

SEMINARIO

Evaluación de riesgos químicos:

Protegiendo la salud y el ambiente.



Evaluación de riesgos a la salud en procesos de sustitución de sustancias químicas

David Andrés Combariza Bayona MD MSc

Profesor Departamento de Toxicología

Facultad de Medicina

Universidad Nacional de Colombia

Noviembre 4 de 2025



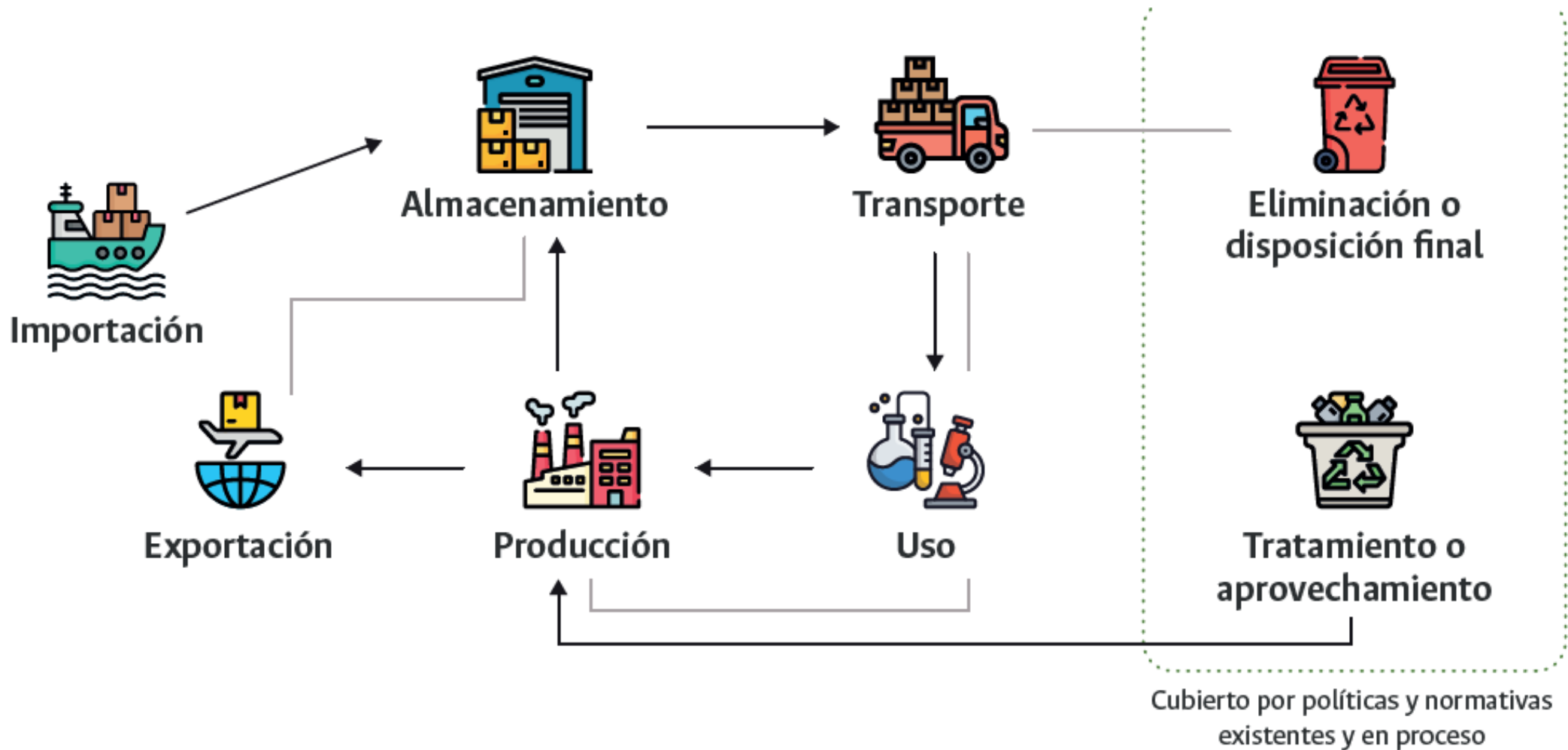
Contenido

- Contexto de uso de sustancias químicas y relevancia de la sustitución
- Marcos de referencia para procesos de sustitución / evaluación de alternativas y su relación con la evaluación de riesgos a la salud
- Ejemplo de aplicación de ER en procesos de sustitución

Contexto de uso de sustancias químicas y relevancia de la sustitución

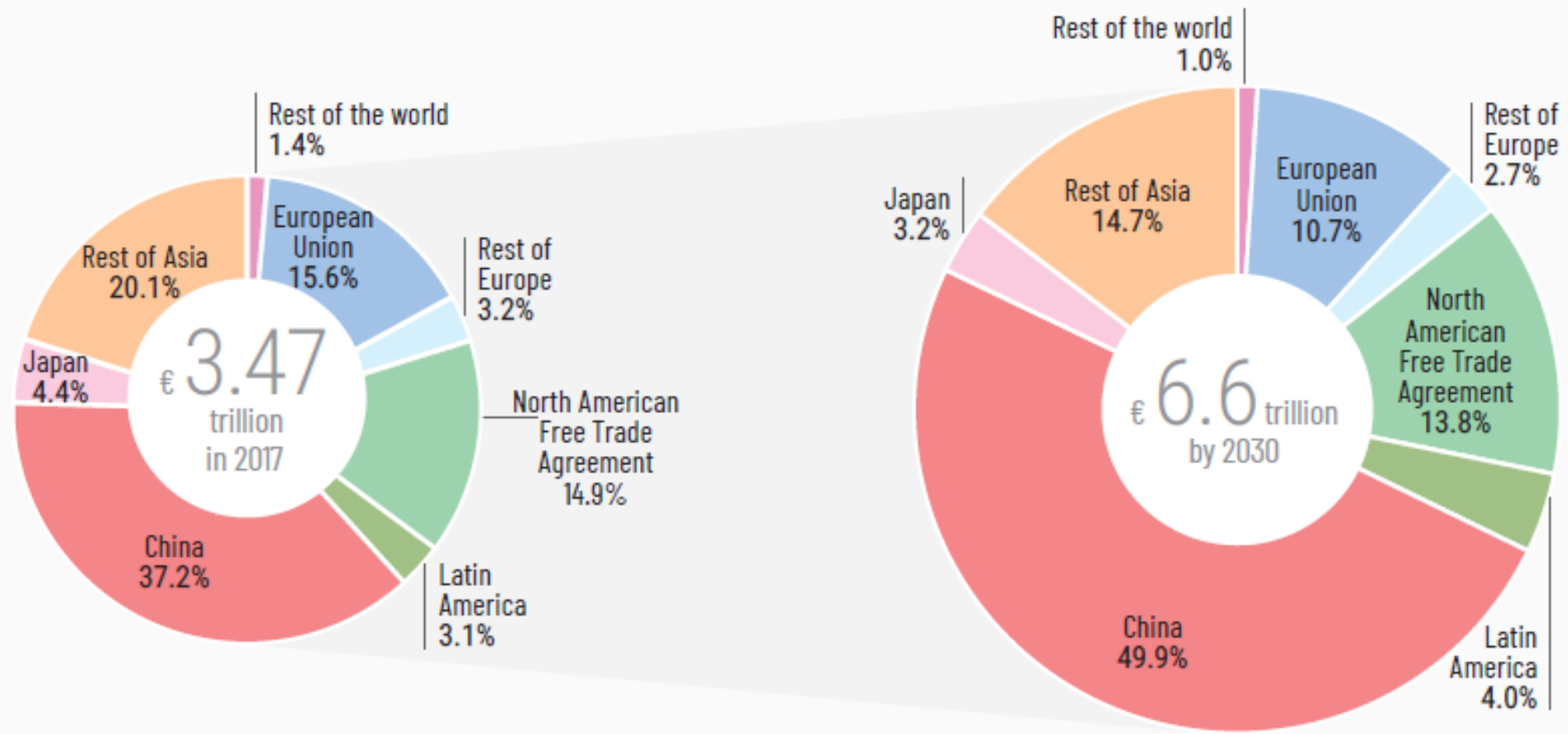
Contexto de uso de sustancias químicas

- Uso extensivo de productos químicos en procesos industriales
- Preocupación por impactos negativos y efectos de sustancias químicas en medio ambiente, salud humana y sostenibilidad
 - Ambiente: Persistencia, contaminación de suelos y aguas – afectación de flora y fauna
 - Salud humana: Riesgos para trabajadores y comunidades - bioacumulación
- Impactos en diferentes momentos del ciclo de vida
- Duplicación de capacidad de producción mundial de productos químicos para 2023 (UNEP – Global Chemical Outlook II – 2019)



Adaptada de: Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible del Departamento Nacional de Planeación (2016,pag.20)

Figure 1.5 Projected growth in world chemical sales, 2017-2030 (adapted from Cefic 2018, p. 34)



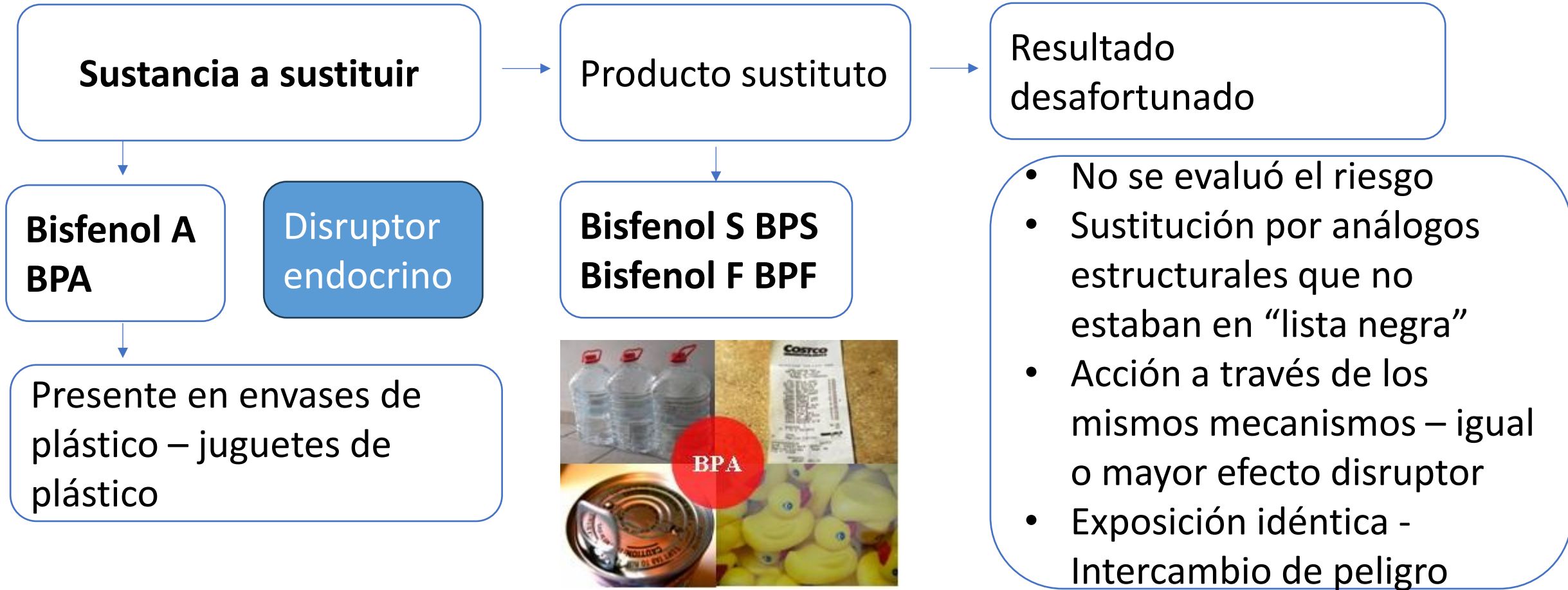
Global chemical sales (excluding pharmaceuticals) are projected to grow from euros 3.47 trillion in 2017 to euros 6.6 trillion by 2030. Asia is expected to account for almost 70 per cent of sales by then.

Contexto de uso de sustancias químicas – relevancia sustitución

- Demanda de productos químicos mas seguros
- Transición a alternativas menos toxicas
- Necesidad de estrategias para evaluar y seleccionar alternativas sustitutas
 - Riesgo – desempeño – viabilidad técnica - viabilidad económica
- Reducir riesgo a la salud humana y ambiental
- **Evitar sustituciones desafortunadas**

**Sustitución de
sustancias químicas**

Sustituciones desafortunadas





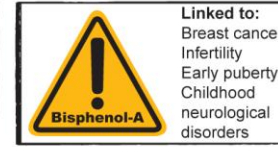
<https://www.thebrandcompany.net/web/image/116899-3fa63d82/Bpafree.jpg>

THE STORY BEHIND BISPHENOLS

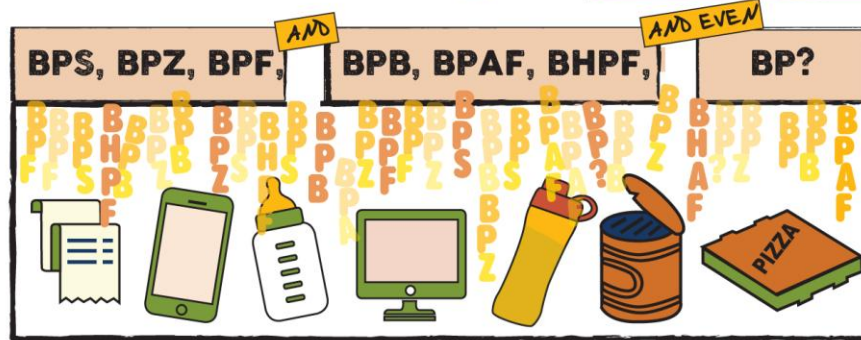
Once upon a time...



Then it was discovered...



People started to...

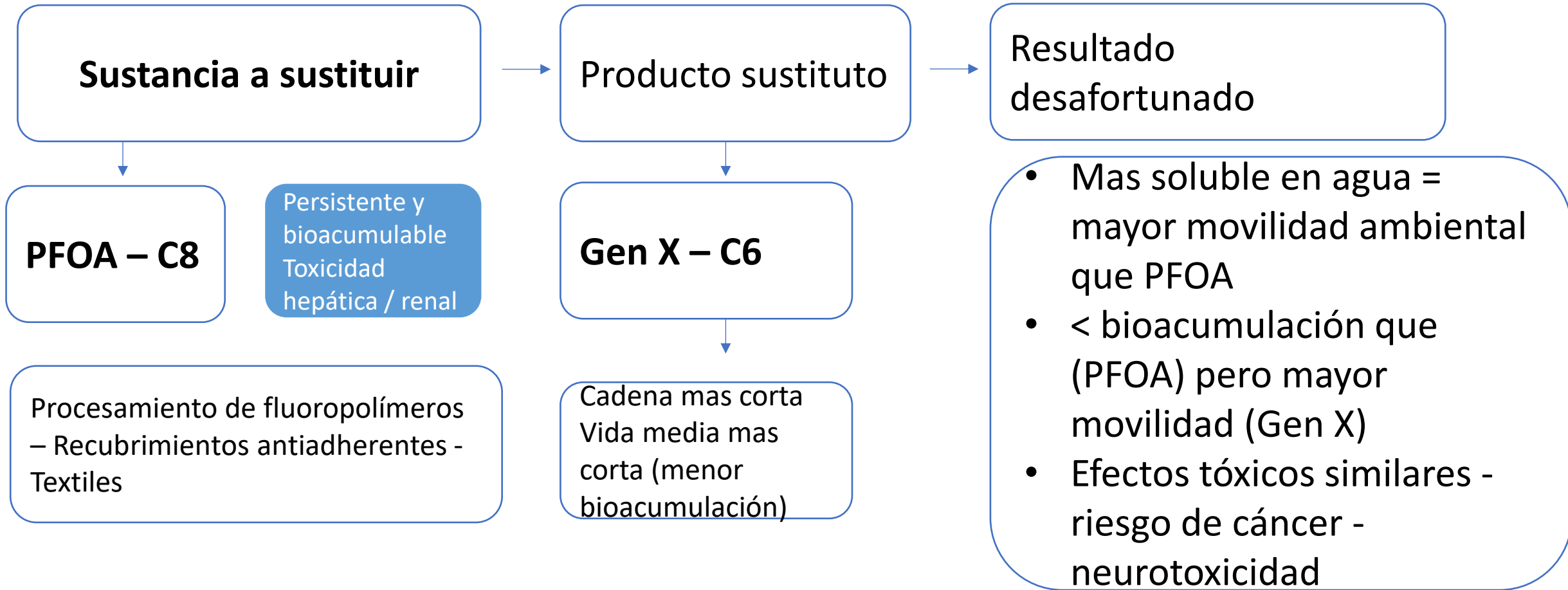


Just because a product says it is BPA-free, does not mean there are no health impacts. Companies are replacing BPA with chemicals that are just as worrying. From BPA to BPZ.

It's a **TOXIC ALPHABET SOUP**

For more details: www.chemtrust.org/toxicsoup

Sustituciones desafortunadas





Marcos de referencia para procesos de sustitución / evaluación de alternativas, y su relación con la evaluación de riesgos a la salud

Marcos de referencia para procesos de sustitución / evaluación de alternativas

- No se dispone de un proceso estándar único para determinar la seguridad de un producto
- Se cuenta con diversos marcos o abordajes propuestos por gobiernos y ONG´s

Evaluación de alternativas

“Proceso para **identificar y comparar** posibles alternativas químicas y no químicas que podrían reemplazar las sustancias químicas preocupantes en función de sus **peligros, exposición comparativa, desempeño y viabilidad económica**”

Consejo Nacional de Investigación de EE. UU. (NRC)

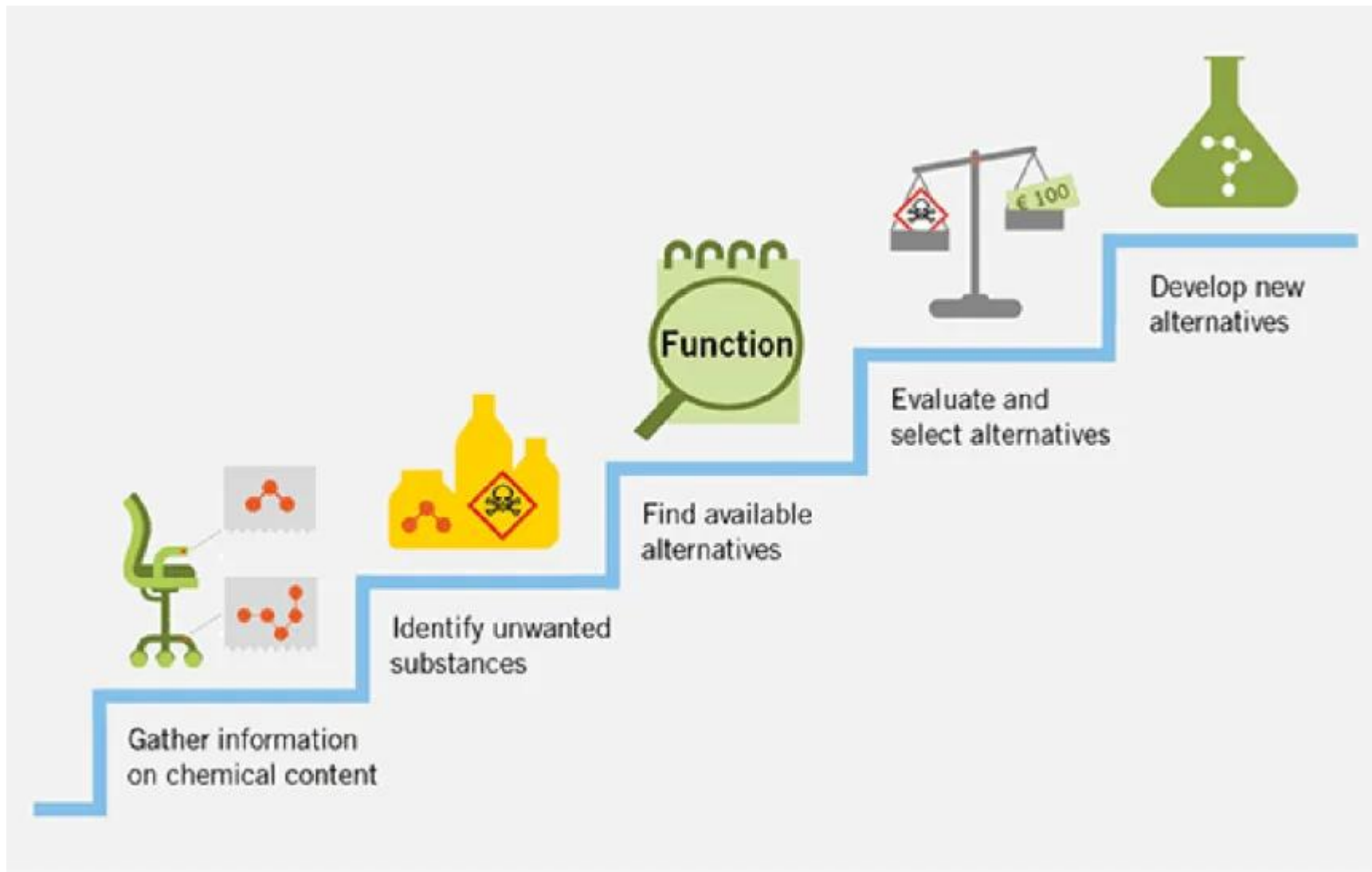
Sustitución informada



La sustitución de sustancias peligrosas por **alternativas más seguras** es el objetivo de un enfoque de gestión de productos químicos orientado a la búsqueda de soluciones.

Implica: identificar alternativas y **evaluar sus riesgos para la salud y la seguridad**, sus posibles inconvenientes, y su **viabilidad técnica y económica**.

Occupational Safety and Health Administration OSHA -EEUU



<https://www.ri.se/en/centre-chemical-substitution/substitution-guide>



Welcome to SUBSPORTplus!

The Portal offers you information supporting your efforts in substituting hazardous substances and assisting you to find your way to safer alternatives. Enjoy exploring the portal and please do not hesitate to contact the project team for any comments or questions.

Sustitución paso a paso

Adopte un enfoque sistemático para recopilar y evaluar información para la implementación de una alternativa

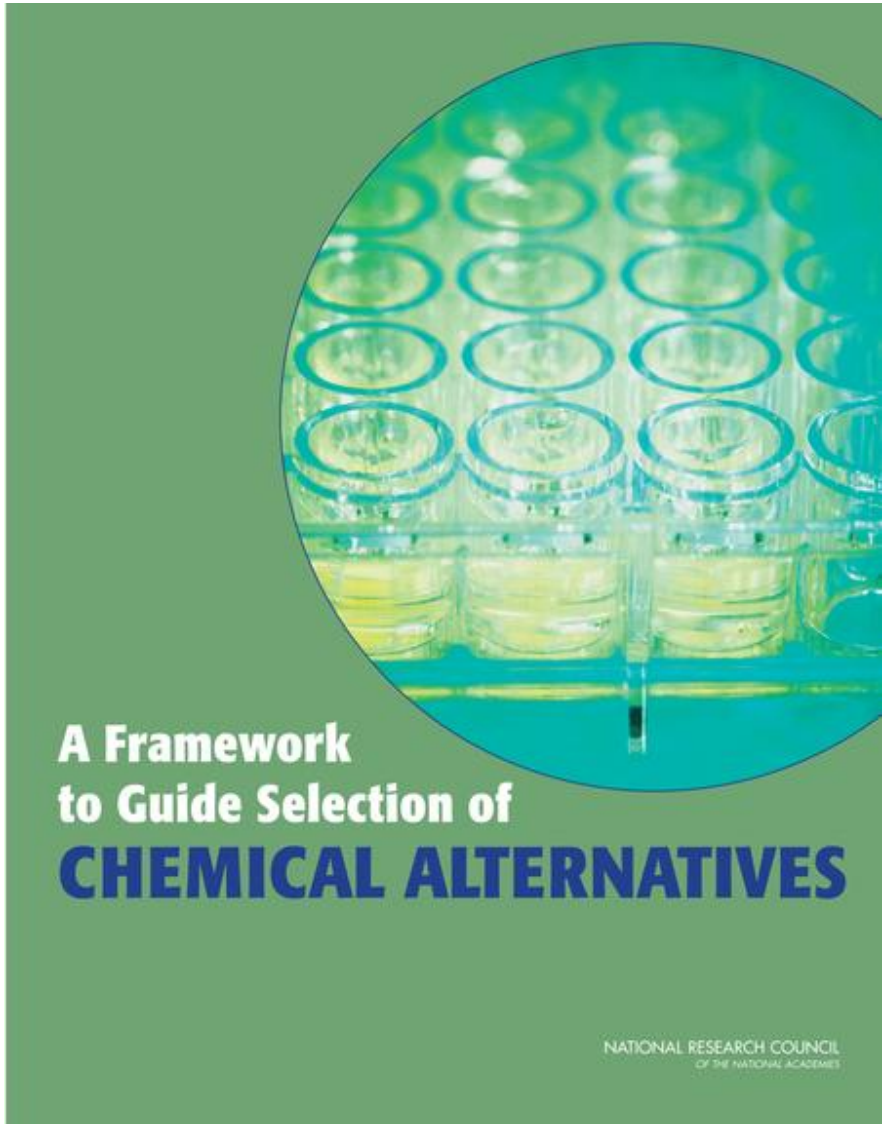
1. Definir el problema

Describa tanto los riesgos como las propiedades útiles del candidato a sustituto. Consulte con sus proveedores o utilice fuentes confiables para verificar los riesgos. Describa la función de la sustancia y las condiciones necesarias para que funcione al nivel de rendimiento deseado: parámetros operativos (pH, temperatura, etc.), cantidad y equipo. La sustitución podría implicar cambios en algunos de estos aspectos. Priorice la sustitución considerando la legislación y las políticas aplicables de su empresa y sus clientes.

Tabla de contenido

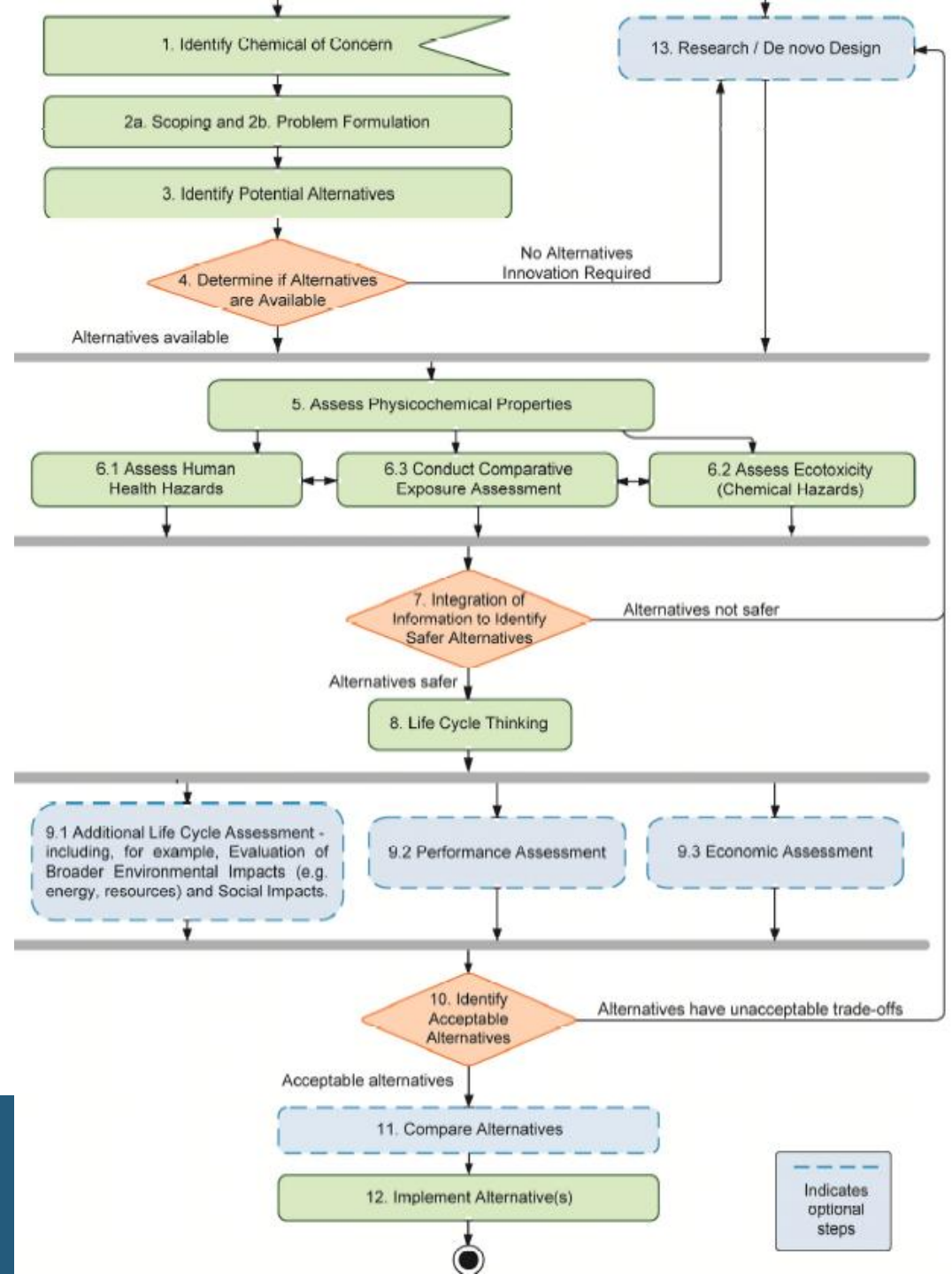
- ↳ **1. Definir el problema**
- ↳ **2. Establecer criterios de sustitución**
- ↳ **3. Buscar alternativas**
- ↳ **4. Evaluar y comparar alternativas**
- ↳ **5. Experimento en piloto**
- ↳ **6. Implementar y mejorar**
- ↳ **Documentos**

<https://www.subsportplus.eu/EN/Process/Substitution-step-by-step/substitution-step-by-step>

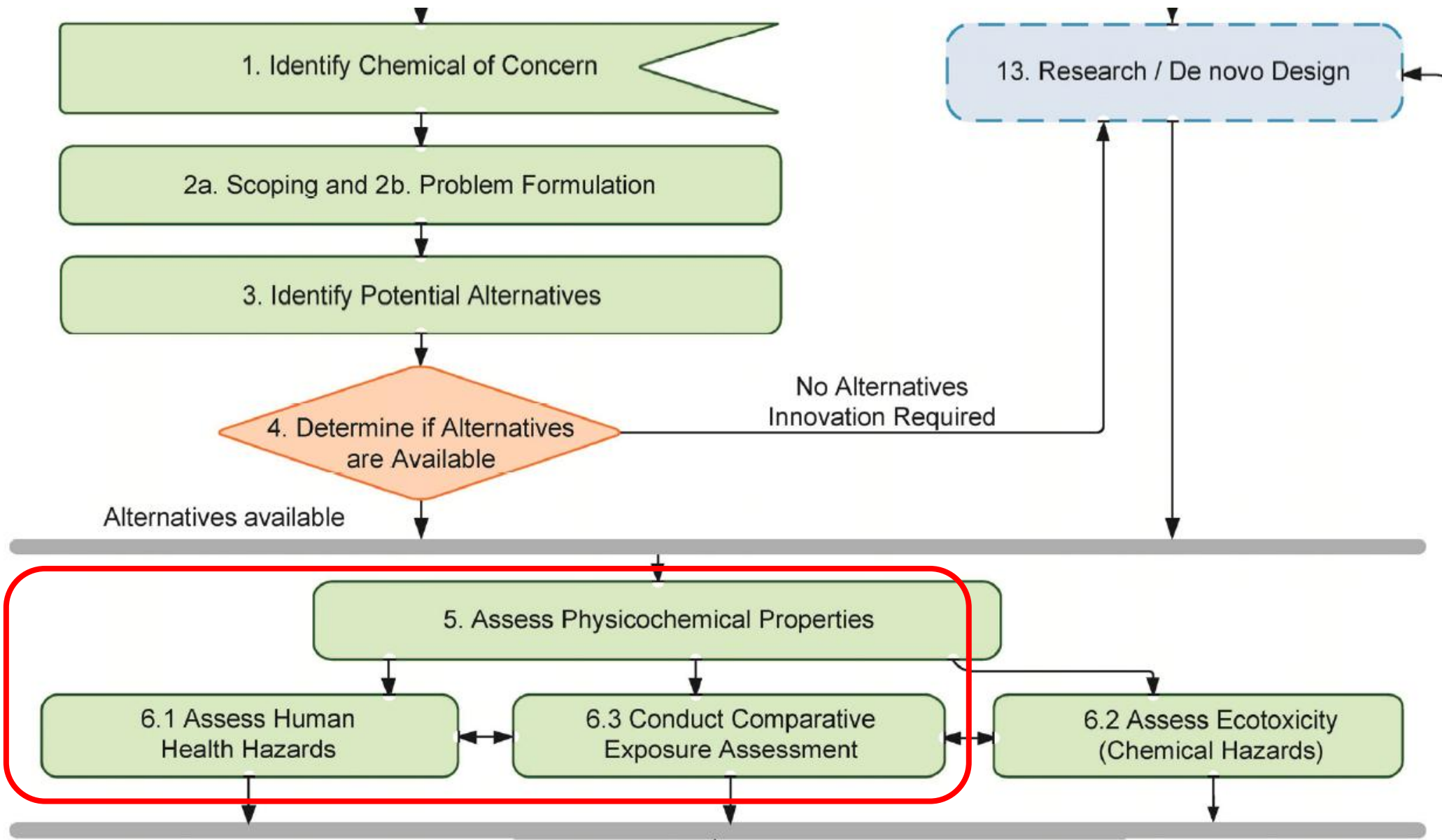


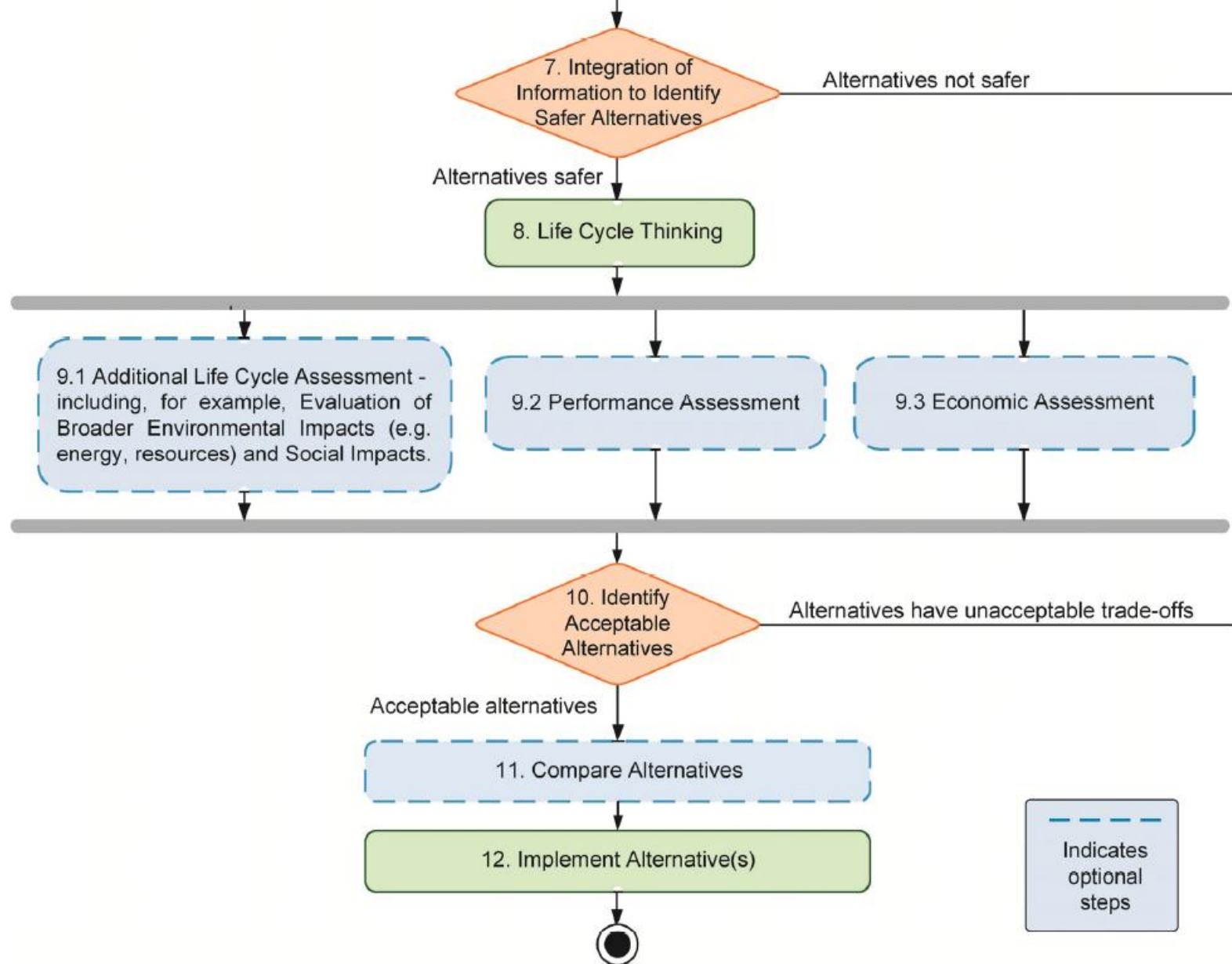
A Framework to Guide Selection of CHEMICAL ALTERNATIVES

NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES



Fuente: National Academy of Sciences. A Framework to Guide Selection of Chemical Alternatives, 2014





Caja de herramientas para la evaluación de sustituciones y alternativas (SAAToolbox) para productos químicos y nanomateriales

La Caja de Herramientas de Evaluación de Sustituciones y Alternativas de la OCDE (SAAToolbox) recopila recursos relevantes para la selección de productos químicos, incluida la evaluación de sustituciones y alternativas, así como el Enfoque de Innovación Segura y Sostenible (SSIA) de la OCDE para materiales nanotecnológicos y otros materiales emergentes.

Guidance on Key Considerations
for the Identification and Selection
of Safer Chemical Alternatives



Series on Risk Management
No. 60

OECD Substitution and Alternatives Assessment (SAAT)



Tools, Guides, Frameworks and more



Case Studies

<https://www.oecd.org/en/data/tools/substitution-and-alternatives-assessment-toolbox-for-chemicals-and-nanomaterials.html>



Tools, Data,
Guides & more



Data Source

Framework / Guide

Product Rating System

Tool

Toolkit

Search

Name Organisation

Applicability

- Chemical/substance
- Nanomaterial
- Process
- Product/article/material

Attributes

- Exposure
- Hazard
- Life-Cycle
- N/A

Hazard

- Environmental fate
- Environmental hazards
- Human health hazards
- Physiochemical properties

Life-Cycle

- Climate change
- End-of-life
- Resource use
- Social / Economic

Name	Organisation	Organisation Type	Description
eChemPortal	OECD	Intergovernmental	A searchable da first tier of resu
OncoLogic 8.0	U.S. Environmental Protection Agency (EPA)	Government	OncoLogic 8.0 is upon structure for which little o
Pharos Project	Healthy Building Network	Non-profit organisation	This datasource information. The chemical and m aggregate score certifications ar Materials and p used throughou properties. Phar impact to endar
Cradle to Cradle Certified Products Registry	Cradle to Cradle Products Innovation Institute	Non-profit organisation	Cradle to Cradle building materia chemistries), pr manufacturers, independent as
A Framework to Guide Selection of Chemical Alternatives	National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine	Non-profit organisation	This guide to al from identificati from regulatory
A Tool to Support the Substitution of CMR Substances	ANSES (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety) and INRS (French Institute for Research and Security)	Government	This French we and a database literature.
Adopted opinions and previous consultations on applications for authorisation	European Chemicals Agency (ECHA)	Government	This tool is a re substances, use



Tools, Data, Guides & more



Name Organisation

Applicability

- Chemical/substance
- Nanomaterial
- Process
- Product/article/material

Attributes

- Hazard

Hazard

- Environmental fate
- Environmental hazards
- Human health hazards
- Physiochemical properties

Life-Cycle



Data Source



Framework / Guide



Product Rating System



Tool



Toolkit

Name	Organisation	Organisation Type	Description
A Framework to Guide Selection of Chemical Alternatives	National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine	Non-profit organisation	This guide to al... from identificati... from regulatory
Alternative Analysis Guide	California Department of Toxic Substances Control (DTSC)	Government	DTSC's Alternat... regulatory requ
Alternatives Assessment Criteria for Hazard Evaluation	U.S. Environmental Protection Agency (EPA)	Government	Design for the E... the US EPA's Off... inherent safety... therefore, the d
Alternatives Assessment Guidance	Toxic Use Reduction Institute (TURI), University of Massachusetts	Government	Alternatives As... chemicals using
Cleaner Technologies Substitutes Assessment - A Methodology and Resource Guide	U.S. Environmental Protection Agency (EPA)	Government	Cleaner Techno... Products and Cl... Criteria for Haz... assessment of l
Designing Safer Alternatives: Chemicals, Materials and Products	Lowell Center for Sustainable Production	Academia	Designing Safer... experts in alter... prepared for the
Eurometaux Risk Management Options Analysis	Eurometaux	Industry	A Risk Manag... or the environm... monitor, control
Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment	European Chemicals Agency (ECHA)	Government	This review is d... requirements u
Guide on Sustainable Chemicals	German Federal Environment Agency	Government	The Guide on Su... creating a syste... problematics in

← Case Studies



Chemical Hazard

Cost/Benefits & Availa

Exposure

Lifecycle Impacts

Performance

Social Impacts

Technical Feasibility

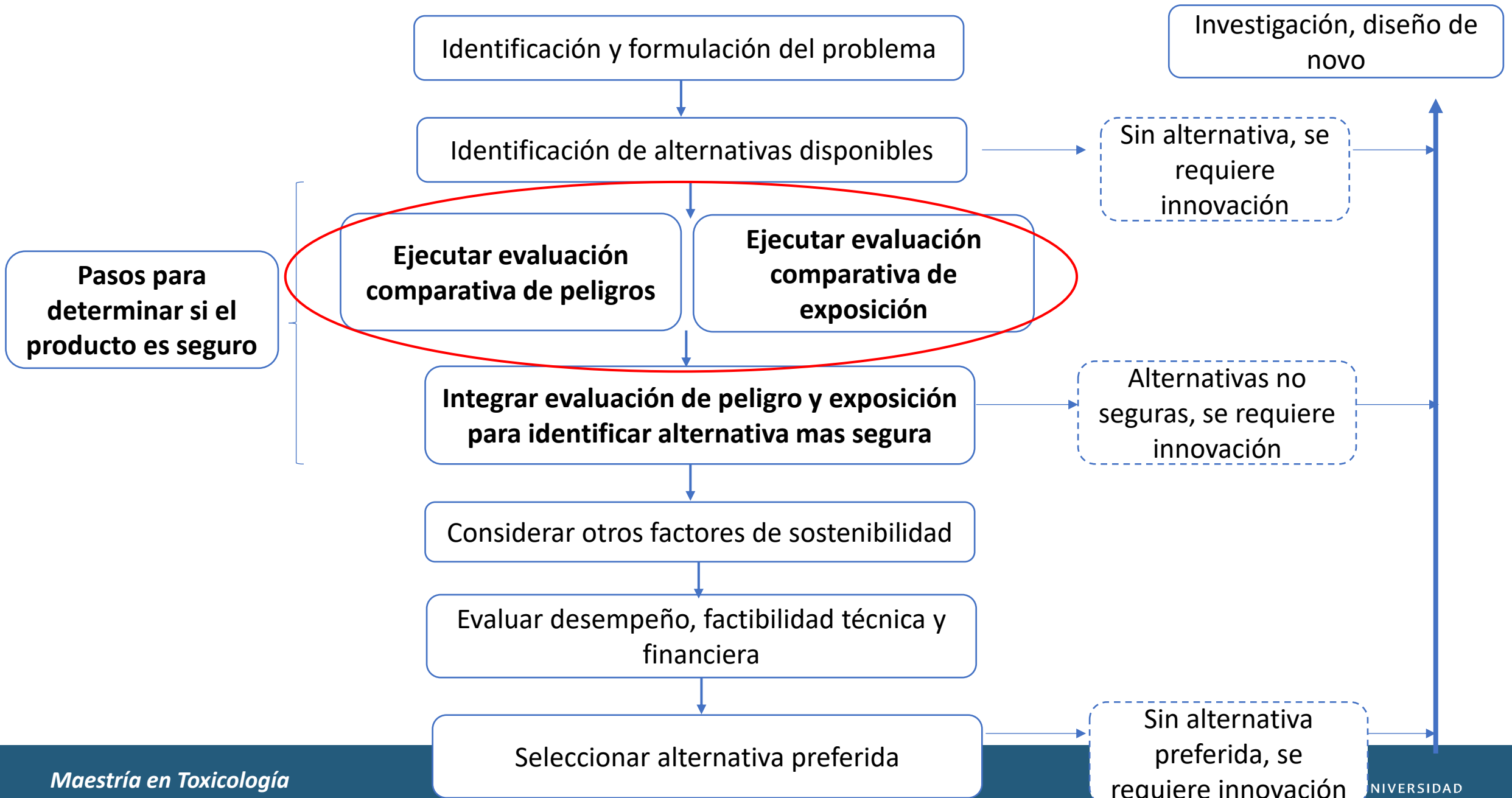
Search

Products
Todas

Substance
Todas

CAS Number
Todas

Name	Date	Organisation	Products	Description
<u>Substitution of Brominated Flame Retardants with Non-Halogenated Alternatives Using the GreenScreen for Safer Chemicals Alternatives Assessment Tool</u>	2012	Hewlett Packard (HP)	Computer products, Electrical products	HP worked with flame retardant suppliers to first identify alternatives, then assess their hazard profiles using GreenScreen®. The incorporation of integrated alternatives assessment framework enabled HP to eliminate alternatives before investing time and money into performance, e assessments.
<u>Alteration of Manufacturing Processes to Reduce Exposure to Titanium Tetrachloride</u>	No date	American Industrial Hygiene Association	Hybrid car batteries	A company that makes a proprietary product used in the manufacture of batteries redesigned its production process to eliminate the use of titanium tetrachloride as a catalyst and remove seven manual handling operations. This reduced operator and community exposures to the materials used in the manufacture of the proprietary product.
<u>Alternative Technologies for Surface Finishing: Cleaner Technologies for Printed Wiring Board Manufacturers</u>	2001	U.S. EPA Design for the Environment Program	Printed wiring boards	This analysis considers five alternatives to the surface finish HAS used on printed wiring boards. A summary of how each alternative performs relative to the current practice with respect to worker risk, environmental risk, performance, cost, and safety is provided. Methods to prevent pollution in the printed wiring board manufacturing process are also provided.
<u>Alternatives for Benzene in the Extraction of Bitumen Fume from Exposure Sample Media</u>	2015	Sutter, B., Ravera, C., Hussard, C., & Langlois, E.	N/A	This study compares the extraction capacities of selected alternatives to benzene. Of 11 selected solvents less toxic than benzene and used in studies for the extraction of bitumen fume analyses, n-hexane and n-heptane were identified as the best alternatives. In particular, the results demonstrated that n-heptane was the best benzene replacement, due to its extraction efficiency comparable to benzene for the bitumen fumes tested and its low toxicity, which is highly compatible with the bitumen fume replacement.
<u>Alternatives for Elimination of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Pigments Used for Printing Inks and Architectural Paints</u>	2014	Washington State Department of Ecology	Inks, Paints	It has long been known that PCBs are inadvertently generated in the manufacture of pigments. As PCBs are persistent, bioaccumulative, and toxic chemicals, it is important to reduce sources of these chemicals wherever possible to limit exposure to the environment. However, PCB-free pigments pose many challenges.



Pasos para determinar si el producto es seguro



Proceso de identificación y selección de alternativas químicas seguras

Definir el problema y el alcance de la evaluación

Definir por que se requiere identificar una alternativa mas segura - Uso / aplicación
Establecer el alcance

Presencia de sustancia de preocupación
Cumplimiento normativo
Política incentivo sustitución
Requerimiento comercial o de mercado
Modificación del proceso
Alcance ocupacional / ambiental

Involucrar las partes interesadas

Fabricantes, proveedores, usuarios,
trabajadores, entes gubernamentales

Considerar ciclo de vida del
producto

Efectuar evaluación comparativa de peligros



Responde a la pregunta: ¿Presentan las alternativas específicas un riesgo mayor o menor para la salud humana y/o el medio ambiente, considerando una serie de criterios/desenlaces de salud humana y ambiental?

Identificación de alternativas seguras



Revisar bases de datos de **información de sustancias**
Utilizar **listas** para identificar alternativas problemáticas antes de incorporarlas en la evaluación comparativa de peligros

No estar en lista no es indicador directo de seguridad para su uso

Selección de **desenlaces** y aplicación de criterios/umbrales utilizando el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos

Definir los criterios de decisión, considerando vacíos de información e incertidumbre

Listas básicas de sustancias de interés para identificar presencia de posibles alternativas no aceptables -

Autoridad o agencia	Contenido de la lista
Protocolo de Montreal	Lista de sustancias agotadoras de la capa de ozono
Convenio de Estocolmo	Lista de contaminantes orgánicos persistentes
Agencia de Investigación en Cáncer de OMS - IARC	Lista de clasificación de carcinógenos
Agencia Europea de Sustancias Químicas	Lista de sustancias candidatas de muy alta preocupación para su autorización Sustancias clasificadas como sustancias con propiedades carcinogénicas, mutagénicas o tóxicas para la reproducción (CMR) 1a o 1b según el Anexo VI del CLP
Agencia de protección ambiental de EEUU	Lista de sustancias químicas persistentes, bioacumulativas y tóxicas (PBT) del Inventario de Emisiones Tóxicas y sustancias químicas PBT según la Sección 6(h) de la Ley de Control de Sustancias Tóxicas (TSCA).
Programa Nacional de Toxicología EEUU	Reporte de carcinógenos

Listas complementarias de sustancias de interés para identificar presencia de posibles alternativas no aceptables -

Autoridad / agencia / ONG	Contenido de la lista
Unión Europea	Lista prioritaria de presuntos disruptores endocrinos
ECHA	<p>Páginas web con información sobre productos químicos: Propiedades peligrosas y situación reglamentaria de las sustancias en diversas normativas de la UE, como REACH, CLP, BPR, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lista de restricciones según REACH • Lista de clasificaciones armonizadas en el anexo VI del CLP • Inventario de clasificación y etiquetado: Contiene información básica sobre la clasificación y el etiquetado de las sustancias notificadas y registradas recibida de fabricantes e importadores
OCDE	eChemPortal: Información sobre las propiedades de los productos químicos
Agencia Europea de Medio Ambiente	RISCTOX: Base de datos sobre sustancias tóxicas y peligrosas
AOEC	Lista de sustancias sensibilizantes respiratorias
SIN LIST	Lista “Substitute it Now”

Search, explore and Substitute It Now

Don't let hazardous chemicals ruin your product

Ready to search? Enter your email to create or login to your account

[Get started >](#)

Avoid hazardous chemicals – use the SIN List

For thousands of users all over the world Chemsec's SIN List is the tool, as well as an established standard, for identifying hazardous chemicals in different products and processes. Extended with additional relevant PFAS chemicals and improved functionality the SIN List now constitutes an even better starting point for substituting hazardous chemicals with safer alternatives.

[Read more >](#)

[What is the SIN List?](#)
The science behind

[Using the SIN List](#)
Updates

[Chemical groups](#)
FAQ

<https://sinlist.chemsec.org/>

Desenlaces a considerar según el sistema globalmente armonizado-

Peligros a la salud	Peligros ambientales	Peligros físicos
Carcinogenicidad	Toxicidad acuática aguda	Inflamabilidad
Mutagénesis	Toxicidad acuática crónica	Corrosividad
Toxicidad reproductiva	Potencial de bioacumulación	Explosividad
Toxicidad aguda	Biodegradabilidad	Reactividad
Toxicidad específica en órgano blanco – exposición repetida	Movilidad	Otros peligros físicos
Toxicidad específica en órgano blanco – exposición única	Toxicidad fauna	
Corrosión / irritación dérmica		
Daño ocular o irritación		
Sensibilización respiratoria o dérmica		
Neurotoxicidad		
Disrupción endocrina		

Efectuar evaluación comparativa de peligros

Criterios de decisión

Excluir sustancias:

CMR Carcinógenas / Mutágenos / Tóxicas para la Reproducción

PBT Persistentes / Bioacumulables / Tóxicas

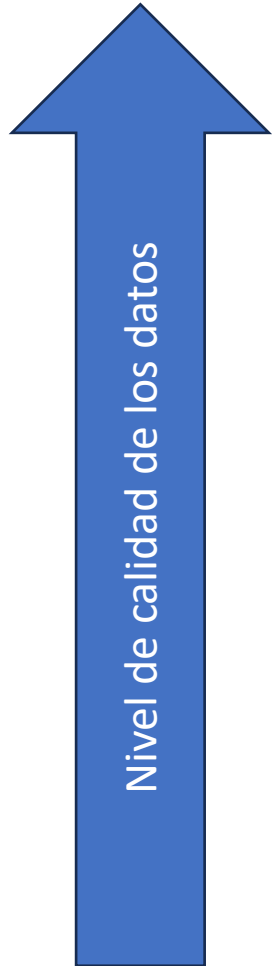
Que contengan productos que liberen, se degraden o formen subproductos que sean CMR / PBT

Neurotóxicas, irritantes, sensibilizantes

Toxicidad aguda para mamíferos y fauna

Considerar incertidumbre y vacíos de información respecto a los datos de peligrosidad

Revisar calidad de los datos
Incorporar información de estudios in silico e in vitro



Nivel de calidad de los datos

Datos evaluados para la sustancia siguiendo una guía específica
Datos evaluados para una sustancia relacionada, siguiendo una guía específica
Información presente en lista de autoridad reguladora con datos de soporte

Datos obtenidos a partir de modelos
Estudios que no siguen guías de referencia pero que documentan de manera suficiente los métodos y resultados
Estudios que evalúan rutas de exposición diferentes a la oral, dérmica o inhalatoria

Estudios con limitada información de soporte
Información de ficha de datos de seguridad sin datos de soporte

Evaluación comparativa de exposición



¿La alternativa es preferible, equivalente o potencialmente peor que la sustancia química prioritaria a sustituir, dado el potencial de exposición?

Producto a sustituir

Alternativas



Identificar vías de exposición

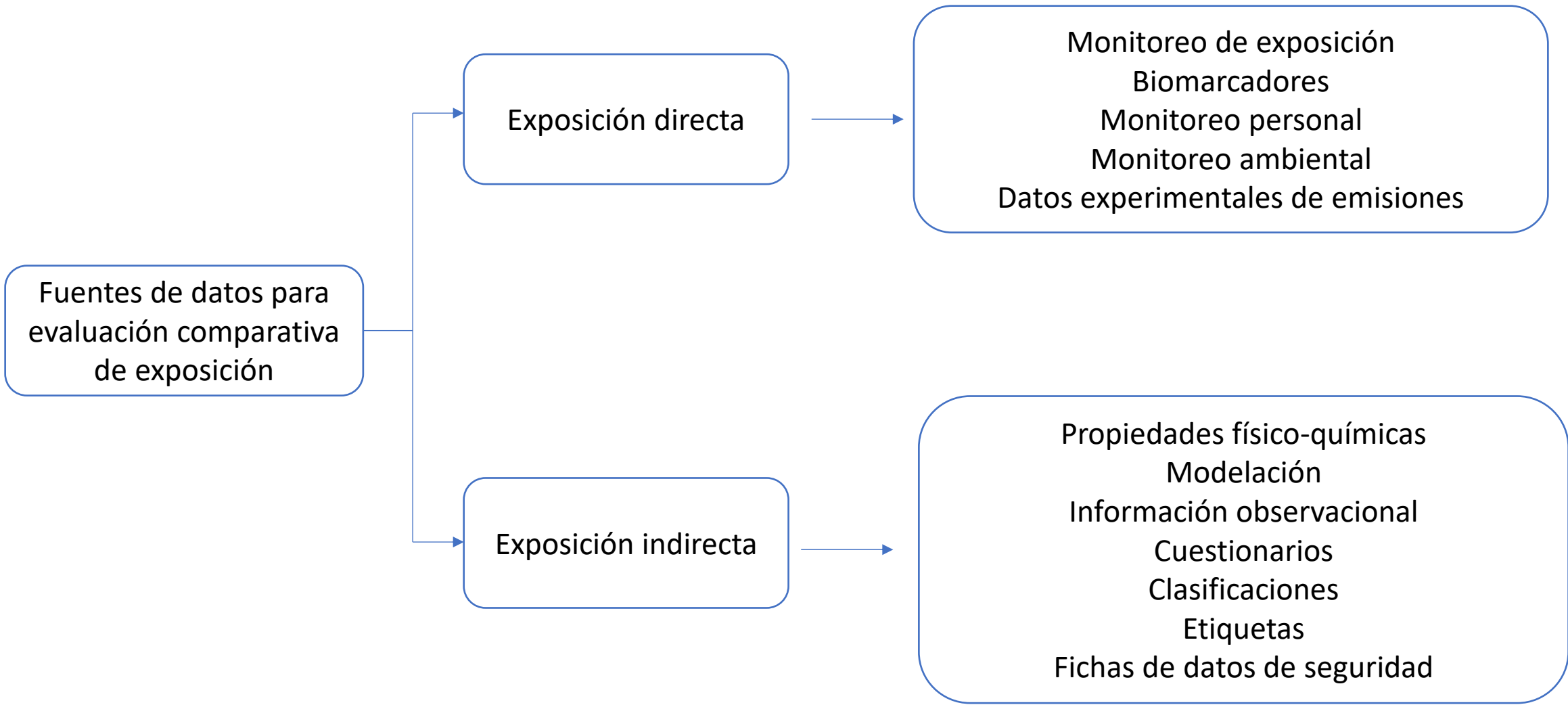


Identificar condiciones de uso / disposición – Incluir ciclo de vida del producto –
Análisis de vías de exposición: dérmica – inhalatoria – oral

Comparar exposición potencial



Modelo conceptual del escenario de exposición para identificar rutas



Integración de resultados comparativos de evaluación de peligro y exposición

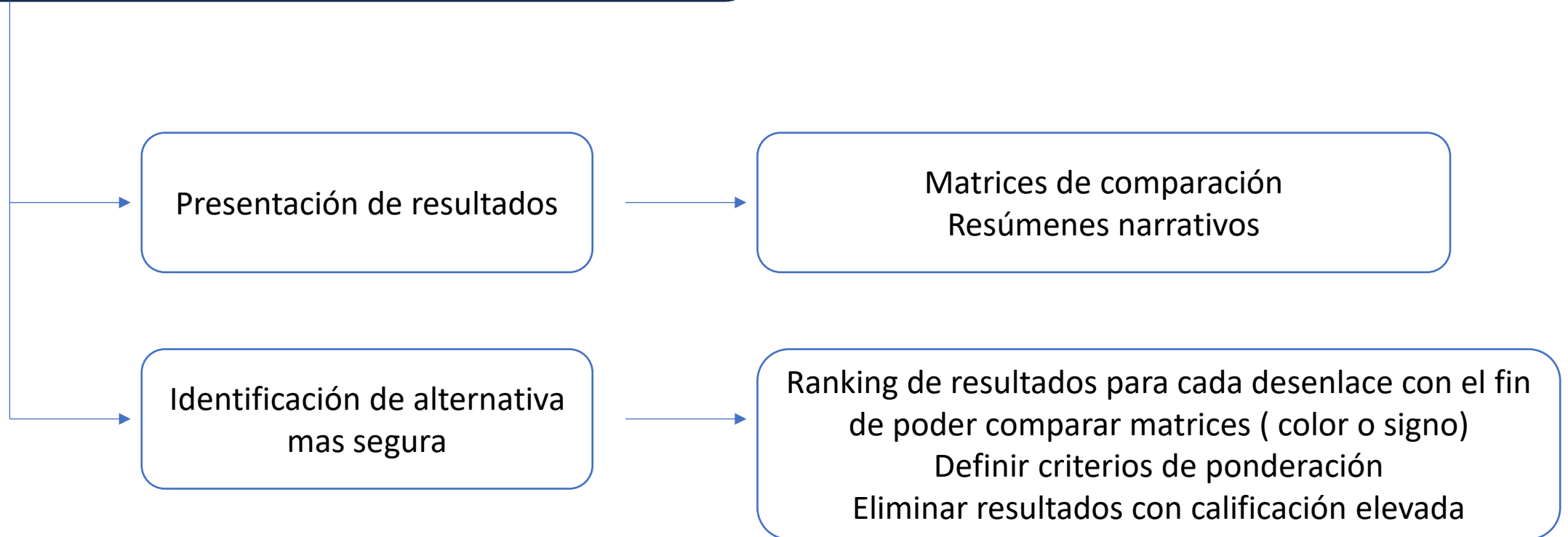


TABLE 9-1 Sample Results from Step 6 Providing Categorical (high, medium, low) Evaluations of Select Ecotoxicity and Human Health Impacts and Physicochemical Properties

Note: The relative uncertainty of each finding is depicted by colors (dark blue = known; light blue= limited certainty; pink=highly uncertain; gray = unknown). C= Chemical of concern.

Alternatives	Human Health																		Ecotoxicity						Physicochemical					
	Acute Toxicity			Carcinogenicity			Genotoxicity			Reproductive			Developmental			Neurotoxicity			Acute Aquatic Toxicity			Chronic Aquatic Toxicity			Persistence			Bioaccumulation		
	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L	H	M	L
C	Pink				Pink			Dark Blue				Light Blue			Dark Blue			Dark Blue		Light Blue				Gray		Dark Blue				Dark Blue
A			Dark Blue		Light Blue			Dark Blue				Gray			Dark Blue		Pink				Light Blue			Dark Blue		Dark Blue				Light Blue
B			Dark Blue			Dark Blue			Pink			Pink			Dark Blue			Gray		Light Blue				Dark Blue			Dark Blue			Dark Blue

TABLE 9-2 Sample Results of Comparative Exposure Assessment

Note: >> indicates that the alternative may involve substantially greater exposure than the chemical of concern, ≈ indicates that exposures may be considered substantially equivalent, and << indicates that the alternative may involve lower exposures due to intrinsic properties of the chemical or the specific functional use.

Alternatives	Human Health Exposure Routes												Eco Exposure									
	Oral			Dermal			Inhalation			Ocular			Water			Air			Soil			
	>	≈	<	>	≈	<	>	≈	<	>	≈	<	>	≈	<	>	≈	<	>	≈	<	
A		X			X		X				X			X		X				X		
B		X				X		X			X				X		X			X		

Chemical	Relevant Human Health Exposure Routes			Relevant Ecological Exposure Routes		
	Oral	Dermal	Inhalation	Water	Air	Soil
Chemical targeted for substitution	Baseline for comparison					
Alternative B	0	0	+	0	0	0
Alternative C	0	0	0	-	0	0

0=equivalent exposure to the chemical targeted for substitution; + = greater exposure than the chemical targeted for substitution; - = less exposure than the chemical targeted for substitution.

Chemical	Human Health Hazards								Environmental Hazards				Physical Hazards
	Carcinogenicity*	Germ Cell Mutagenicity*	Reproductive Toxicity*	Developmental Toxicity*	Acute Toxicity*	Specific Organ Toxicity, Repeated Exposure*	Skin Sensitization#	Skin Irritation#	Acute Aquatic Toxicity*	Chronic Aquatic Toxicity*	Bioaccumulation Potential*	Rapid Biodegradation*	Flammability*
Chemical targeted for substitution	M	L	L	L	L	H	L	H	L	L	L	M	M
Alternative B hazard considerations	L	L	M	M	L	DG	L	L	M	M	L	L	L
<i>Alternative B exposure considerations</i>			≈oral ≈dermal >inhalation	≈oral ≈dermal >inhalation		≈oral ≈dermal >inhalation			≈water	≈water			
Alternative C hazard considerations	L	L	L	L	L	L	L	L	M	M	L	VL	L
<i>Alternative C exposure considerations</i>									<water	<water			

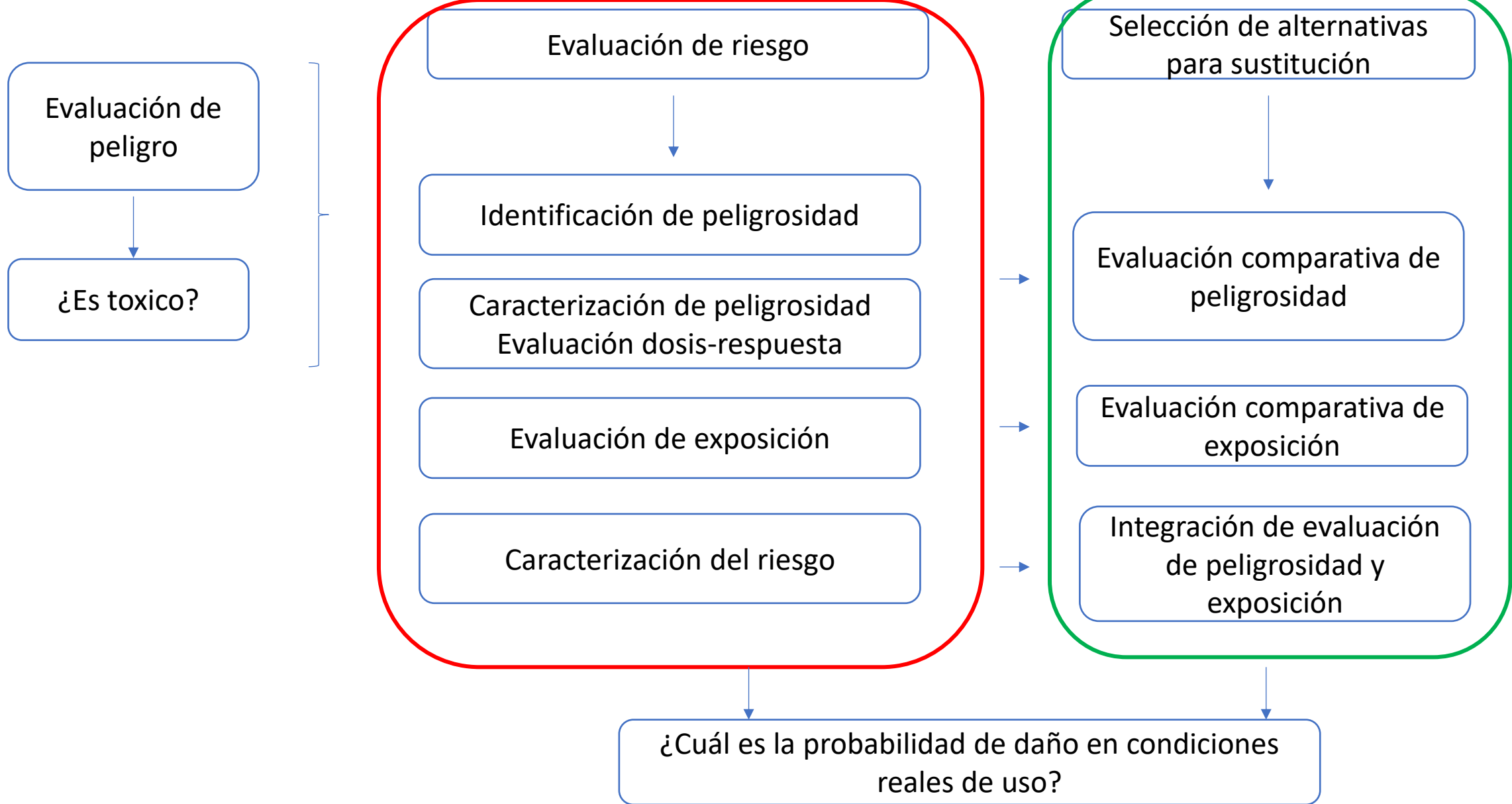
*Minimum criteria for a safer alternative determination; #Beyond the minimum criteria; L=low hazard level; M=moderate hazard level; H= High hazard level; DG=data gap; ≈ =equivalent exposure potential to the chemical targeted for substitution; > =greater exposure potential than the chemical targeted for substitution; < =lower exposure potential to the chemical targeted for substitution; *Italicized* hazard rankings reflect lower levels of confidence in the data.

Exhibit 17. Comparison Matrix to Integrate Hazard and Exposure Assessment Results For endpoints with moderate hazard (yellow), high hazard (red), or a data gap (grey), the company considered and compared the exposure potential for the alternative with the chemical targeted for substitution.

Exhibit 18. Weighted Scoring of Endpoints Approach to Select a Safer Alternative The minimum criteria for hazard endpoints were weighed twice as much (multiplied by 2) towards the overall numerical score. Each endpoint's score for hazard and exposure is included in the table. This approach suggests Alternative C is the safer alternative based on it having the lowest score.

	Human Health Hazards								Environmental Hazards				Physical Hazards	Sum	Hazard & Exposure Total
	Carcinogenicity*	Germ Cell Mutagenicity*	Reproductive Toxicity*	Developmental Toxicity*	Acute Toxicity*	Specific Organ Toxicity, Repeated Exposure*	Skin Sensitization#	Skin Irritation#	Acute Aquatic Toxicity*	Chronic Aquatic Toxicity*	Bioaccumulation Potential*	Rapid Biodegradation*	Flammability*		
Chemical targeted for substitution Hazard considerations	M (2)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	H (3)	L (1)	H (3)	L (1)	L (1)	L (1)	M (2)	M (2)	36	36
Chemical targeted for substitution Exposure considerations	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Alternative B Hazard considerations	L (1)	L (1)	M (2)	M (2)	L (1)	DG (4)	L (1)	L (1)	M (2)	M (2)	L (1)	L (1)	L (1)	38	40
Alternative B Exposure considerations	0	0	+1	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+2	
Alternative C Hazard considerations	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	L (1)	M (2)	M (2)	L (1)	VL (1)	L (1)	28	26
Alternative C Exposure considerations	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	-2	

*Minimum criteria for a safer alternative determination; #Beyond the minimum criteria; L=low hazard level received 1 point per endpoint; M=moderate hazard level received 2 points per endpoint; H= High hazard level received 3 points per endpoint; DG=data gap received 4 points per endpoint; If exposure for an alternative was less than the chemical targeted for substitution, the alternative chemical received a -1 score for the relevant endpoints. If exposure for an alternative was greater than the chemical targeted for substitution, the alternative chemical received a +1 score for the relevant endpoints. If exposure for an alternative was equivalent to the chemical targeted for substitution, the alternative chemical received a 0 score for the relevant endpoints.



Ejemplo de aplicación de ER en procesos de sustitución

Sustitución de espumas para control de incendios

- **Concentrado de espuma para control de incendios tipo B:**
 - Identificación de componentes objeto de sustitución – PFAS (PFOA –PFOS)
 - Considerados como contaminante orgánico persistente por el Convenio de Estocolmo –Enmienda 2010 - Inclusión en anexo A (COP #9 -2019)
 - Alta persistencia y movilidad ambiental
 - Presente en algunas espumas formadoras de película acuosa (AFFF)
 - Uso en diferentes sectores: Hidrocarburos – aeronáutico
 - Exposición humana directa e indirecta

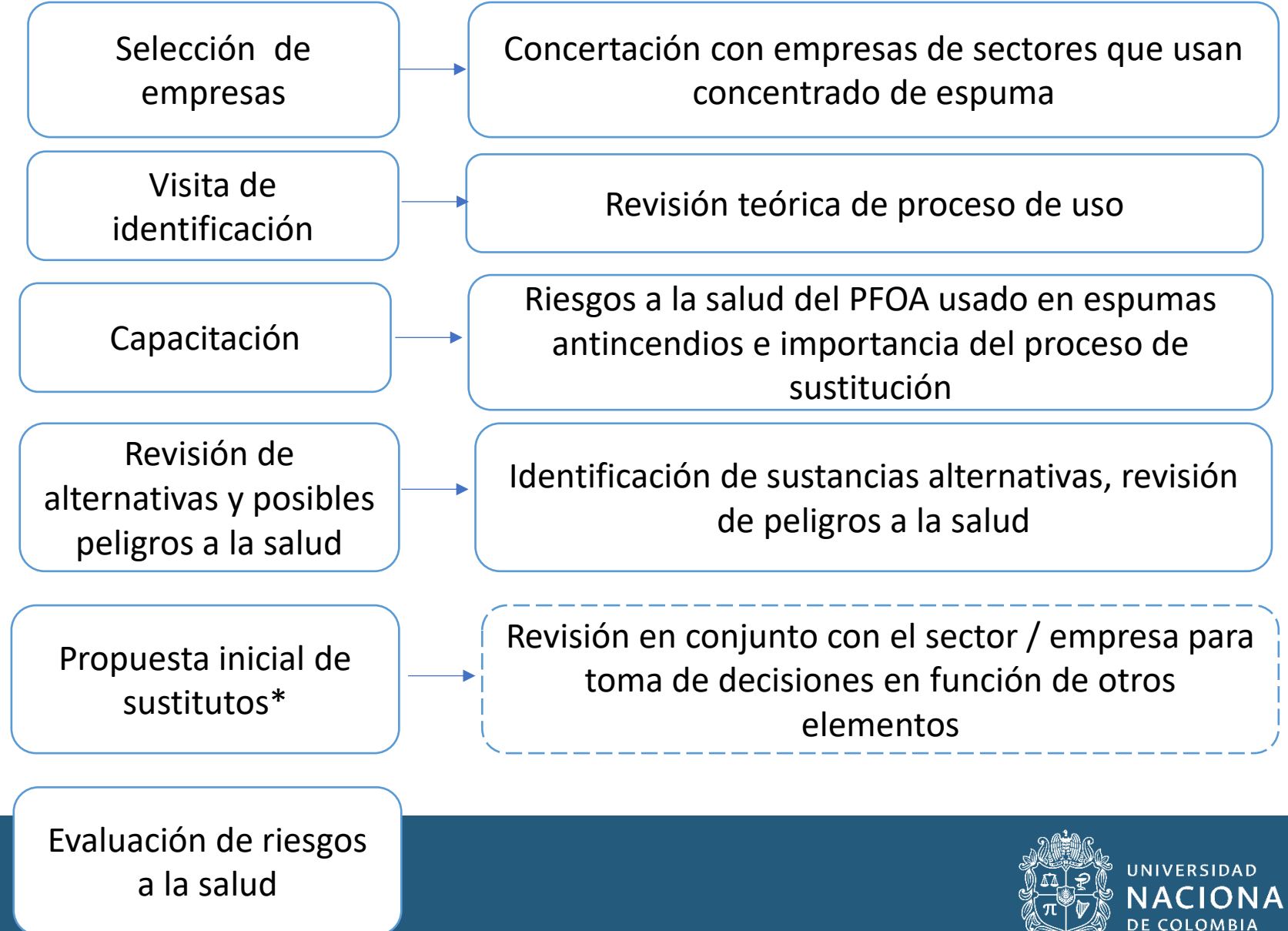


Aproximación al proceso de sustitución

Nombre comercial del producto (Espumas libres de flúor)	Fabricante
Respondol ATF 3/6	Angus Fire
Re-Healing Foam RF3x6 ATC	Solberg
Re-Healing Foam RF1 1%	Solberg
Moussol FF 3/6	Dr. Sthamer
Ecopol Premium	Bioex
Orchidex BlueFoam 3x3	Orchidee



Sectores con uso de concentrado de espuma



Alcance: Exposición ocupacional

Evaluación de riesgo



Identificación de peligrosidad

Caracterización de peligrosidad
Evaluación dosis-respuesta

Evaluación de exposición

Caracterización del riesgo

Selección de alternativas
para sustitución



Evaluación comparativa de
peligrosidad

Evaluación comparativa de
exposición

Integración de evaluación
de peligrosidad y
exposición

Concentrado de
espuma
potencialmente
contaminado con
PFOA

Persistente
Toxicidad disrupción
endocrina

Escenario específico
de uso y aplicación

**Alternativa:
Concentrado de
espuma libre de flúor**

Identificación y caracterización de peligrosidad del sustituto seleccionado

Selección previa del sustituto (concentrado libre de flúor) por parte de la empresa, considerando viabilidad técnica, operativa y financiera

Identificación de características de peligrosidad de la sustancia – **Revisión de ficha de datos de seguridad**

Revisión complementaria de información relacionada con características de toxicidad del sustituto o sus componentes
Consultas bases de datos

Análisis de posibles efectos en salud de acuerdo a su composición – Efectos agudos / crónicos
Persistencia / Bioacumulación / Toxicidad
Carcinogenicidad / Efectos reproductivos

Evaluación de las condiciones de exposición

Visita a instalaciones de empresas para identificación de características del respectivo proceso

Revisión de cantidades, frecuencia de uso y duración del tiempo de exposición
Identificación de número de expuestos y condiciones de exposición

Revisión de medidas disponibles para el control de exposición
Sistemas de ventilación
Elementos de protección personal

Categorización del nivel de riesgo

Aceptable: De acuerdo a condiciones de peligrosidad y exposición identificadas

Alcance: Exposición ocupacional

Evaluación de riesgo



Identificación de peligrosidad

Caracterización de peligrosidad
Evaluación dosis-respuesta

Evaluación de exposición

Caracterización del riesgo

Selección de alternativas
para sustitución



Evaluación comparativa de
peligrosidad

Evaluación comparativa de
exposición

Integración de evaluación
de peligrosidad y
exposición

Concentrado de
espuma
potencialmente
contaminado con
PFOA

Persistente
Toxicidad disrupción
endocrina

Escenario específico
de uso y aplicación

Alternativa:
**Concentrado de
espuma libre de flúor**

Irritación dérmica /
ocular

Biodegradable

Condición de
exposición similar

Riesgo aceptable –
Considerar como
posible sustituto

Resumen

- Herramientas para evaluación de alternativas permiten orientar el marco del proceso de sustitución
- Elementos de evaluación de riesgos a la salud humana son un componente técnico fundamental en ese marco, ya que facilitan decisiones respecto a sustitución
- Sustitución requiere aplicación de evaluación de riesgos comparativa entre el producto químico original y la alternativa
- Sustitución basada en el riesgo requiere mas información, pero logra un resultado mas confiable

Referencias

- United Nations Environment Programme, 2019 . **Global Chemicals Outlook II** *From Legacies to Innovative Solutions: Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development*
- OECD (2021), Guidance on Key Considerations for the Identification and Selection of Safer Chemical Alternative, OECD Series on Risk Management, No. 60, Environment, Health and Safety, Environment Directorate, OECD.
- <https://www.oecd.org/en/data/tools/substitution-and-alternatives-assessment-toolbox-for-chemicals-and-nanomaterials.html>
- National Academy of Sciences. A Framework to Guide Selection of Chemical Alternatives, 2014 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK253970/>
- <https://www.ri.se/en/centre-chemical-substitution/substitution-guide>
- Sin List <https://sinlist.chemsec.org/>

Gracias

dacombarizab@unal.edu.co

