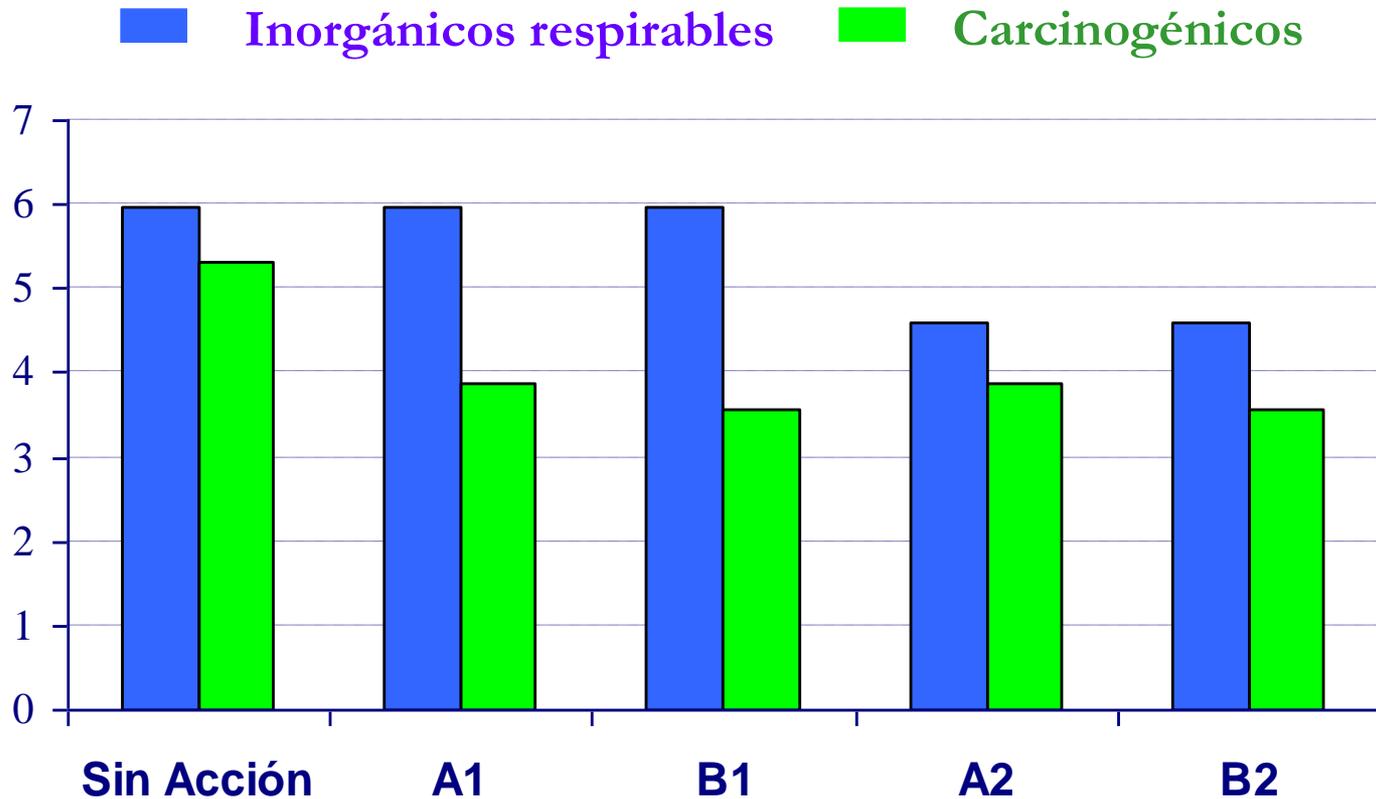
A1: Optimización de las condiciones de operación de la etapa de curtido al cromo: temperatura a 50°C, pH a 4,5 y control del nivel en el tanque.

A2: Optimización de las condiciones de operación de la etapa de curtido al cromo (acción A1) y auditoria de la adición de cal y sulfato de amonio.

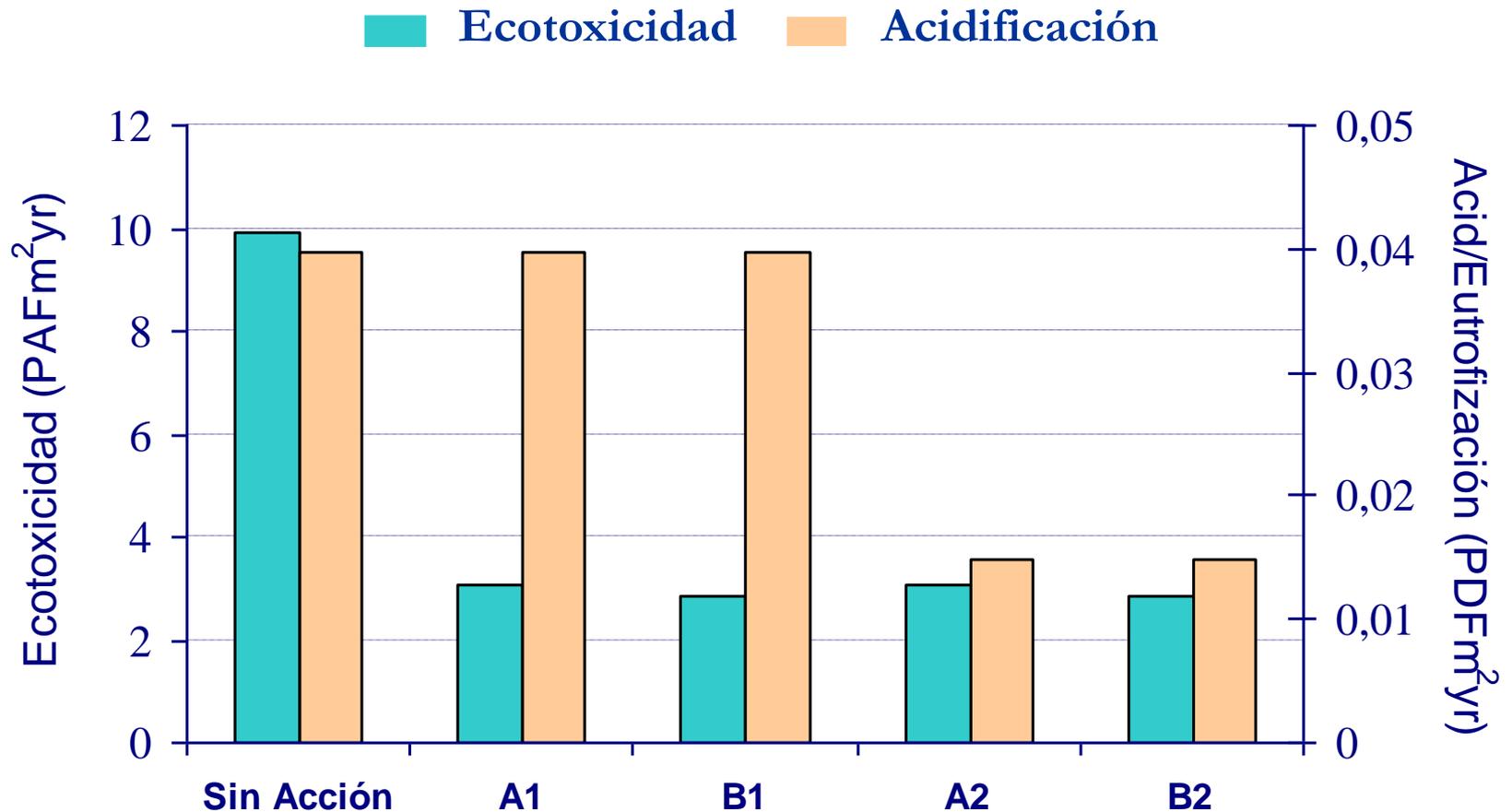
B1: Agente curtiente de alto agotamiento: adsorción de Cr hasta el 90% por adición de alutan (15% Al_2O_3) + sulfato de cromo (MTD)

B2: Agente curtiente de alto agotamiento (acción B1) y auditoria de la adición de cal y sulfato de amonio

SALUD HUMANA

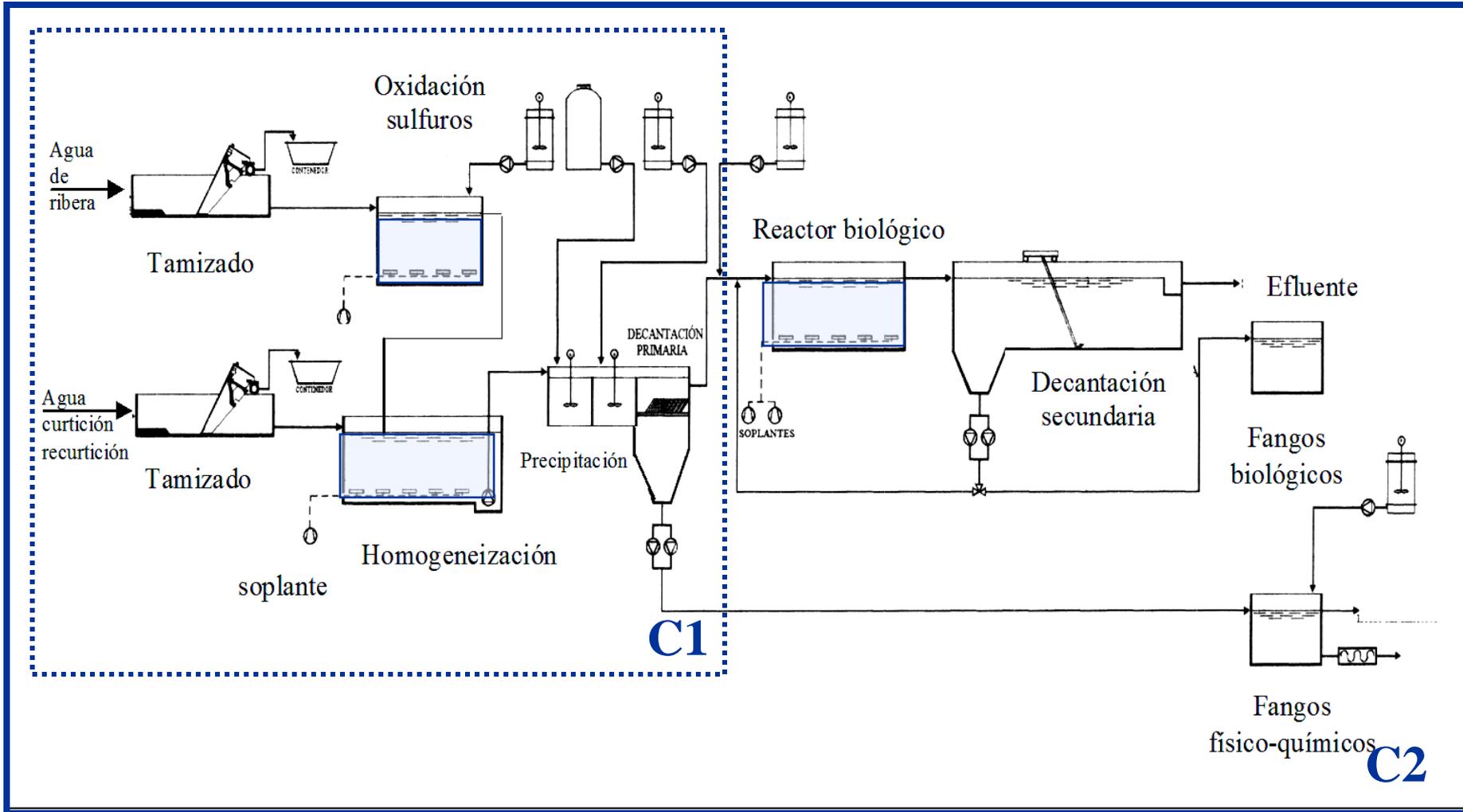


CALIDAD DEL ECOSISTEMA



ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Industria de Curtidos



CRITERIO AMBIENTAL

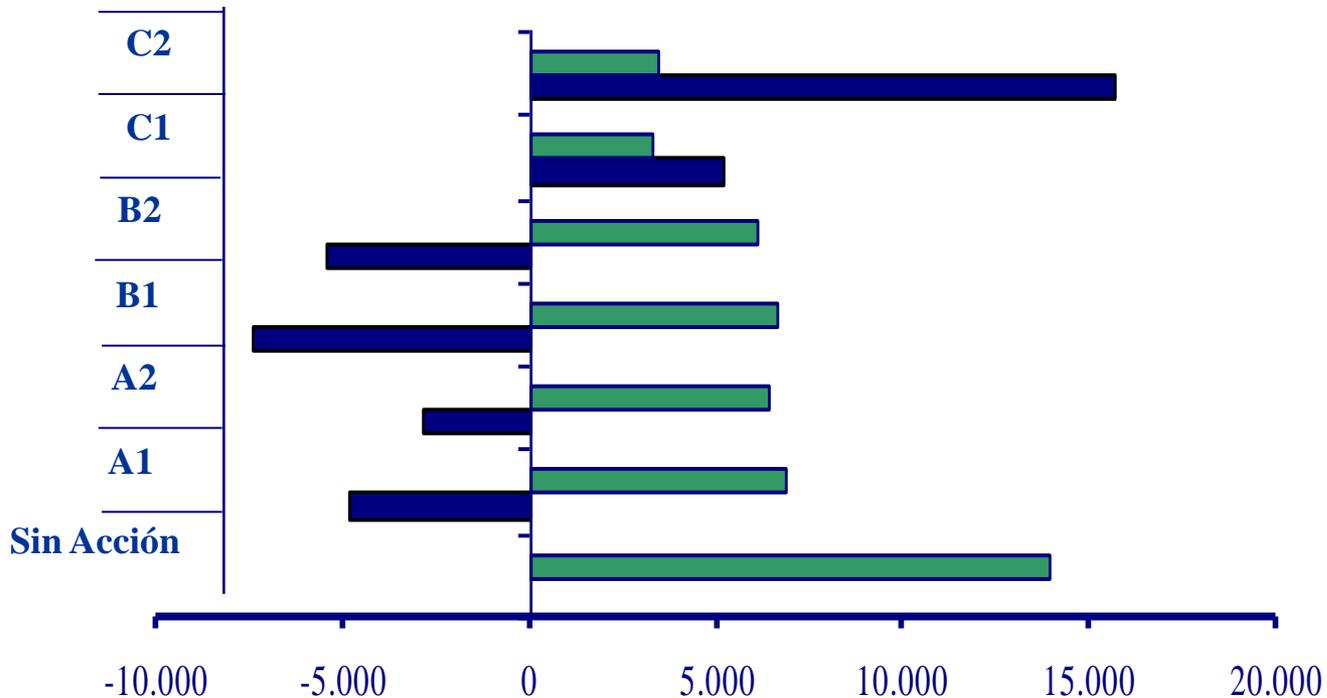
CRITERIO ECONÓMICO

Análisis de Ciclo de Vida

(Índice de impacto ambiental 10^5)

Análisis de Costes

(€/año)

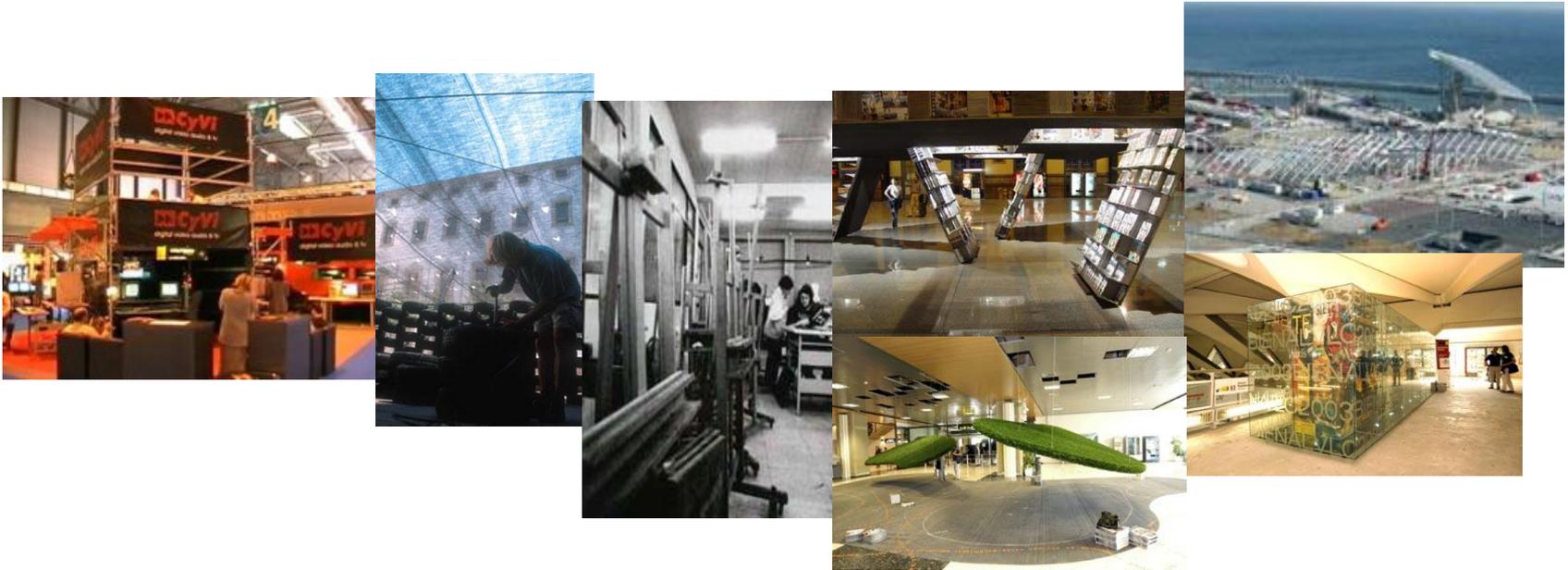


Conclusiones

- ✚ Identificación cuantitativa de los puntos críticos del proceso. Propuesta de acciones de mejora que optimicen el proceso.
- ✚ Estimación del impacto ambiental de las acciones de mejora en el sistema.
- ✚ Toma de decisiones con información ambiental y económica de diferentes estrategias de operación e innovación.

Aplicación del ACV en la selección de alternativas de proceso

Concepto Contemporáneo: Flexibilidad y Movilidad



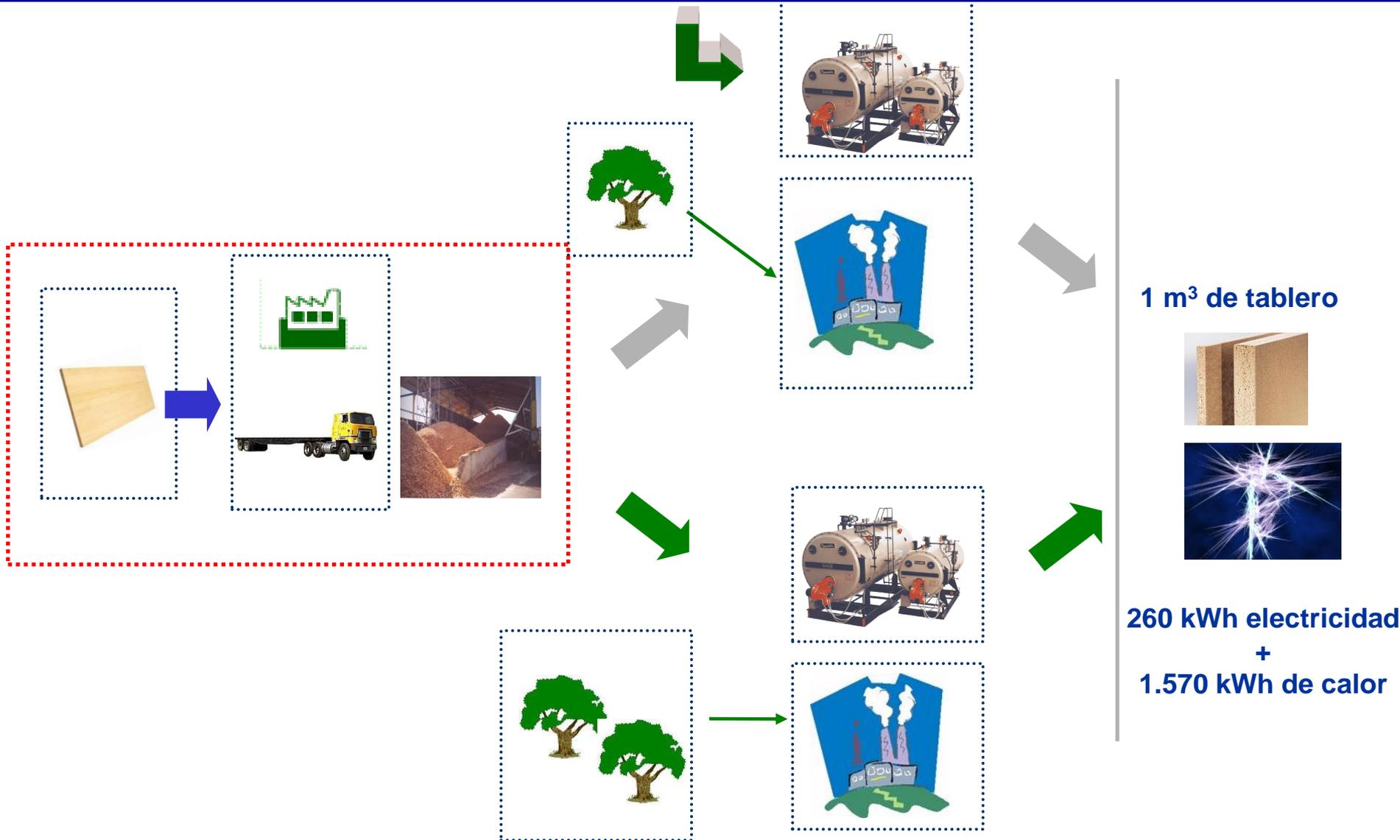
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Gestión de Residuos de Madera



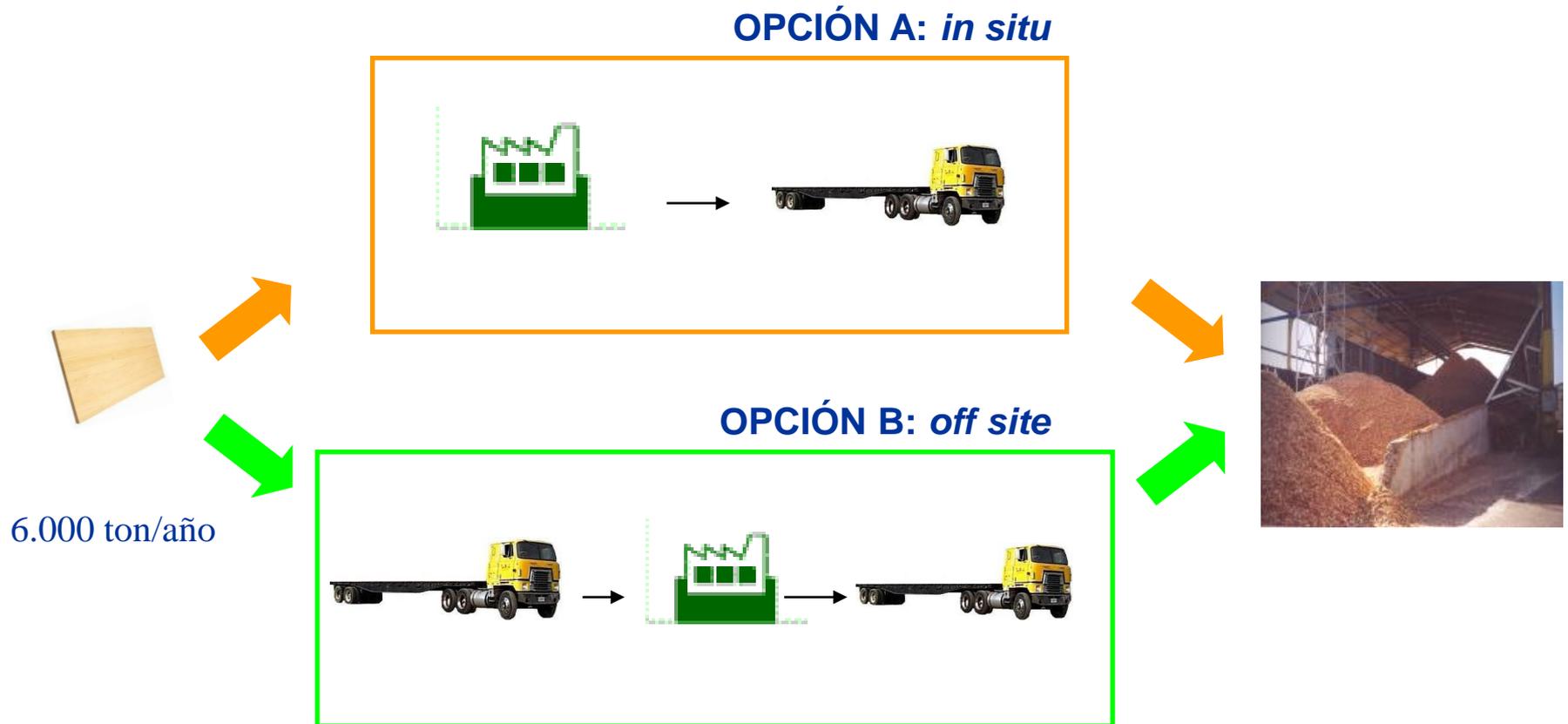
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Gestión de Residuos de Madera



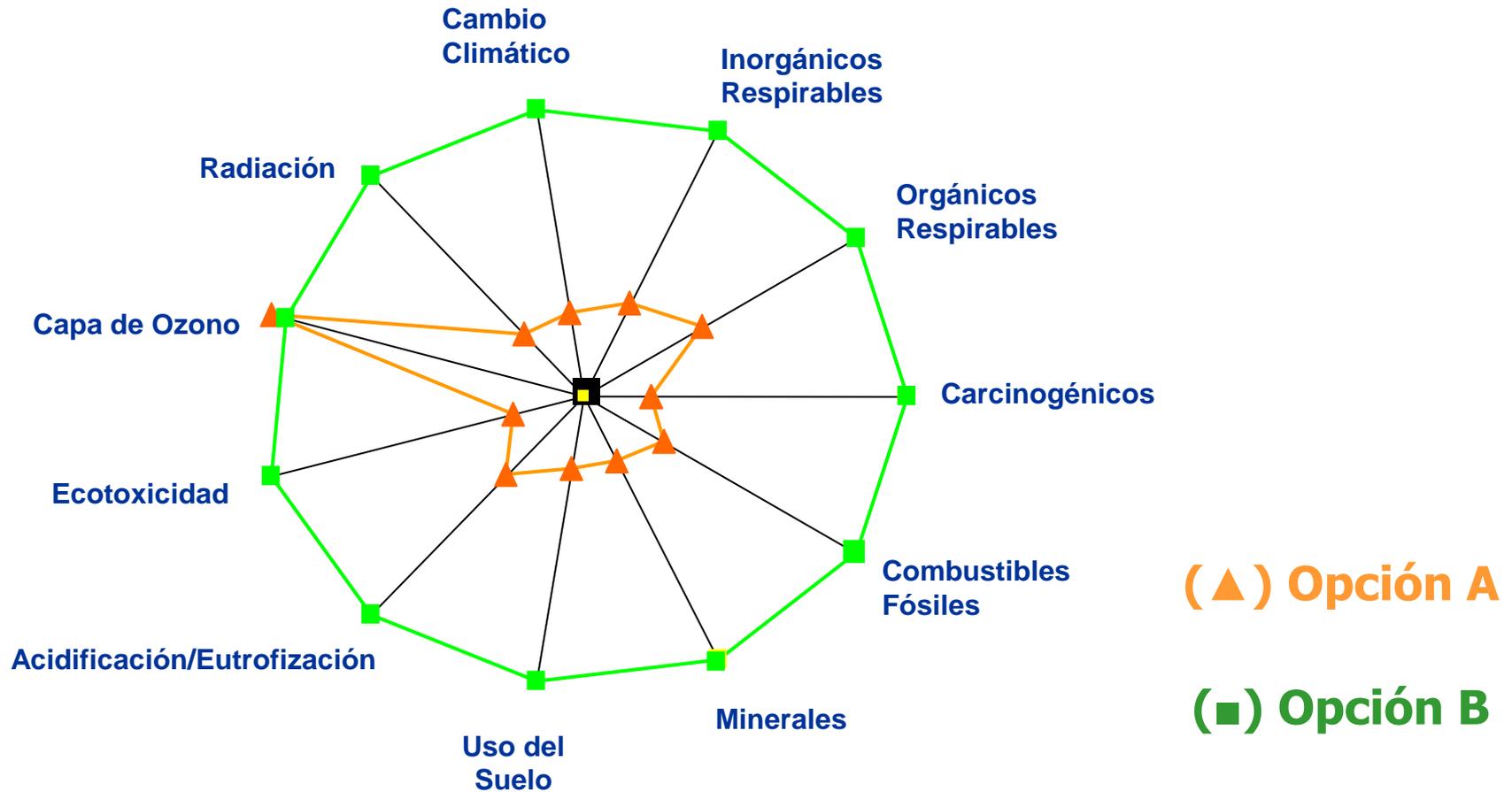
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Gestión de Residuos de Madera



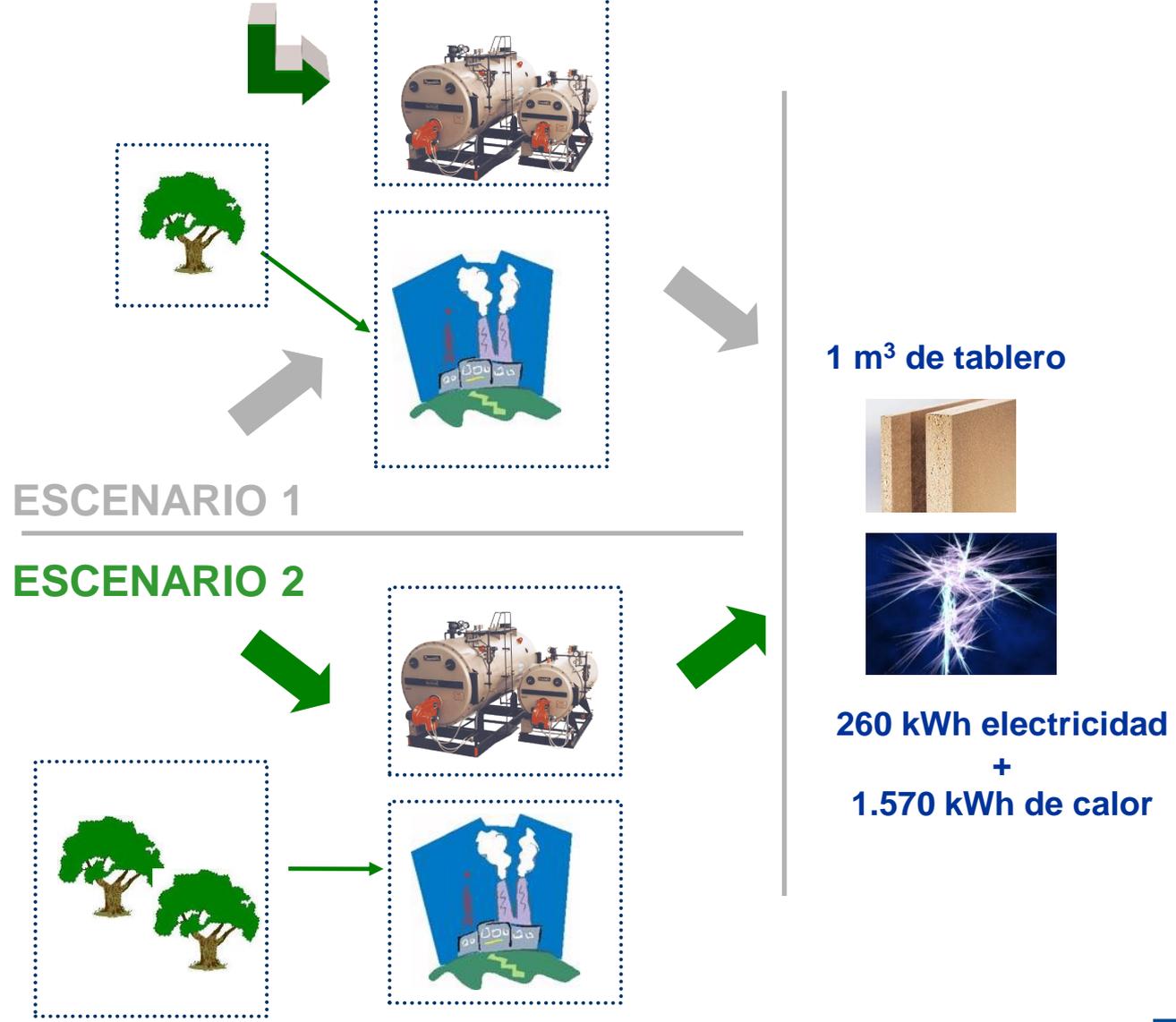
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Gestión de Residuos de Madera



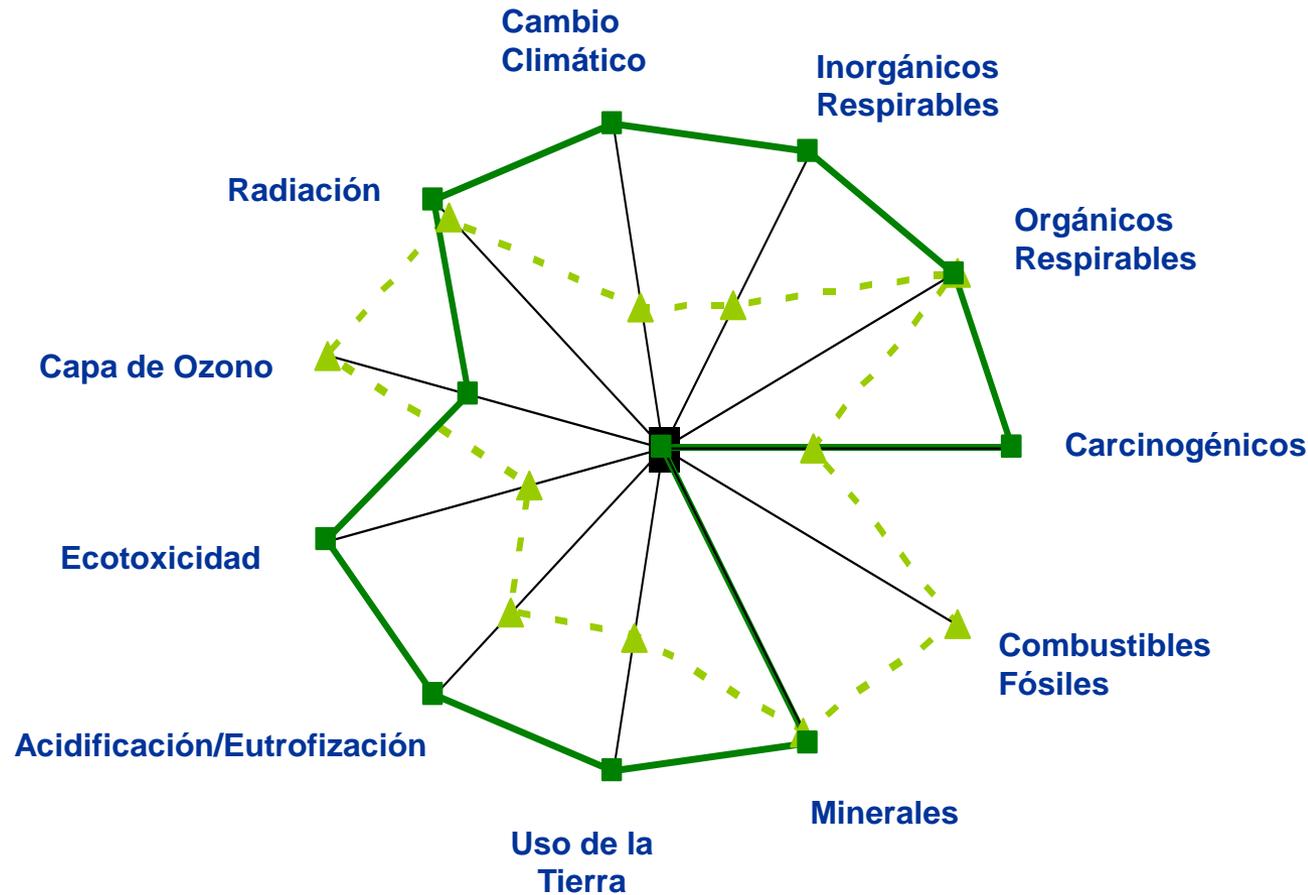
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Gestión de Residuos de Madera



ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Gestión de Residuos de Madera

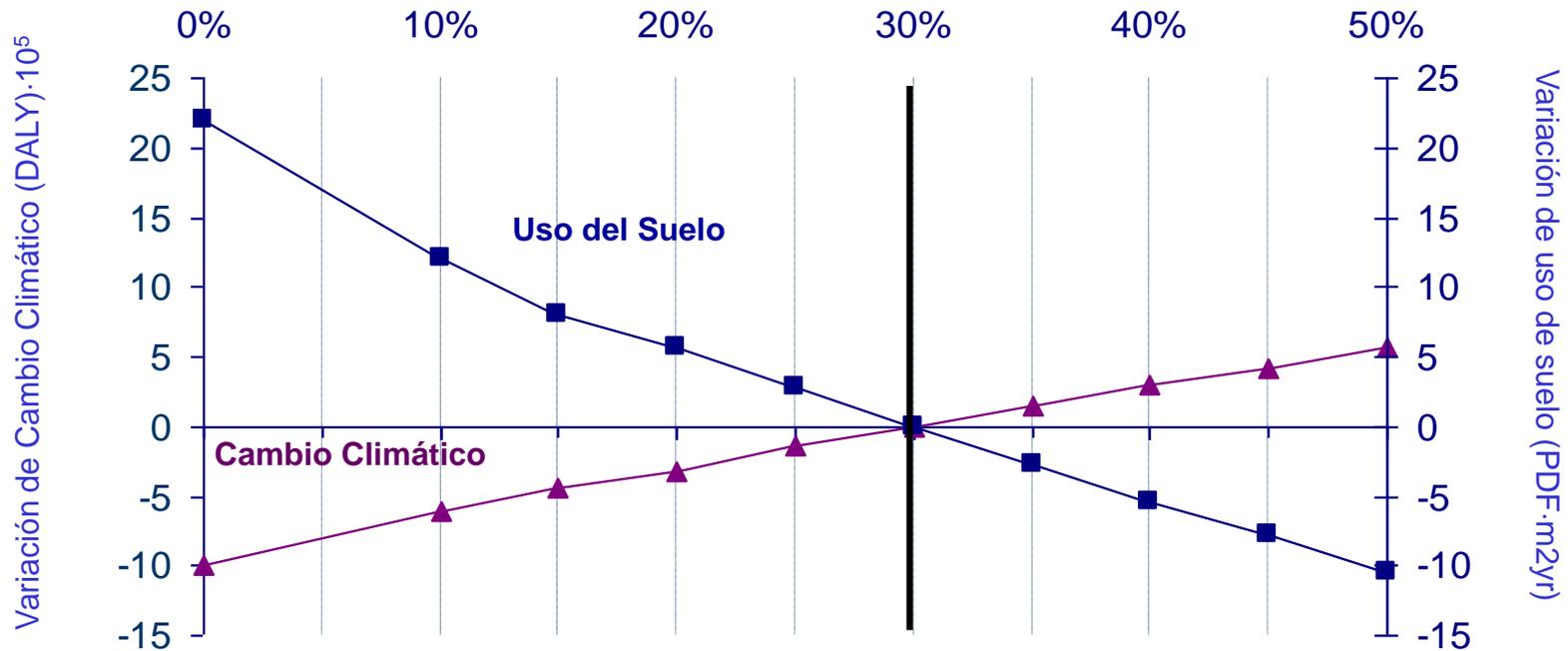


(▲) Escenario 1

(■) Escenario 2

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Gestión de Residuos de Madera



Conclusiones

- ✚ Análisis de diferentes escenarios y determinación de su perfil ambiental.
- ✚ Análisis de sensibilidad de variables de operación en las categorías de impacto ambiental.
- ✚ Avances metodológicos: unidad funcional combinada, materia & energía.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Líneas de Investigación

