



# Reporte de la “Estrategia de circularidad de envases de poliestireno (PS) de alto impacto (PAI) en Chile – Fase I”

Informe Final  
mayo 2024

Desarrollado y financiado por:



Co-ejecutado por:



## **Título**

Reporte de la “Estrategia de circularidad de envases de poliestireno (PS) del alto impacto (PAI) en Chile” – Fase I”

## **Equipo desarrollo y co-ejecución FCh-PCP**

Tania Bishara  
M. Fernanda Valdivieso  
Karien Volker Kroeger

## **Equipo co-ejecución E2BIZ**

Constanza Yunis Ebner  
Stephany Acuña  
Jacques Clerc Parada

## Tabla de Contenido

---

1	Introducción.....	9
2	Acciones e iniciativas nacionales para la circularidad del PAI.....	13
	2.1 Acciones e iniciativas de recolección y clasificación del PAI.....	14
	2.1.1 Grandes Sistemas Colectivos de la Ley REP de envases y embalajes .....	14
	2.1.2 Recolección y clasificación a través de instalaciones de recepción.....	18
	2.2 Acciones e iniciativas de reciclaje y/o valorización del PAI.....	20
	2.2.1 Proyecto estructura ABA o barrera funcional.....	21
	2.2.2 FONDEF <i>Challenge test</i> .....	25
	2.2.3 Tecnología <i>super clean</i> (GNEUSS) .....	27
	2.2.4 FONDEF reciclaje químico.....	29
	2.3 Principales empresas lácteas nacionales y sus acciones asociadas	32
	2.3.1 Empresas lácteas que forman parte del PCP .....	33
	2.3.2 Otras empresas lácteas presentes en el mercado nacional.....	36
3	Revisión iniciativas internacionales vinculadas con la reciclabilidad del PAI.....	39
	3.1 <i>Global Commitment</i> .....	40
	3.2 Francia.....	41
	3.3 Bélgica.....	43
	3.4 España.....	46
	3.5 Alemania.....	49
	3.6 Italia.....	51
	3.7 Reino Unido.....	51
	3.8 Colombia.....	53
	3.9 Canadá.....	54
	3.10 Sudáfrica.....	54
	3.11 Kenia e India.....	55

3.12	Japón.....	55
4	Revisión de la definición de reciclabilidad.....	56
4.1	Definición de reciclabilidad a nivel nacional.....	56
4.2	Definición de reciclabilidad a nivel internacional.....	57
4.2.1	Red Global de Pactos y Global Commitment .....	57
4.2.2	Unión Europea.....	58
4.2.3	Canadá .....	59
4.2.4	Estados Unidos.....	60
4.2.5	Australia.....	61
5	Conclusiones y recomendaciones.....	63
5.1	Opciones para el reciclaje de PAI y alternativas de sustitución.....	65
5.1.1	Opciones para el reciclaje de PAI y sus mercados finales .....	65
5.1.2	Opciones alternativas de sustitución.....	66
5.2	Acciones y subacciones recomendadas.....	67
6	Bibliografía .....	69

## Figuras

---

Figura 1: Maquina extractora que posee Coexpan.	22
Figura 2: Línea de Termoformado de FFS de Cexpan.	22
Figura 3: Detalle de material a ser reciclado del proceso posindustrial.	23
Figura 4: Esquema de ASIPLA, Proyecto estructura ABA en Chile.	23
Figura 5: Reciclaje de PAI en el proceso de reciclaje químico del PET	30
Figura 6: Hitos y resultados del proyecto.	31
Figura 7: Esfuerzos de eliminación por tipo de resina	40
Figura 8: Envases de yogur Le Nature - Danone, desde 2022 con con 30% de r-PET	43
Figura 10: Envases de pruebas realizadas en INNOTECH COEXPAN – EMSUR	46
Figura 11: Envase de producto “Bon Yurt” de la marca Alpina, con rPAI	53

## Tablas

---

Tabla 1: Detalle de entrevistas nacionales realizadas.	13
Tabla 2: Tarifas ReSimple para envases de PS.	16
Tabla 3: Tarifas GIRO para envases y embalajes plásticos.	18
Tabla 4: Contaminantes utilizados según la FDA.	26
Tabla 5: Detalle entrevistas internacionales realizadas.	39

## Acrónimos

---

### Tipos de Plásticos

PET (Nº1) -: Tereftalato de polietileno

PEAD (Nº2) -: Polietileno de alta densidad

PVC (Nº3) -: Policloruro de vinilo

PVDC: Cloruro de polivinilideno

PEBD (Nº4) -: Polietileno de baja densidad

PP (Nº5) -: Polipropileno

PS (Nº6) -: Poliestireno

GPPS: Poliestireno Cristal (*General Purpose Polystyrene*),

PAI: Poliestireno de Alto Impacto (HIPS por su sigla en inglés)

EPS: Poliestireno expandido

XPS: Poliestireno extruido

### Otros

ASIPLA: Asociación Gremial de Industriales del Plástico

CAPEX: *Capital Expenditures* (Gastos de Capital)

CENEM: Centro de Envases y Embalajes de Chile

CORFO: Corporación de Fomento de la Producción

EFSA: *European Food Safety Authority* (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria)

EMF: Ellen MacArthur Foundation

EyE: Envases y embalajes

FCh: Fundación Chile

FFS: *Form, Fill & Seal* (Formado, Llenado y Sellado)

FDA: *Food and Drug Administration* (Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE. UU)

FONDEF: Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico

GAC: Grupo de Acción Conjunta

GC: *Global Commitment*

GRANSIC: Grandes Sistemas Colectivos Domiciliarios

IRA: Instalación de Recepción y Almacenamiento

Ley REP: Ley 20.920 de Marco General para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y el Fomento al Reciclaje

MMA: Ministerio de Medio Ambiente

NGR: *Next Generation Group*

PCP o Pacto: Pacto Chileno de los Plásticos

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

RETC: Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

RILES: Residuos Industriales Líquidos

SAPP: Pacto de los Plásticos de Sudáfrica

TDLC: Tribunal de Defensa de la Libre Competencia

TPSC: Toshiba Plant Systems & Services Corporation

UE: Unión Europea

USACH: Universidad de Santiago de Chile

WRAP: *Waste and Resources Action Programme*

# 1 INTRODUCCIÓN

---

En el contexto global de la creciente conciencia ambiental y la urgente necesidad de abordar los desafíos que nos permitan avanzar hacia una economía circular de los plásticos, Fundación Chile en su rol de coordinador del Pacto Chileno de los Plásticos (PCP o Pacto - Circula el Plástico - se encuentra desarrollando desde el año 2023 la **“Estrategia de circularidad de envases de poliestireno (PS) del alto impacto (PAI) en Chile”**, con el objetivo de *“Evaluar y confirmar la viabilidad técnica-económica de la cadena de reciclaje para envases de poliestireno de alto impacto (de yogur y postres) en Chile, en conjunto con todos los actores claves de la cadena de valor, basado en las acciones en desarrollo y en las futuras posibles y factibles de implementar”*. Para cumplir con los objetivos mencionados, Fundación Chile-PCP contrató los servicios de la consultora E2BIZ para apoyar la generación y sistematización de los antecedentes iniciales requeridos para la primera Fase de esta Estrategia (Fase I).

El Pacto Chileno de los Plásticos es la bajada chilena de la Red Global de Pactos de los Plásticos, Red coordinada a nivel internacional por la Fundación Ellen MacArthur<sup>1</sup> y The Waste and Resource Action Programme WRAP<sup>2</sup>. Actualmente está compuesta por Pactos conformados en países de Norteamérica, Sudamérica, África, Europa y Oceanía. En Chile, PCP es liderado por Fundación Chile en coordinación con el Ministerio de Medio Ambiente. Se inició en 2019, siendo el tercer país a nivel global que implementa este modelo, y el primer país de Latinoamérica.

Es una iniciativa única, en la que se unen y alinean los esfuerzos de las distintas organizaciones que participan en las diferentes etapas de la cadena de valor de los envases y embalajes plásticos, con el objetivo común de repensar la forma en que producimos, usamos y disponemos los envases y embalajes plásticos, para asegurarnos que éstos se mantengan circulando en el sistema y no sean desechados en el medio ambiente.

Mediante un intenso trabajo colaborativo se pretende cambiar el actual modelo lineal a uno circular, reduciendo por un lado la extracción de recursos naturales y, por otro, los desechos plásticos, simultáneamente conservando su valor en el mercado con la máxima calidad y la mayor duración posible. El PCP se ha establecido como una plataforma que permite al sector de envases y embalajes plásticos dar pasos para avanzar hacia los cambios que a este respecto se necesitan.

En respuesta a la actual urgencia global, el PCP ha planteado cuatro ambiciosas metas o compromisos para el año 2025 (como horizonte de tiempo inicial), respecto de las cuales

---

<sup>1</sup> Fundación Ellen MacArthur (EMF): Organización enfocada en acelerar la transición hacia una economía circular. Desarrolla y promueve la idea de una economía circular y trabaja con empresas, instituciones académicas, formuladores de políticas e instituciones, para movilizar soluciones de sistemas a gran escala, a nivel mundial. Uno de sus focos de trabajo es la nueva economía de los plásticos.

<sup>2</sup> The Waste and Resource Action Programme (WRAP): organización sin fines de lucro establecida en Reino Unido en el año 2.000. Trabaja en más de 50 países, impulsando soluciones sostenibles para la gestión de residuos y la economía circular, incluido el manejo sostenible de plásticos.

todos los miembros del PCP han comprometido alinear sus esfuerzos para avanzar en su cumplimiento, éstas son:

**Compromiso 1.** Tomar acciones para REDUCIR los envases y productos plásticos problemáticos e innecesarios a través del rediseño, innovación o modelos de entrega alternativos.

**Compromiso 2.** 100% de envases y embalajes plásticos deben ser DISEÑADOS para ser reutilizables, reciclables o compostables.

**Compromiso 3.** 1/3 de los envases y embalajes plásticos domiciliarios y no-domiciliarios deben adecuadamente GESTIONADOS (reusados, reciclados o compostados).

**Compromiso 4.** Los envases y embalajes plásticos deben incorporar material RECICLADO (tener, entre sus distintos formatos, un 25% en promedio)

En el caso de envases y embalajes de poliestireno (PS), este forma parte del Listado de Plásticos Problemáticos (LPP) definido por el PCP en el año 2020 para dar cumplimiento al Compromiso 1 antes señalado, específicamente se encuentra dentro del Grupo N°2 (en revisión y actualización de alternativas para reducir su impacto) (Plásticos, 2020), listado que se encuentra en proceso de actualización durante el año 2024. Dado esto, surge la necesidad de desarrollar una “Estrategia de circularidad de envases de poliestireno (PS) del alto impacto (PAI) en Chile”, estrategia que se relaciona con el cumplimiento de todos los compromisos del PCP antes señalados.

Existen cuatro tipos de PS: el poliestireno cristal (o *general-purpose polystyrene* GPPS en inglés), poliestireno de alto impacto (PAI o HIPS por su sigla en inglés), el poliestireno expandido (EPS) y el poliestireno extruido (XPS). El poliestireno cristal o GPPS y el poliestireno de alto impacto o PAI corresponden a plásticos rígidos que tiende a no flexionarse. El GPPS es originado mediante la polimerización del estireno puro, y se presenta como un sólido transparente, duro y frágil. El PAI, producto de la polimerización del estireno puro con un porcentaje de caucho (generalmente hasta un 14%, mayormente polibutadieno), se caracteriza por su resistencia, no siendo quebradizo y capaz de soportar impactos sin romperse. El EPS y XPS corresponden a poliestirenos espumados. El EPS contiene un 95% de poliestireno y un 5% de gas, siendo utilizado principalmente como aislante en construcción y para el embalaje de productos frágiles, debido a su ligereza. Por su parte, el XPS se obtiene a partir de la fusión del poliestireno cristal y la inyección de gas, resultando en una espuma rígida con propiedades similares al poliestireno expandido (Ecoplas, 2011).

El presente estudio se centra específicamente en el poliestireno de alto impacto o PAI. El PAI, conocido por su versatilidad y durabilidad, ha sido un material ampliamente utilizado en el envasado de alimentos (en particular para yogur y postres), lo que ha generado una preocupación creciente sobre su impacto medioambiental y la gestión sostenible de los residuos asociados. Según cifras reportadas en la Hoja de Ruta del PCP (Circula el Plástico, 2020), del total de envases y embalajes plásticos consumidos de forma directa<sup>3</sup> en el país en el año 2018, el 7% corresponde a PS, lo que equivale a 32.709 ton anuales.

Los proveedores de láminas de PAI en Chile son COEXPAN y TYPACK, quienes proporcionan este material a empresas de alimentos del país, principalmente lácteas, las que llevan al cabo el proceso de termoformado en sus operaciones para el envasado de los alimentos (yogur y postres), proceso que consiste en direccionar el flujo de láminas de PAI en una boquilla o matriz formadora, que le proporciona el diseño o figura deseada al envase (ASIPLA, s.f.).

En la actualidad en Chile el reciclaje de PS se lleva a cabo en proporciones bajas. Según el Tercer Estudio sobre Reciclaje de Plásticos en Chile, realizado por ASIPLA en 2022, de las 106.870 toneladas de plástico recicladas al año, 18.740 toneladas provienen de residuos domiciliarios de envases y embalajes plásticos y 88.130 toneladas corresponden a residuos no-domiciliarios o industriales. De este total, el PS representa apenas el 1% del total de material reciclado, lo que equivale aproximadamente a 960 toneladas de poliestireno de envases y embalajes recicladas en el año 2022, la mayoría de las cuales son de origen no-domiciliario o industrial (ASIPLA, 2022)

Debido a la baja tasa de reciclaje del poliestireno PAI en Chile se han estado efectuando una serie de iniciativas y acciones por parte de distintas entidades a nivel nacional, lo que se ha visto impulsado además por la reciente entrada en vigencia, en septiembre de 2023, de la Ley REP para envases y embalajes. Dichas iniciativas y acciones son descritas y analizadas en este informe. En primer lugar se revisan acciones e iniciativas de recolección y clasificación de PAI, centradas principalmente en lo desarrollado por los Grandes Sistemas Colectivos (GRANSIC) en el marco de la Ley REP de envases y embalajes. Se revisan también acciones e iniciativas de reciclaje y/o valorización del PAI, dentro de las cuales se encuentran el “proyecto estructura ABA o barrera funcional” liderado por COEXPAN, el “FONDEF *Challenge test*” liderado por Laben Chile, y la “Tecnología *superclean* (GNEUSS)”, iniciativas que fueron abordadas en la Mesa Técnica del poliestireno liderada por ASIPLA que operó entre 2019 y 2023. Se revisa también el proyecto “FONDEF de Reciclaje químico de residuos de poliestireno” liderado por la Universidad de Chile y CENEM, y el programa “Sonrisa Circular” de Soprole, entre otras.

---

<sup>3</sup> Consumo Aparente Directo = (EyE producidos en Chile + EyE importados) – (EyE exportados) (Circula el Plástico, 2020).

A nivel internacional, el PS forma parte de la mayoría de las listas de plásticos problemáticos de los Pactos de los Plásticos del mundo, estando presente en los listados de 8 países. En 5 países forma parte de las listas de eliminación (UK, Sudáfrica, USA, Canadá y Kenya) y en 3 países forma parte de las listas en la categoría “bajo revisión” (Francia, Chile y Polonia). Además, se encuentra en el listado del *Global Commitment*<sup>4</sup>, iniciativa global liderada también por la Fundación Ellen MacArthur (Ellen Macarthur Foundation, s.f.).

De esta forma, el presente estudio busca sentar las bases para desarrollar la “**Estrategia de circularidad de envases de poliestireno (PS) de alto impacto (PAI) en Chile**”, a través de una visión integral de las prácticas existentes, los desafíos identificados, y las mejores prácticas a nivel global para lograr la gestión sostenible de los envases de poliestireno (de yogur y postres). Al ser parte de la fase inicial, presenta una revisión bibliográfica de las iniciativas nacionales e internacionales en curso, información que ha sido levantada a través de la revisión de información pública y de la realización de entrevistas con actores clave que representan distintas partes de la cadena de valor. Por otro lado, a nivel internacional, se revisan los avances y antecedentes de interés de los siguientes países: Francia, Bélgica, España, Reino Unido, Alemania, Italia, Colombia, Canadá, Sudáfrica, Kenia, India, y Japón. Conjuntamente, se presentan también antecedentes sobre soluciones alternativas, y se revisan definiciones nacionales e internacionales de reciclabilidad. Finalmente, se identifican y proponen acciones y recomendaciones para continuar con el desarrollo de la mencionada Estrategia.

---

<sup>4</sup> Global Commitment (GC): Dirigido por la Fundación Ellen MacArthur, en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Esta iniciativa ha unido a más de 500 organizaciones en una visión común de una economía circular para los plásticos. Impulsadas por el objetivo de abordar la contaminación plástica en su origen, las empresas y organizaciones signatarias, que representan el 20% de todos los envases de plástico producidos a nivel mundial, se han comprometido con ambiciosos objetivos para el año 2025 para ayudar a hacer realidad esa visión común.

## 2 ACCIONES E INICIATIVAS NACIONALES PARA LA CIRCULARIDAD DEL PAI

Este capítulo se centra en la revisión sistemática de las iniciativas nacionales en desarrollo, que se relacionan con la reciclabilidad del PAI y su potencial futuro. Este proceso implica la revisión de fuentes bibliográficas relevantes sobre el tema, además de incluir el análisis de contenidos audiovisuales de tres sesiones del Comité Técnico del Pacto Chileno de los Plásticos (PCP), que tuvieron lugar en los meses de noviembre 2022 y enero de 2023.

Por otro lado, se llevó a cabo una serie de entrevistas con distintos actores clave involucrados en las iniciativas de PAI a nivel nacional, efectuadas entre octubre y diciembre de 2023. A continuación se presenta un desglose de las entidades entrevistadas, sus representantes correspondientes y las fechas en las que se realizaron estas entrevistas.

Tabla 1: Detalle de entrevistas nacionales realizadas.

Entidad	Representante	Fecha
<b>CENEM – Universidad de Chile</b>	Mariana Soto y Humberto Palza	23 de octubre de 2023
<b>REPS ex Reciclajes Cono Sur</b>	Gonzalo Pérez	24 de octubre de 2023
<b>ASIPLA</b>	Magdalena Balcells y Marcos Segal	25 de octubre de 2023
<b>COEXPAN</b>	Cristian Miquel – Chile y José Fernández - España	3 de noviembre de 2023
<b>Soprole</b>	Fernanda Lozier y Gloria Garín	8 de noviembre de 2023
<b>ReSimple</b>	Nathalia Silva e Isidro Pereda	9 de noviembre de 2023
<b>GIRO</b>	María José Ureta y Javier García	22 de noviembre de 2023
<b>Laben Chile - USACH</b>	María José Galotto	28 de noviembre de 2023
<b>Nestlé</b>	Salomé Retamales y Gabriela Guarda	28 de noviembre de 2023
<b>TriCiclos</b>	Paula Rey	4 de diciembre de 2023

Fuente: Elaboración propia.

La información presentada a continuación tiene un especial énfasis en las entrevistas realizadas, ya que representan una fuente invaluable de información reciente y relevante. Este análisis se complementa con la revisión bibliográfica y con el estudio de las sesiones de Comités de PCP previamente mencionados.

## 2.1 Acciones e iniciativas de recolección y clasificación del PAI

Este capítulo se centra en las acciones y las iniciativas de recolección y clasificación del PAI, dos procesos clave en la gestión de residuos.

### 2.1.1 Grandes Sistemas Colectivos de la Ley REP de envases y embalajes

La Ley N° 20.920/2016 que establece el marco general para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y el fomento al reciclaje (Ley REP) (Ministerio del Medio Ambiente, 2016), incluye dentro de sus productos prioritarios a los envases y embalajes, los que son regulados por el D.S N° 12/2021 (Ministerio del Medio Ambiente, 2021) que establece metas de recolección y valorización junto a otras obligaciones asociadas a envases y embalajes para distintos materiales, entre esos plásticos.

Según la Ley REP, la recolección se refiere a la acción de recolectar residuos, incluyendo su almacenamiento inicial, para posteriormente transportarlos a una instalación de almacenamiento, donde se procederá a su valorización o eliminación según corresponda. Se hace mención a la recolección diferenciada o selectiva, cuando los residuos han sido previamente separados en origen.

En cuanto a las metas de recolección y valorización, éstas se encuentran diferenciadas por envases y embalajes domiciliarios y no-domiciliarios, y por tipo de material. Para envases y embalajes domiciliarios se incluyen metas asociadas a cinco tipos de materiales (cartón para líquidos, metal, papel y cartón, plástico, y vidrio), y para envases y embalajes no-domiciliarios se incluyen metas asociadas a tres tipos de materiales (metal, papel y cartón, y plástico). Las metas entraron en vigencia desde septiembre del año 2023, con 12 años de metas progresivas (hasta el año 2034). Las metas serán calculadas respecto al total de envases y embalajes introducidos por productores en el mercado nacional.

Debido a que las metas de la Ley REP incluyen envases y embalajes de plásticos de manera global o agregada, sin distinguir entre sus distintos tipos de resinas plásticas, ni si se trata de envases flexibles o rígidos, los plásticos más complejos de recolectar y valorizar, como los plásticos flexibles o del tipo PS, por ahora no tienen relevancia para el cumplimiento de metas. Es posible que esto cambie en el futuro, de ser así, se estima que esto comenzaría a ser relevante desde aproximadamente el cuarto año desde su implementación o más, es decir desde el año 2026 en adelante.

La Ley REP exige que los productores sujetos a esta regulación deben dar cumplimiento a sus obligaciones, a través de un Sistema de Gestión, ya sea individual o colectivo. En el caso de los sistemas de gestión colectivos domiciliarios, estos reciben el nombre de “Grandes Sistemas Colectivos Domiciliarios o GRANSIC”.

Los GRANSIC son responsables de la recolección de los residuos de envases generados desde los domicilios de los consumidores, la Ley REP establece metas de cobertura de recolección, asociadas a la recolección selectiva o “casa a casa” y a la operación de instalaciones de recepción y almacenamiento (IRA), según corresponda, las que son progresivas.

En el caso de la recolección selectiva o “casa a casa”, que es aquella que permite la recolección de los mayores volúmenes de residuos de envases y embalajes, este proceso exige una clasificación de los materiales. Esta clasificación, realizada siguiendo estándares uniformes a nivel nacional, implica el uso de contenedores de colores específicos para cada subcategoría de residuo. De esta manera, se facilita el posterior transporte de los residuos recogidos a las plantas de valorización o instalaciones de almacenamiento.

Los GRANSIC tienen la obligación adicional de llevar a cabo licitaciones abiertas para contratar a los gestores, quienes desempeñan servicios cruciales en el manejo de los residuos, como la recolección, el pretratamiento y el tratamiento. Estas licitaciones deben realizarse de manera separada para cada servicio, excepto cuando el Ministerio apruebe que los servicios de pretratamiento sean licitados junto a otras operaciones de manejo de residuos. La implementación de estas licitaciones busca asegurar la efectividad y cumplimiento de la responsabilidad extendida del productor.

Por último, los GRANSIC deben proporcionar informes periódicos de avance y finales al Ministerio del Medio Ambiente, a través del RETC, detallando el cumplimiento de las metas y obligaciones adquiridas.

A continuación, se presentan los principales esfuerzos que se están llevando a cabo a nivel nacional en materia de recolección y clasificación de PAI por parte de los Sistemas Integrados de Gestión Domiciliarios o GRANSIC de envases y embalajes, ReSimple y GIRO, ambos parte del Pacto Chileno de los Plásticos.

## ReSimple

ReSimple corresponde al primer Sistema de Gestión colectivo conformado en Chile para la recolección de envases y embalajes domiciliarios y no-domiciliarios. Cuenta con 25 socios fundadores, y con fecha 12 de febrero de 2024 declaran contar con un total de 1.006 socios (ReSimple, 2024), los cuales representan alrededor del 70% del total de envases puestos en el mercado. De estos, se identifican 3 empresas que ponen envases de yogur y postres de PS en el mercado, con sus correspondientes marcas: Nestlé, Soprole y Watt's

Dentro de las materialidades a recolectar, ReSimple actualmente incluye papeles y cartones, vidrio y envases livianos, encontrándose dentro de estas últimas botellas plásticas PET y PE, envases o envoltorios plásticos PE o PP, latas de aluminio y de hojalata, y envases de cartón para bebidas (“Tetrapak”). Sin embargo, hasta la fecha no considera la recolección de envases de poliestireno (PS) dentro de la categoría de envases livianos.

La operación de ReSimple es principalmente financiada a través del pago de tarifas de parte de las empresas asociadas, en base a la cantidad y materialidad de envases y embalajes puestos cada año en el mercado. Para la definición de estas tarifas, actualmente ReSimple toma en consideración si el material puede o no ser reciclado, y se espera que, para el próximo periodo, correspondiente a la definición de las tarifas para el año 2025, se incluya una rebaja en la tarifa para aquellos productos que utilicen material reciclado (Silva & Pereda, 2023). A continuación, la Tabla 2 presenta las tarifas de ReSimple para envases de poliestireno (PS) para los años 2023 y 2024.

Tabla 2: Tarifas ReSimple para envases de PS.

Categoría	Subcategoría	Material	2023		2024	
			No Peligroso (UF/ton)	Peligroso (UF/ton)	No Peligroso (UF/ton)	Peligroso (UF/ton)
Domiciliario	Plástico (flexibles rígidos) y	Envase de PS que NO contiene sustancias con grasas	1,18	1,41	2,79	3,48
		Envase de PS que contiene sustancias con grasas				
		Envase de PS que contiene sustancias con grasas y envases de EPS				
No-Domiciliario (Industrial)	Plástico (flexibles rígidos) y	Envase de PS que NO contiene sustancias con grasas	0,11	0,14	0,27	0,36
		Envase de PS que contiene sustancias con grasas				
		Envase de PS que contiene sustancias con grasas y envases de EPS				

Fuente: Elaborado a partir del Tarifario de ReSimple (ReSimple, 2023)

Actualmente, el PS lleva asociada una penalización en su tarifa por ser considerado como no reciclable, teniendo este el valor máximo en el tarifario tanto para el año 2023 como para el año 2024. Al compararlo con otros materiales plásticos que si son considerados reciclables, como el PET, PE y PP, se observa que la tarifa es un 93% mayor con respecto a botellas PET (0,61 UF/ton), un 48% mayor que otros envases de PET (0,8 UF/ton) y un 66% mayor que envases de PE y PP (0,71 UF/ton).

Actualmente, el enfoque de ReSimple está en aquellos materiales que ya tienen un mercado de reciclaje establecido a nivel nacional, por lo cual no ha incluido al PS dentro del listado de materiales a separar a nivel domiciliario ni tampoco han licitado su recolección y valorización. A pesar de esto, igual han recibido volúmenes pequeños de envases de PS en los procesos de recolección, los cuales se están agrupando en pequeños fardos y se encuentran explorando posibles acciones futuras (Silva & Pereda, 2023).

Durante la entrevista realizada en el contexto de esta consultoría, ReSimple reconoció el interés de algunos socios para incorporar nuevos materiales, entre éstos el PS. No obstante, subrayaron la importancia de actuar de manera responsable al momento de calificar un material como reciclable (Silva & Pereda, 2023).

A partir de marzo del 2024, se iniciarán mesas de trabajo centradas en el ecodiseño y en el fomento de proyectos. Con este enfoque, la intención es explorar aquellas áreas donde no se ha trabajado hasta ahora. Por ejemplo, en el caso del PS, que ya existe una iniciativa abordándolo, la idea sería generar sinergia con la misma. Se espera que ésta y otras iniciativas impulsen la demanda de materiales como el PS (Silva & Pereda, 2023).

En relación con la capacidad para recibir PAI, ReSimple indica que están en condiciones de aceptarlo. Sin embargo, están a la espera de que otros actores, como COEXPAN, desarrollen el uso de este material reciclado. ReSimple es consciente de la necesidad de promover la recolección y valorización de otros materiales, que hoy en día no están incluidos en los materiales que están recogiendo, principalmente debido a que los envases plásticos que están recolectando actualmente no serán suficientes para alcanzar las metas en los próximos 2 o 3 años. ReSimple reconoce que este mercado es de rápida evolución y que existe la necesidad de adaptarse año a año para alcanzar las metas de recolección y valorización de residuos.

## GIRO

GIRO es el otro sistema colectivo de gestión de envases y embalajes domiciliarios y no-domiciliarios, para el correcto cumplimiento de la Ley REP en Chile<sup>5</sup>, el cual fue aprobado por el Tribunal de Defensa de la Libre Competencia (TDLC) en septiembre de 2022.

GIRO es una empresa internacional que cuenta con 7 años de experiencia, y opera dos sistemas de gestión de envases posconsumo, en Brasil y Francia, aparte del sistema nacional.

A febrero de 2024, declara contar con 209 socios (GIRO, 2024), dentro de los cuales se encuentran dos empresas que ponen en el mercado envases de yogur y postres de PAI: Cooperativa Agrícola y Lechera de la Unión Limitada (Colún) y Quillayes Surlat Comercial.

De acuerdo a lo establecido en el Plan de Gestión de GIRO, para el año 2023 tiene la obligación de recolectar y valorizar efectivamente 409 toneladas. Señalan también que, durante los primeros años de ejecución de la Ley, se prevé que aproximadamente el 50% del material proporcionado por los ciudadanos no será apto para reciclaje. Dado esto, GIRO se propuso la meta de recolectar más de 1.100 toneladas de envases en 2023, con el objetivo de cumplir con las metas de valorización efectiva correspondientes dicho período (GIRO, 2023).

Actualmente, el proceso de recolección de envases y embalajes de GIRO está en marcha, y considera los envases de PS. Además, GIRO ha llevado a cabo licitaciones dirigidas a valorizadores, las cuales también incluyen al PS. Sin embargo, GIRO indica que el procedimiento de valorización del PS será determinado por las propuestas recibidas de los valorizadores que participen, y que, en general, los sistemas de Gestión no tienen la libertad de elegir entre procesos de reciclaje mecánicos y químicos, ya que la elección del método de valorización se basa en la eficiencia de costos.

---

<sup>5</sup> Existe un tercer sistema de gestión, ProRep, el cual solo trabaja con envases no-domiciliarios.

A pesar de que no se pueda garantizar una cierta tecnología de reciclaje, GIRO enfatiza la importancia de asegurar la demanda de resina de PS reciclada y la cantidad valorizada a través de sus licitaciones (Ureta & García, 2023). La empresa también está considerando estrategias para fomentar la demanda de PS. Se espera que este impulso se inicie con las licitaciones en curso.

En cuanto a las tarifas, para el año 2024 GIRO ha establecido precios por subcategoría y materialidad. El detalle de las tarifas para plásticos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3: Tarifas GIRO para envases y embalajes plásticos.

Subcategoría	Materialidad	Tarifa Domiciliaria sin grasa (UF/ton)
Plástico	Bioplásticos	2,8
	Botellas PET	1,91
	Otros envases PET	1,96
	Plástico 7	2,8
	Flexibles	2,2
	Rígido	2,6

Fuente: Elaborado a partir del Tarifario de GIRO (GIRO, 2023)

Como se puede observar en la tabla anterior, no existe una diferenciación mayor en las tarifas por tipo de resina ni su potencial de reciclabilidad, solamente se observa un precio menor para el PET. En cuanto al PS, quedaría en la categoría de plástico rígido, con un precio de 2,6 UF por tonelada, menor que el precio asignado por el sistema de gestión ReSimple para el año 2024.

Durante la entrevista realizada se consultó respecto de la eco-modulación de las tarifas y se señaló que, en los próximos periodos, de no encontrarse un mercado final para el PS, su tarifa debiese ser más costosa. GIRO destaca que la demanda final de resina reciclada es de vital importancia en este proceso, de lo contrario el PS recolectado no podría ser valorizado. (Ureta & García, 2023).

## 2.1.2 Recolección y clasificación a través de instalaciones de recepción

La recolección desde instalaciones de recepción de residuos de envases y embalajes, previo a la entrada en vigencia de la Ley REP de envases y embalajes, ha sido la principal forma de recolección de estos materiales en el país. Estas instalaciones son comúnmente conocidas como “Puntos Limpios” y en el contexto de la Ley REP son designadas como instalaciones de recepción y almacenamiento (IRA), estableciéndose ciertas exigencias para su operación.

El D.S N° 12/2021 (Ministerio del Medio Ambiente, 2021), establece que los GRANSIC deberán instalar y operar, por medio de uno o más gestores instalaciones de recepción y almacenamiento de residuos de envases en las comunas que tengan una población corregida superior a 250.000 habitantes y, a contar del cuarto año, superior a 15.000 habitantes. La obligación anterior no será exigible en aquellas comunas que se encuentren cubiertas por sistemas de recolección domiciliaria.

Además, El D.S N° 12/2021 (Ministerio del Medio Ambiente, 2021), establece metas para aumentar la cobertura de recolección selectiva o “casa a casa”, pasando de un 10% de las viviendas en el año 2023, a un 80% en el año 2034 (año 12).

Respecto de la recolección de PAI desde puntos limpios o IRA, destaca las acciones efectuadas por la empresa TriCiclos, que es parte del Pacto Chileno de los Plásticos, antecedentes que se presentan a continuación.

## TriCiclos

La empresa TriCiclos, dentro de los productos y servicios que ofrece, cuenta con una red de puntos limpios en el país, con estaciones de entrega y clasificación de materiales reciclables.

Actualmente cuentan con una red de 34 puntos limpios activos, de los cuáles 19 recolectan PAI, los que se ubican desde Arica a Castro (TriCiclos, 2024), y varían a lo largo del tiempo, ya que la adjudicación de los sitios para los puntos limpios suele durar entre 1 a 3 años, siendo en algunos casos renovables, dependiendo del mandante (Rey P., 2023).

Respecto de la recolección de PAI. Triciclos efectuó un proyecto de piloto en colaboración con Nestlé, el que se inició el año 2016, y logró volúmenes relativamente bajos debido a la falta de un mercado consolidado. Dentro de los desafíos enfrentados en el desarrollo del piloto con Nestlé se encuentra la calidad del material recolectado, principalmente evidenciándose la presencia de contaminantes como otros plásticos y poliestireno expandido (Rey P., 2023).

Más adelante, desde diciembre de 2021, la iniciativa "Sonrisa Circular" de Soprole ha contado con la participación de Triciclos, y continúa hasta el día de hoy. La recolección se realiza a través de puntos limpios dispuestos a lo largo de Chile. A pesar de que se ha logrado valorizar el material, la sostenibilidad a largo plazo aún no se ha alcanzado (Rey P., 2023).

Triciclos ha experimentado un aumento gradual en la cantidad de PS recolectado a través de sus puntos limpios, pero todavía siguen siendo pequeñas cantidades. En cuanto al precio de compra del material, actualmente está entre \$50 y \$100 por kilogramo (Rey P., 2023).

Los principales desafíos que identifica la empresa son la insuficiencia de puntos de recolección y la falta de sistemas de recolección domiciliaria. Asimismo, se ha resaltado la importancia de la educación y comunicación para promover el reciclaje, así como la colaboración con empresas lácteas. Junto con lo anterior, se han visto enfrentados a desafíos asociados a la calidad del material, lo cual ha retardado el posible mercado final de PAI reciclado. Reconocen que este mercado también se ve limitado por aspectos regulatorios, principalmente asociados a la falta de una regulación robusta para el uso de material reciclado en envases en contacto con alimentos. Sin embargo, han logrado establecer colaboraciones con valorizadores que han permitido una valorización económica rentable del PAI, principalmente vinculada con la fabricación de bandejas logísticas para el traslado de productos, en el marco del programa Sonrisa Circular de Soprole (Rey P., 2023).

En términos de proyección, la empresa busca expandir su alcance y mejorar la comunicación para aumentar la participación del consumidor en la segregación y recolección de PAI. Se destaca la importancia de potenciar la colaboración con empresas que ponen envases de PAI en el mercado y la necesidad de integrar educación e infraestructura disponible. A pesar de los éxitos actuales, estos son de pequeño alcance, por lo cual se debe avanzar en abordar los desafíos antes mencionados, como la regulación de envases en contacto con alimentos, y en buscar una diversidad de valorizadores que cuenten con una demanda del mercado, para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de la cadena de valor del PAI (Rey P., 2023).

## 2.2 Acciones e iniciativas de reciclaje y/o valorización del PAI

Luego de la recolección y clasificación del PAI, se debe reciclar y/o valorizar esta resina. Según la Ley REP (Ministerio del Medio Ambiente, 2016), el reciclaje se define como el uso de un residuo como insumo o materia prima en un proceso productivo, incluyendo el co-procesamiento y compostaje, pero excluyendo la valorización energética. Por otro lado, la valorización se entiende como el conjunto de acciones destinadas a recuperar un residuo, uno o varios de los materiales que lo componen y/o su poder calorífico. Las operaciones de valorización incluyen la preparación para la reutilización, el reciclaje y la valorización energética.

En base al tipo de plástico, se han identificado principalmente dos enfoques posibles de reciclaje:

- Reciclaje Mecánico: Este método implica cambiar la fase del polímero sin alterar su estructura. Por ejemplo, en el caso del PS, el proceso de reciclaje mecánico resulta en el mismo PS.
- Reciclaje Químico: Este enfoque implica una modificación estructural a nivel molecular del polímero. En el caso del PS, el proceso comienza con PS pero resulta en una molécula nueva, obteniéndose estireno (monómero).

## Mesa Técnica del poliestireno, liderada por ASIPLA

El reciclaje y/o valorización del PAI fue abordado por la Mesa Técnica del poliestireno liderada por ASIPLA, la que se inició en el año 2019 y culminó su trabajo en 2023.

ASIPLA es la Asociación Gremial de Industriales del Plástico en Chile. Esta asociación representa a más de 90 empresas socias que abarcan toda la cadena de valor del plástico. ASIPLA, entre sus líneas de acción, impulsa la economía circular de los plásticos en Chile, potenciando la incorporación de resinas plásticas recicladas en actuales y nuevas aplicaciones. (Circula el Plástico, s.f.). Se destaca que ASIPLA es parte del Pacto Chileno de los Plásticos.

La Mesa Técnica del poliestireno, tuvo por objetivo general generar soluciones colaborativas entre los actores de la industria para buscar alternativas de valorización de envases de yogur fabricados en PAI. Contó con la colaboración del Pacto Chileno de los Plásticos, y en sus inicios, estaba compuesta por COEXPAN y Laben Chile, y posteriormente se unieron empresas de la industria láctea y otros socios como REPS (ex Reciclajes Cono Sur), Soprole, Watt's, Nestlé, Colún, Revalora, Aislapol, Desafío Ambiente, entre otros.

La Mesa tuvo un rol relevante en la habilitación y coordinación de los actores claves del sector para la búsqueda de la mejor alternativa de reciclaje del PAI, y representó un “paraguas” para abordar iniciativas de reciclaje a nivel nacional. Las iniciativas abordadas en la Mesa fueron principalmente tres: (i) “Proyecto estructura ABA o barrera funcional”, liderado por COEXPAN (ii) “FONDEF *Challenge test*”, liderado por Laben Chile y (iii) “Tecnología *super clean* (GNEUSS)”. Estas y otras iniciativas se detallan en los capítulos siguientes.

### 2.2.1 Proyecto estructura ABA o barrera funcional

Este proyecto está siendo liderado por COEXPAN, empresa que es parte del Pacto Chileno de los Plásticos.

La empresa COEXPAN es parte del grupo Lantero, en el cual se encuentran COEXPAN, Emsur, Lecagraphics y Estellaprint, siendo COEXPAN la única que posee funciones en Chile. COEXPAN se especializa en la fabricación de lámina plástica rígida y productos termoformados para la industria del packaging. Los principales clientes de COEXPAN son empresas lácteas y el 60% de su facturación mundial es de láminas Form, Fill & Seal – FFS (Formado, Llenado y Sellado). COEXPAN posee el centro de innovación (INNOTECH), donde se realizan las pruebas de validación de reciclabilidad y materialidades, poseen extrusora multicapa y termoformadora de FFS real de producción, solo falta la estación de llenado.

El proyecto de la estructura ABA, también conocido como barrera funcional, se centra en el uso de PAI reciclado en la capa intermedia de los envases de yogur. Los envases están conformados por tres capas termoformadas: dos capas exteriores “A” compuestas por PAI virgen, y una capa intermedia “B” compuesta por PAI reciclado (rPAI). De esta manera, se configura la denominada estructura ABA o barrera funcional. Se estima que aproximadamente el 30% del material total que conforma estos envases de yogur podría ser de PAI reciclado.

De forma resumida se presenta el proceso de formación de los envases plásticos para yogur con barrera funcional, a través de la utilización de dos máquinas principalmente, éstas son:

1. Multicapa: El primer paso para la formación de los envases de yogur es la creación del laminado multicapa, creado a través de la máquina que se muestra en la siguiente figura. Dependiendo de la cantidad de capa, es la cantidad de extrusores que se usan. Para el caso de la tricapa ABA se usarían 3 extrusores, esto con la intención de encapsular la capa del reciclaje. Esta máquina es capaz de producir estructuras rígidas y flexibles desde 40  $\mu$  a 1300  $\mu$  de espesor y capaz de producir todos los materiales del mercado. (COEXPAN, 2023)

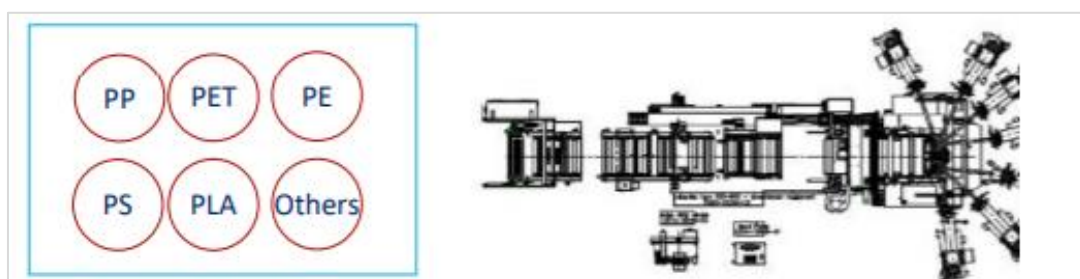


Figura 1: Máquina extrusora que posee Coexpan.

Fuente: Presentación sesión Comité Técnico Circula el Plástico, enero 2023. (COEXPAN, 2023)

2. Líneas de envasado FFS: Posteriormente, la lámina multicapa se incorpora en la línea de termoformado y caracterización de vasos, donde actualmente se llevan a cabo las primeras pruebas con los envases. COEXPAN utiliza esta máquina exclusivamente para los ensayos iniciales, ya que, por lo general, el termoformado de los envases se realiza en las instalaciones de las empresas lácteas. Es importante destacar que esta máquina coincide con la utilizada por las principales empresas a nivel mundial en el mercado de productos lácteos. (COEXPAN, 2023)



Figura 2: Línea de Termoformado de FFS de COEXPAN.

Fuente: Presentación sesión Comité Técnico Circula el Plástico, enero 2023. (COEXPAN, 2023)

El material de PAI reciclado utilizado en la capa "B" actualmente es de origen postindustrial, el que correspondería principalmente a los envases descartados sin contaminantes, obtenido por mal formación, las estrellas y las tiras sobrantes.



Figura 3: Detalle de material a ser reciclado del proceso posindustrial.

Fuente: Presentación sesión Comité Técnico Circula el Plástico, enero 2023. (COEXPAN, 2023)

El Scrap considerado como “Descarte I” en la siguiente figura, corresponde a los residuos derivados del proceso productivo, que no ha estado en contacto con material orgánico, que sale de las empresas lácteas. Para lograr reciclar este material se espera que cada empresa láctea realice un acuerdo con REPS (Ex Reciclajes Cono Sur), para que este realice el proceso de reciclaje del material.

El material posconsumo domiciliario no se incluye en esta iniciativa debido a las dificultades asociadas con su recolección y a la contaminación presente en este tipo de desechos. Sumado a lo anterior, para su adecuado lavado, se requeriría de una planta de tratamiento de RILES.

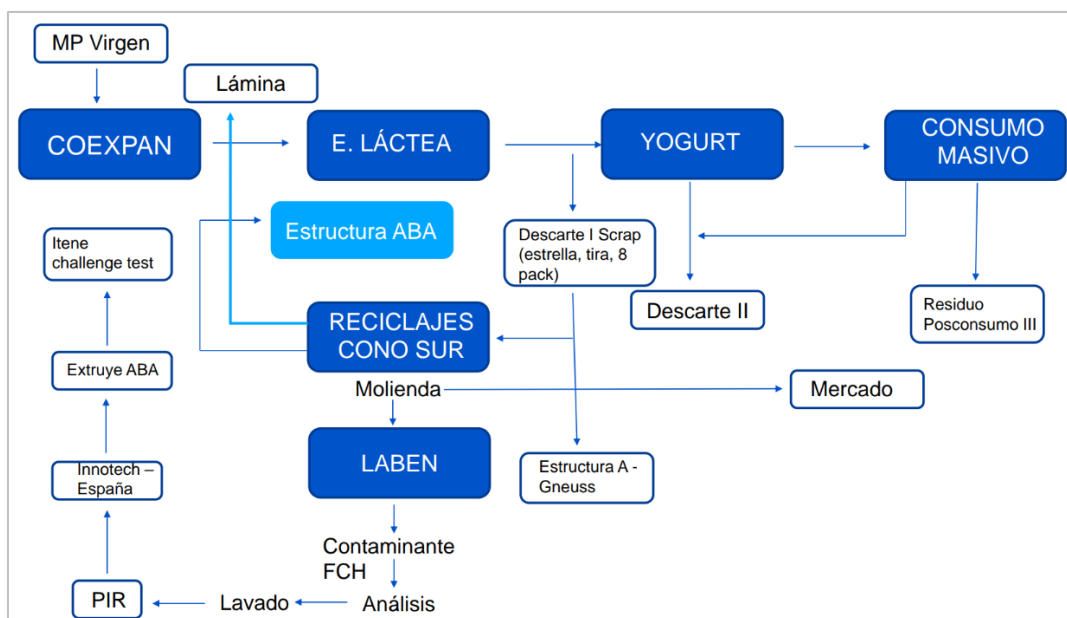


Figura 4: Esquema de ASIPLA, Proyecto estructura ABA en Chile.

Fuente: Presentación sesión Comité Técnico Circula el Plástico, enero 2023. (COEXPAN, 2023)

REPS (Ex Reciclajes Cono Sur), es una empresa que se dedica al reciclaje de residuos no peligrosos. REPS se especializa en el reciclaje mecánico del envase de yogur, tal y como está en el mercado, con el decorado de papel que envuelve el envase y la tapa aluminizada. Recibe el residuo post industrial de casi todas las lácteas, que consiste en los set-ups de los equipos envasadores, generando envases termoformados con etiqueta y tapa, pero sin producto, así como despuntes en el troquelado de los envases. Estos residuos son valorizados en la planta (CENEM, 2022). El material se comercializa y, en el caso del PAI, se suministra a varios proveedores en todo el país. Estos proveedores utilizan el material para la producción de diversos productos, como platos y cubiertos de PAI, llantas de carretillas, y recubrimientos de PAI destinados a aplicaciones en construcción, entre otros. Además, la empresa lleva a cabo exportaciones a través de intermediarios, ya que la comercialización a nivel nacional no abarca todo el material reciclado (Pérez G., 2023).

En cuanto a la regulación internacional, cabe señalar que para países pertenecientes a la Unión Europea, el uso de plástico reciclado detrás de una barrera funcional queda bajo el reglamento (UE) 2022/1616 como tecnología novedosa, es decir dentro de las tecnologías de reciclado para las cuales no se dispone de base suficiente para garantizar si el material que se quiere usar en un futuro envase es apto para uso alimentario. Con el objetivo de recabar evidencias que demuestren que son apropiadas, la Comisión Europea permitirá que se mantengan con ese estatus durante algún tiempo hasta que puedan catalogarse como adecuadas. No obstante, este reglamento establece que el desarrollador de una tecnología novedosa deberá contar con estudios que validen el cumplimiento con el principio de seguridad alimentaria del plástico para packaging reciclado obtenido. De este modo:

- El plástico reciclado obtenido podrá ponerse en el mercado de la Unión Europea durante cierto tiempo (al menos 2 años) sin que tales tecnologías cuenten con la evaluación definitiva de Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (*European Food Safety Authority*, EFSA).
- Se deberán realizar pruebas y estudios científicos que demuestren que la tecnología novedosa puede fabricar objetos y materiales de plástico reciclado seguros para el consumidor, conforme al artículo 3 del Reglamento (CE) N° 1935/2004<sup>6</sup>.

COEXPAN España es una de las entidades que se encuentra validando la tecnología de barrera funcional o capa ABA a través del procedimiento especificado en el reglamento (UE) 2022/1616.

En Chile, COEXPAN ya está avanzando hacia la implementación del proyecto, estableciendo acuerdos con clientes. Sin embargo, identifican la recogida selectiva como un desafío clave, especialmente para el post consumo. La implementación de la tecnología en el mercado requiere coordinación con empresas lácteas y sistemas de gestión (Miquel & Fernández, 2023).

---

<sup>6</sup> Reglamento (CE) n° 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las Directivas 80/590/CEE y 89/109/CEE.

La empresa destaca la importancia de la legislación y los esfuerzos de las marcas para reducir la huella de carbono como impulsores del reciclaje. La tecnología ABA se percibe como suficiente si el volumen de mercado no es alto. La recolección efectiva de PAI post consumo y la disposición adecuada de residuos son áreas críticas por abordar para lograr el éxito de la iniciativa a escala nacional. (José Fernández, 2023).

## Ventajas y desventajas

### Ventajas:

- Permite incorporar PAI reciclado en nuevos envases de yogur y postres, con al menos un de 30% de PAI reciclado.
- Ya probado en Chile con PA reciclado proveniente de residuos de envases posindustriales.
- Ya se cuenta en Chile con las maquinarias para implementarlo.
- Potencial de escalabilidad y menor costo de inversión en comparación con otras alternativas.
- Tiene huella de carbono menor que el reciclaje químico.

### Desventajas:

- Actualmente no se cuenta con la aprobación definitiva de EFSA en Europa para esta tecnología, sin embargo se encuentra en una etapa avanzada en el proceso de evaluación y con envases que ya se están comercializando en el mercado europeo.
- Para garantizar inocuidad, el proyecto podría enfrentar limitaciones si es necesario incorporar una cantidad mayor de 30% de PAI reciclado en los envases. Otros métodos o tecnologías pueden ser requeridos para alcanzar un porcentaje mayor.
- Actualmente no se cuenta con una regulación robusta en Chile que sustente el uso de plástico en envases en contacto con alimentos, incluyendo plástico reciclado.

## 2.2.2 FONDEF Challenge test

El proyecto “FONDEF Challenge test - Código ID 21110260: Aplicación del modelo de economía circular para la industria láctea: desarrollo de envases para alimentos a partir de poliestireno reciclado”, es liderado por Laben Chile.

Laben Chile es el Centro de Innovación de Envases y Embalajes de la Universidad de Santiago de Chile. Es una entidad sin fines de lucro con más de 23 años de trayectoria en servicios especializados para la industria de envases y embalajes. Cuenta con un equipo técnico y científico, respaldado por equipamiento avanzado, enfoca su labor en el avance hacia una economía circular. Su actividad engloba desarrollos en el ámbito de envases activos e inteligentes, creación de nuevos materiales, sistemas de envasado innovadores, análisis predictivos de la vida útil de alimentos, así como la evaluación de la seguridad de envases y alimentos. Se destaca que Laben Chile es parte del Pacto Chileno de los Plásticos.

El proyecto tiene por objetivo llevar a cabo pruebas para evaluar la seguridad y viabilidad del uso de material reciclado en envases de yogur, con especial atención a la interacción con contaminantes específicos. Para financiar este proyecto, Laben Chile presentó dos solicitudes a FONDEF y finalmente obtuvo la aprobación para realizar las pruebas. El proyecto se inició en el año 2021, donde también participaron COEXPAN, REPS, y ASIPLA. El propósito específico del proyecto era determinar el porcentaje de contaminantes residuales tras el proceso de lavado de PAI reciclado, el cual integra la capa intermedia de la estructura ABA.

Para ello, se lleva a cabo una contaminación intencional del material posindustrial con cuatro contaminantes especificados por La Administración de Alimentos y Medicamentos (*Food and Drug Administration*, FDA) de los EE. UU. (con características volátiles y no volátiles), con el fin de realizar los *challenge test* en un material que simula el residuo posconsumo domiciliario. Estos contaminantes son introducidos en el proceso de reciclaje mecánico, seguido de la etapa de lavado. Se ejecutan las pruebas conforme a los protocolos de contaminación establecidos por el centro de investigación Fraunhofer y los protocolos propios de las empresas internacionales como GNEUSS y Next Generation Group (NGR) (COEXPAN, 2023).

Tabla 4: Contaminantes utilizados según la FDA.

Contaminante	Concentración (mg/kg PCPS)
Clorobenceno	645,17
Tolueno	353,3
Benzofenona	875,34
Fenilciclohexano	550,84

Fuente: Presentación sesión Comité Técnico Circula el Plástico, enero 2023. (COEXPAN, 2023)

Los resultados del *challenge test* indican que se logra eliminar un 95% de los contaminantes presentes inicialmente en el material, quedando solamente un 5% restante. Para mitigar este porcentaje de contaminantes es que se utiliza el PAI reciclado como capa intermedia (estructura ABA), evitando así migraciones hacia el contenido (yogur).

En cuanto al resultado del *challenge test* de migraciones en la estructura ABA, fue positivo, confirmando la ausencia de migraciones de contaminantes desde la estructura hacia el alimento. Este resultado positivo respalda la viabilidad del uso del material reciclado en términos de seguridad alimentaria.

El procedimiento de reciclaje incluyó la elaboración de láminas de prueba con estructura ABA realizadas por COEXPAN. En la actualidad, el proyecto está en la etapa de desarrollo de pruebas piloto con empresas lácteas, que consisten en la fabricación de envases de yogur utilizando estas láminas y su posterior implementación en sus productos. Este paso crucial se financiará a través de un programa de Retos de Innovación de CORFO que dura 18 meses, siendo la duración estimada del proceso de prueba de los envases es de alrededor de 4 meses. Se planea trabajar con diferentes empresas a lo largo de este periodo, comenzando en febrero de 2024.

En términos de garantías, de acuerdo a lo señalado por Laben Chile en la entrevista realizada en el marco de la presente consultoría, se puede asegurar la viabilidad del reciclaje tanto con material posconsumo domiciliario como postindustrial. Esta solución debiese ser suficiente en el corto plazo, con los volúmenes de material que será posible recolectar, y, en caso de que se requiera, se podría incrementar el porcentaje de material reciclado de la capa intermedia o capa B y reducir el espesor de las capas A, compuestas de material virgen (Galotto M., 2023).

## Ventajas y desventajas

### Ventajas:

- Con el *Challenge test* se comprobó la seguridad del uso de material reciclado en los envases al demostrar la ausencia de migraciones de contaminantes hacia el alimento.
- Ya probado con PAI reciclado proveniente de residuos de envases posindustriales, con una contaminación intencional incluso superior a la de un material posconsumo real
- Posibilidad de eliminar el 95% de los contaminantes del material reciclado, lo que indica un alto grado de limpieza y descontaminación.

### Desventajas:

- No se cuenta con pruebas con material posconsumo domiciliario, lo que genera dudas entre algunas de las empresas lácteas en cuanto a la aplicabilidad real de esta tecnología con dicho material.
- Actualmente no se cuenta con una regulación robusta en Chile que sustente el uso de plástico en envases en contacto con alimentos, incluyendo plástico reciclado.

### 2.2.3 Tecnología *super clean* (GNEUSS)

GNEUSS, es un proveedor Alemán de la tecnología *super clean*, que permite descontaminar el PS ya sea de origen posindustrial o posconsumo domiciliario, al nivel necesario para que éste pueda entrar nuevamente en contacto con alimentos. Esta tecnología está principalmente basada en la purificación de masas, tanto para compuestos sólidos como volátiles. El resultado es la obtención de una lámina monocapa “descontaminada” para ser utilizada directamente en envases en contacto con alimentos, la cual no limita la cantidad de material reciclado a utilizar (hasta 100%), además está aprobada por la FDA de Estados Unidos y EFSA de Europa para ser utilizada como monocapa en contacto directo con alimentos. Se entrega mayor detalle sobre el funcionamiento de esta tecnología en el Capítulo 3 de este informe.

Dentro de las tecnologías probadas por COEXPAN en Chile, se encuentra la de descontaminación *super clean* de GNEUSS. Para esto se utilizó material post industrial en flakes de empresas lácteas chilenas, el que fue previamente lavado, y enviado luego a Alemania para la realización de las pruebas, en las que estuvo presente COEXPAN. Estas consistieron en realizar una extrusión monocapa con esta tecnología de descontaminación y posterior termoformado FFS, junto con un análisis posterior para su caracterización. Los resultados dieron cuenta de que este material se comporta igual que un material virgen desde el punto de vista mecánico. Además, para complementar estas pruebas, se trajeron a Chile las láminas del PAI obtenidas mediante esta tecnología, para que las empresas lácteas chilenas realizaran las pruebas de comportamiento mecánico y migración en sus plantas.

### Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Permite utilizar hasta 100% de material reciclado en nuevos envases, con el uso de material descontaminado en contacto directo con alimentos.
- Permite obtener una monocapa con material reciclado, lo cual facilita los procesos de fabricación y genera menores costos de operación.
- Se estima que PAI reciclado con esta tecnología es menor al costo que el PAI virgen.
- Tiene una huella de carbono menor que el reciclaje químico.

Desventajas:

- Inversión inicial: Esta tecnología requiere de una alta inversión inicial. Sin embargo, es menor en comparación a la requerida para el reciclaje químico.
- A pesar de que la tecnología tiene potencial, puede no ser rentable debido a los bajos volúmenes de PAI recolectados actualmente en Chile.
- Actualmente no se cuenta con una regulación robusta en Chile que sustente el uso de plástico en envases en contacto con alimentos, incluyendo plástico reciclado.

## 2.2.4 FONDEF reciclaje químico

El proyecto “FONDEF Reciclaje químico - Código IT20I0028: Reciclaje químico de residuos de poliestireno para obtención de estireno y su incorporación a una economía circular”, tiene por objetivo “Desarrollar y validar a escala de laboratorio y piloto una tecnología de pirólisis catalítica de residuos de envases y embalajes de poliestireno para la obtención de monómero estireno, el cual podrá ser utilizado como materia prima en la síntesis de resinas de poliéster insaturado obtenidas desde residuos de PET”.

El proyecto cuenta con la participación de miembros del Laboratorio de Ingeniería de Polímeros de la Universidad de Chile, bajo la dirección del profesor Humberto Palza y la colaboración del profesor Francisco Gracia, quien lidera el Departamento de Ingeniería Química, Biotecnología y Materiales de la misma Universidad. Además, se ha establecido una colaboración con la empresa COEXPAN, dedicada a la fabricación de láminas de plástico rígido y productos termoformados, y el Centro de Envases y Embalajes (CENEM), entidad que desempeña un papel esencial en este esfuerzo al abordar, investigar y estudiar problemas relacionados con la funcionalidad del *packaging* (Universidad de Chile, 2023).

CENEM es el Centro de Envases y Embalajes de Chile, una corporación técnica que reúne a la industria de envases, embalajes y su cadena de valor. CENEM trabaja en forma permanente para difundir conocimiento, desarrollar y apoyar al sector de envases, embalajes y su cadena de valor a enfrentar los desafíos del mundo actual, cada vez más regulado y con mayor competitividad. La corporación cuenta con más de 28 años de experiencia y representa a más de 125 empresas y profesionales asociados. Además, CENEM ha establecido 20 alianzas estratégicas con instituciones y organizaciones para fortalecer, vincular y apoyar a la industria del *packaging*. (Centro de Envases y Embalajes, s.f.). Se destaca que CENEM es parte del Pacto Chileno de los Plásticos.

Este proyecto forma parte de una serie de investigaciones de tecnologías innovadoras de reciclaje que está efectuando el Laboratorio de Ingeniería de Polímeros de la Universidad de Chile, que incluye a distintos polímeros, como PP, PE, PET, PS y caucho. En el caso del PAI, se presenta una oportunidad única para el reciclaje químico de este plástico, principalmente asociado a cómo se comporta el Poliestireno en general frente a la pirólisis<sup>7</sup>, cuya tecnología (reactor de pirólisis) es una tecnología madura (Palza H., 2022).

El PS es el único plástico que, al someterse a pirólisis, retorna a su materia prima fundamental, es decir, el estireno, con una eficiencia de alrededor del 70-75%, lo cual significa que, de cada 100 gramos de PS, se pueden obtener entre 70 y 75 gramos de estireno. Sin embargo, el estireno que se obtiene no es 100% puro, sino que es lo que se conoce como un “condensable”, el cual está compuesto aproximadamente de 85% de estireno y de un 15% de otras moléculas (oligómero y otros compuestos como tolueno) (Palza H., 2022).

---

<sup>7</sup>Pirólisis: ruptura térmica de un compuesto (despolimerización para plásticos) en ausencia total o parcial de aire.

El proyecto considera el uso del estireno obtenido del PAI en el proceso de reciclaje químico del PET. La idea es procesar los residuos de PAI y PET por separado mediante reciclaje químico para obtener una nueva resina con valor comercial. Esta resina resultante tiene el potencial de ser utilizada para fabricar diversos productos basados en fibra de vidrio (Palza H., 2022).

En la Figura 5 a continuación se presenta un resumen de la solución propuesta.

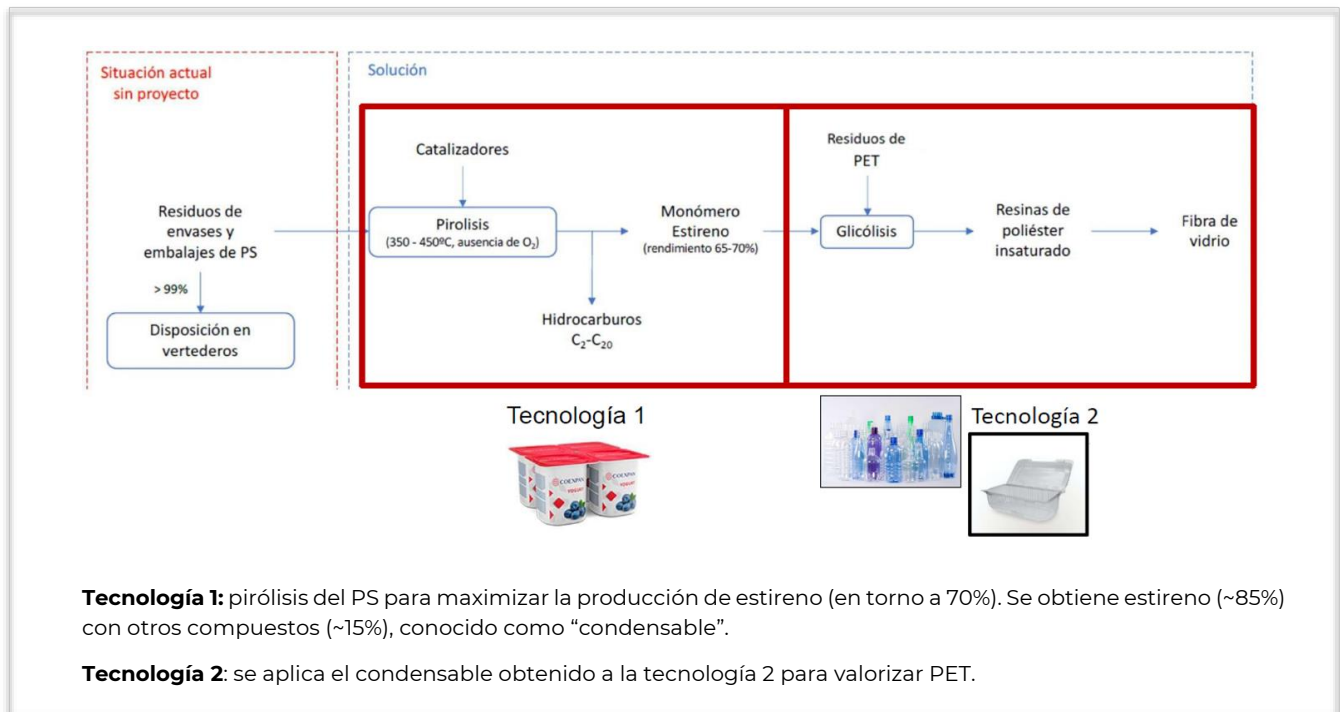


Figura 5: Reciclaje de PAI en el proceso de reciclaje químico del PET

Fuente: Presentación Comité Técnico Circula el Plástico (Palza H., 2022)

En la Figura 6 a continuación se presenta un resumen con los hitos y resultados del proyecto.

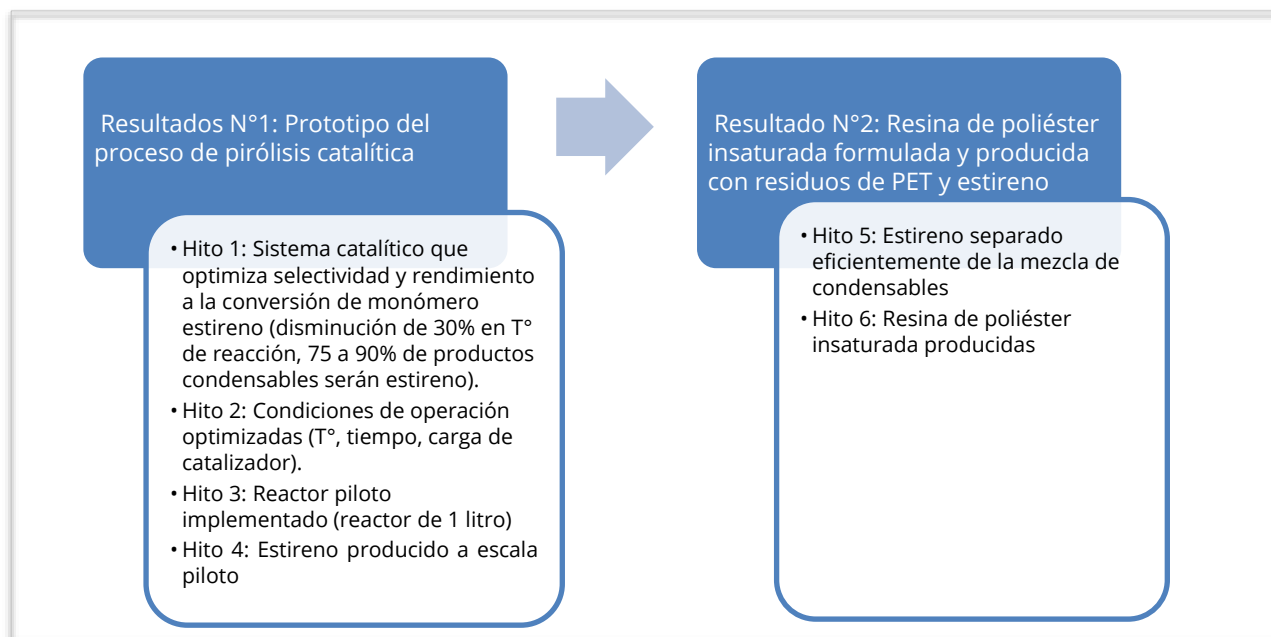


Figura 6: Hitos y resultados del proyecto.

Fuente: Elaboración propia basado en Presentación Comité Técnico Circula el Plástico (Palza H., 2022)

La meta final inicial del proyecto era obtener fibra de vidrio con un desempeño similar al alcanzado con estireno puro, en una escala semi-piloto. En julio de 2023 se culminó un prototipo mínimamente viable para la producción de fibra de vidrio empleando el PS reciclado. De esta forma se comprobó que es posible obtener fibra de vidrio con características similares a las de este material virgen. Actualmente, el proyecto está en fase de escalamiento de la tecnología (hito 3, ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), para aumentar su capacidad de producción de 100 ml a 1.000 ml (un litro) de estireno mediante pirólisis, lo que representa un aumento de diez veces la capacidad actual (Palza H., 2022).

Se han realizado algunos análisis sobre las cantidades de PS y PET que se generan en Chile y, en función de los requerimientos para procesar PET, se está explorando la posibilidad de que esta sea una tecnología escalable y económicamente viable a nivel nacional. Para PET, un estudio económico realizado ha demostrado un resultado positivo, lo que ha permitido el progreso hacia la experimentación con un reactor de 100 litros en la actualidad. En la evaluación preliminar, los cálculos arrojan resultados favorables: aunque los márgenes de ganancia no son significativos, si proporcionan números positivos (Palza H., 2022).

Es importante mencionar que la producción de PET es considerablemente mayor que la de fibra de vidrio en el país, por lo cual no se pretende que esta tecnología maneje químicamente toda la demanda de PET en el mercado, ya que las cifras no serían económicamente viables en ese escenario.

En cuanto a la cantidad de PS necesaria para el procesamiento del PET, es decir, el requerimiento de insumo de PS, el cálculo preliminar indica que por cada kilo de PET procesado se necesitan 0,93 litros de estireno. Y para obtener 1 litro de estireno se deben pirolizar 1,25 kg de PS (según resultados del piloto). Y, por cada kg de PET procesado se espera obtener aprox. 3,4 litros de resina (Palza H., 2022).

## Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Alta eficiencia de obtención de estireno a partir de PS sometido a pirólisis (eficiencia de alrededor del 70-75%), permitiendo que la mayoría del material original de PS se pueda reciclar.
- Permite la producción de un nuevo producto comercializable y con alta demanda (fibra de vidrio) a partir del reciclaje químico del PS y PET.
- Probado a una escala semi-piloto.
- Potencial de escalabilidad y viabilidad técnica-económica.

Desventajas:

- Falta de pruebas y experimentación a mayor escala, requiriéndose más financiamiento y tiempo para efectuarlas.
- Falta de análisis técnico-económico robusto que permita confirmar su viabilidad de implementación en Chile a escala industrial.
- Alta inversión inicial para la implementación de plantas de pirólisis y reciclaje químico.

## 2.3 Principales empresas lácteas nacionales y sus acciones asociadas

Los principales marcas o productores que ponen envases de PAI de yogur o postre en el mercado chileno son las empresas lácteas. Este mercado está predominado por grandes compañías lácteas que presentan sus productos en varios formatos, incluyendo potes, bolsas y botellas. Además, existe una creciente tendencia a vender yogures en paquetes, agrupados en cantidades de 8, 12 y 16 unidades con diferentes sabores (DPC Latam, 2019).

Los principales productores de envases de yogur y postres de PAI en Chile son las empresas Soprole, Nestlé, Colún, Quillayes-Surlat, y Watts.

A continuación, se detalla información sobre las acciones e iniciativas que están realizando las dos empresas lácteas que forman parte del Pacto Chileno de los Plásticos, Soprole y Nestlé, a las cuales se realizó una entrevista para conocer sus avances en el reciclaje del PAI y su visión del futuro de este material. Además, se incorpora información de otras empresas lácteas, la que fue obtenida a partir de información pública.

## 2.3.1 Empresas lácteas que forman parte del PCP

### Soprole

Soprole es un actor principal en el mercado de lácteos en Chile desde su fundación en 1949. Comenzó sus operaciones con la fabricación y distribución de leche pasteurizada, queso fresco y mantequilla, convirtiéndose en pionero en el lanzamiento del primer yogur envasado en Chile en un formato individual de vidrio en 1970 y posteriormente incorporando postres (Soprole, 2023).

Es de destacar el reciente desarrollo de su programa Soprole Sonrisa Circular en 2021, el que busca el reciclaje de potes de yogur y postres de PAI de cualquier marca (Soprole, 2023). Para Soprole, la sostenibilidad es un componente esencial de sus operaciones, trabajando para transformarse en una empresa sostenible para las comunidades y el entorno en el que opera, con un enfoque particular en la sostenibilidad de sus envases (Soprole, 2023).

### Programa Sonrisa Circular – Soprole

Soprole en diciembre de 2021 inicia el Programa Sonrisa Circular, con el objetivo de ser una solución integral al reciclaje de los envases de yogur y postres (PAI). Busca poder reciclar y valorizar estos envases que terminan principalmente en sitios de disposición final. El programa se basa en tres pilares (Lozier F., 2022):

1. Más envases reciclables, buscando que el 100% de sus envases sean reciclables, reutilizables o compostables al 2030;
2. Alternativas de reciclaje, incluyendo contar con puntos limpios que recolecten PAI;
3. Compromiso circular.

Para lograr lo planteado, Soprole realizó alianzas con TriCiclos, Recológico, Consultora Thinking, EcoFibras y Logipak para el reciclaje del PAI.

En base a la entrevista realizada a Soprole en el marco de la presente consultoría, el programa Sonrisa Circular, ha incluido el desarrollo de las siguientes acciones (Lozier F. y Garín G., 2023):

- Puntos de Recolección: A través del Programa Sonrisa Circular, existen a la fecha 19 contenedores de PAI que se encuentran activos en puntos de recolección accesibles al público, desde Arica hasta Chiloé. Además, se han implementado 500 contenedores en escuelas, de acceso a los alumnos. Además, las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins cuentan con un servicio de recolección gratuito por parte del socio Recológico.
- Eliminación de decorado: Tras conversaciones con las empresas de valorización Desafío Ambiente y EcoFibras, se confirmó que para valorizar estos envases no es necesario quitar decorado (restos de tapa y etiqueta) de los envases.

- Valorización: los envases de PAI se están destinando a la fabricación de mobiliario urbano con maderas plásticas (realizado en conjunto con Desafío Ambiente) y el uso en bandejas logísticas de Soprole (realizado en conjunto con Ecofibras, Logipak y Consultora Thinking). Además, se están explorando otras alternativas.
- Comunicación: Se ha añadido información en la parte posterior de los productos sobre cómo reciclar adecuadamente.

Durante el 2023 el Programa Soprole Sonrisa Circular recicló envases de yogur y postres de PAI que fueron utilizados para la fabricación de ecomadera, con la cual se ha fabricado mobiliario urbano para diversas plazas públicas ubicados en barrios donde Soprole tiene operaciones activas, incluyendo: (1) Mobiliario de picnic en Parque García de la Huerta, San Bernardo, Santiago; (2) Plaza con juegos infantiles en Renca, Santiago; (3) Jardineras en plaza Francke en la comuna de Los Lagos, Osorno; (4) Juegos infantiles en plaza de Osorno; y (5) Juegos Infantiles en plaza de la comuna de Los Lagos, Osorno, entre otros (Soprole, 2024) (Lozier F. y Garín G., 2023).

Los envases de PAI se redirigen al valorizador Ecofibras, donde se transforman en pequeños fragmentos denominados "flakes". Estos son enviados posteriormente al proveedor Logipak para fabricar las bandejas de plástico que Soprole utiliza para distribuir sus productos. Tras su empleo, los comercios devuelven las bandejas a Soprole para su reutilización. Aquellas bandejas que sufren daño se reintroducen en el ciclo productivo para la confección de nuevas unidades (Lozier F. y Garín G., 2023).

Durante el mes de diciembre, un volumen significativo de estas bandejas recicladas entró en el mercado para su rotación. Con base en este volumen, se ha verificado su durabilidad y resistencia, comparable con bandejas de material virgen convencionales (Lozier F. y Garín G., 2023).

Se señala que para que este proyecto sea considerado exitoso, debe demostrar su eficacia no solo en términos de sostenibilidad circular, sino también en términos financieros. Las bandejas deben ser económicamente viables a lo largo de su ciclo de vida, desde su fabricación hasta su reciclaje, asegurando así la rentabilidad del proyecto (Lozier F. y Garín G., 2023).

Mensualmente se recolecta el PAI post consumo desde los puntos limpios, recolección domiciliaria y recolección en colegios, material que es destinado a la fabricación de bandejas. Se destaca que Soprole tiene la capacidad de fabricar bandejas utilizando parte del material que ponen en el mercado. Dado lo antes mencionado, la oportunidad de crecimiento es considerable, sin embargo, es limitada. Por esto, se continúan buscando soluciones complementarias de largo plazo, en donde, con un enfoque alineado con otras empresas lácteas, se logre contar con una mayor demanda final de los envases de yogur puestos en el mercado (Lozier F. y Garín G., 2023).

Como aspectos destacados del Programa Sonrisa Circular de Soprole, se identifican los siguientes:

- Los envases de PAI se están empleando en la fabricación de mobiliario urbano y bandejas de despacho para Soprole, creando productos útiles y viables económicamente.
- Soprole ha adoptado estrategias efectivas de comunicación para educar a los consumidores sobre cómo reciclar de manera adecuada los envases de yogur.
- Se han instalado contenedores de recolección en locaciones públicas y escuelas, y se ofrece un servicio de recolección gratuito en tres regiones.

Como desafíos a tener presentes para el futuro, tanto de este Programa como de cualquier iniciativa que apunte a la reciclabilidad del PAI a escala y en el largo plazo en Chile, se identifican los siguientes:

- El potencial de crecimiento de las soluciones de valorización actuales es limitado, por lo que se necesitan soluciones complementarias adicionales a largo plazo.
- A pesar de que se fabrican productos útiles, como bandejas y mobiliario, estas soluciones corresponden a productos distintos de un envase.

## Nestlé

Nestlé es una compañía de alimentos y bebidas de origen suizo con una presencia considerable en el mercado global. Esta entidad opera en 186 países y ofrece más de 2.000 marcas, incluyendo productos lácteos, con varias presentaciones de envases (Nestlé, 2022).

En términos de sostenibilidad, Nestlé se ha propuesto que todos sus envases sean reciclables o reutilizables para 2025. En 2021, la compañía logró reducir el uso futuro de materiales de envase y embalaje en sus fábricas en 900 toneladas. Se informó que el plástico representaba una de las mayores reducciones, con 126 toneladas anuales (Nestlé, 2022).

La visión de Nestlé internacional es que *“Ninguno de nuestros envases, incluidos los plásticos, termine en vertederos o como basura.”* Y se enfoca en 3 de los 4 compromisos del Pacto Chileno de los Plásticos, éstos son:

- Tomar acciones para reducir los envases y productos plásticos innecesarios a través del rediseño, la innovación o modelos de entrega alternativos.
- Al 2025 un 95% de envases y embalajes plásticos deben ser diseñados para ser reciclados y continuar trabajando para que sea 100% reciclable o reutilizable.
- Al 2025 reducir el uso de plástico virgen en 1/3 respecto a 2018

Nestlé busca desarrollar empaques avanzados e implementar cambios en su actual portafolio de envases y respalda la infraestructura de reciclaje como parte de sus estrategias de sostenibilidad (Nestlé, 2022).

## Iniciativas de Nestlé

En cuanto a la circularidad del PAI, Nestlé comenzó tomando medidas como la introducción de etiquetas desprendibles en 2019, en el marco de la iniciativa piloto de recolección y clasificación conjunta con TriCiclos. Sin embargo, debido a las dificultades en lograr cerrar el ciclo de reciclabilidad del PAI, no se continuó con dicho proyecto de recolección y clasificación (Guarda G. & Retamales S., 2023)

La empresa Nestlé en Chile ha implementado una estrategia de *packaging* con cinco pilares, destacando la reducción de plástico virgen, el diseño para reciclaje y sistemas de *refill*. La empresa ha establecido una "lista negativa" para ciertos materiales, los que han sido definidos por un grupo técnico mundial, y para los cuáles se deben buscar alternativas de reemplazo. Actualmente, Nestlé identifica seis tipos de plásticos no reciclables o difíciles de reciclar, los que evitará utilizar en los envases de nuevos productos y se comenzarán a eliminar tanto en los envases existentes como en los envoltorios, los cuales son: el cloruro de polivinilo (PVC), el cloruro de polivinilideno (PVDC), el PAI, el PS expandido (EPS), la celulosa regenerada y las combinaciones de plástico/papeles no reciclables (Guarda, G., 2022).

Nestlé está siguiendo los siguientes lineamientos y estrategias respecto del PAI de envases de helados, yogur y postres (Guarda, G., 2022) (Guarda G. & Retamales S., 2023):

- Helados: estrategias de cambio de PAI a PP. A la fecha ya se realizó el recambio de envases de PAI a otros materiales, por ejemplo, el envase (vaso) helado "Crazy" a PET y el "Chamonix 2.5" a PP.
- Yogur y postres: evaluación de estrategias de sustitución PAI.

Se mencionan dificultades adicionales asociadas a la recolección y clasificación del PAI, y su complejidad para ser reciclado en Chile, lo que implica que no tengan el sello "elijo reciclar"<sup>8</sup>. Se destaca la importancia de mejorar la cadena de valor completa. La viabilidad de reciclar el PAI se ve desde Nestlé condicionada por lo anterior y también por la mejora de la regulación de material reciclado en envases en contacto con alimentos (Guarda G. & Retamales S., 2023).

La empresa valora positivamente el proyecto barrera funcional o estructura ABA en el marco de la mesa de ASIPLA, aunque señala que la falta de pruebas con material posconsumo domiciliario hace que ésta aún no pueda ser considerada como una alternativa de reciclaje viable. Sin embargo, destacan la importancia de participar como empresa láctea de iniciativas que aborden estos problemas. Nestlé aboga por una filosofía de colaboración en la industria para abordar los desafíos asociados a la reciclabilidad del PAI (Guarda G. & Retamales S., 2023).

### 2.3.2 Otras empresas lácteas presentes en el mercado nacional

---

<sup>8</sup> Sello "ElijoReciclar" se generó en el marco del Acuerdo de Producción Limpia (APL) de Ecoetiquetado para facilitar la identificación de envases reciclables. Más información: <https://elijoreciclar.mma.gob.cl/>

Entre los principales productores de envases de yogur y postres de PAI en Chile se encuentran las empresas Colún, Quillayes-Surlat, y Watts, para las cuales se presentan antecedentes obtenidos a partir de la revisión de información pública.

## Colún

Colún fue fundada en 1949 cuando 70 productores decidieron unirse para agrupar su producción lechera y elaborar productos lácteos. La cooperativa ha logrado una expansión significativa, contando con presencia en todo Chile, gracias a la demanda creciente de leche y sus derivados.

En 2003, la cooperativa incursionó por primera vez en el mercado de productos lácteos frescos, también conocidos como de corta vida útil, lanzando a nivel nacional yogures y quesillos.

En relación con la sostenibilidad y el manejo de envases, Colún logró obtener los sellos de "Cero Residuos a Relleno Sanitario" del Ministerio del Medio Ambiente de Chile. Además, la empresa se ha adherido voluntariamente a iniciativas que promueven la revisión y mejora de sus procesos, centrándose en lograr mayores niveles de valorización.

Con respecto a la Ley REP, Colún está tomando medidas para robustecer la gestión de sus productos a lo largo de la cadena de valor. La cooperativa es miembro fundador de los Sistemas de Gestión Colectivos GIRO y PROREP, y cumple con todas las declaraciones de envases y embalajes que ponen en el mercado.

## Watts

Watts S.A., fundada en 1930, es una de las principales empresas de alimentos en Chile con una diversidad de productos y marcas en su cartera (Watts, s.f.).

A través de su historia, Watts ha experimentado una serie de expansiones y adquisiciones, entre ellas, la adquisición de Loncoleche en 1980 y CALO en 1981, lo que contribuyó a su importante participación en el mercado lácteo nacional. La empresa también adquirió Danone Chile y sus activos en 2017, ampliando aún más su presencia en el mercado de productos lácteos (Watts, s.f.).

En términos de la gestión ambiental, Watts mantiene un compromiso de proteger y cuidar el medio ambiente, esforzándose por minimizar los impactos de sus operaciones en la comunidad y el entorno (Watts, s.f.).

## Quillayes-Surlat

Quillayes-Surlat, establecida en enero de 2020, surgió de la fusión de la empresa familiar Quillayes y Surlat, parte de la multinacional suiza Emmi. Unidos bajo esta nueva entidad, ambas marcas, reconocidas en el mercado chileno por sus productos lácteos, apuntan a continuar satisfaciendo las necesidades de sus clientes y consumidores.

El enfoque de Quillayes-Surlat en la sustentabilidad forma una parte integral de su proceso de toma de decisiones en cada etapa del ciclo de vida del negocio. Este compromiso se extiende a varias áreas: la gestión eficiente del agua mediante la reducción del consumo y el reciclaje, el mejoramiento continuo de la eficiencia energética en todas sus actividades productivas, la gestión de residuos de manera respetuosa con el medio ambiente, y la continuación de las mejores prácticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Quillayes-Surlat, s.f.).

### 3 REVISIÓN INICIATIVAS INTERNACIONALES VINCULADAS CON LA RECICLABILIDAD DEL PAI

Este capítulo se centra en el análisis de iniciativas de reciclaje de PAI que se están implementando a nivel internacional. El interés radica en explorar tanto las iniciativas de reciclaje de PAI, como las alternativas y experiencias en países donde este tipo de resina se considera problemático desde el punto de vista de su reciclabilidad y figura en la lista de eliminación o revisión<sup>9</sup>.

Además de la revisión bibliográfica de experiencias en el reciclaje de PAI a nivel internacional, se realizaron entrevistas, entre noviembre de 2023 y abril de 2024, para recopilar información de primera fuente sobre experiencias en curso.

Tabla 5: Detalle entrevistas internacionales realizadas.

Entidad	Representante	Fecha
<b>WRAP - Reino Unido</b>	Roy Cox	16 de noviembre de 2023
<b>COEXPAN – Chile y España</b>	Cristian Miquel – Chile y José Fernández - España	14 de septiembre de 2023
<b>COEXPAN – Chile y España</b>	Cristian Miquel – Chile y José Fernández - España	3 de noviembre de 2023
<b>GNEUSS</b>	Andrés Grünnewald	05 de febrero de 2024
<b>CITEO<sup>10</sup> - Francia</b>	Clarisse Guenel	22 de febrero de 2024
<b>INDAVER</b>	Korneel Van Aelst	27 de marzo de 2024
<b>ESLAVA</b>	David Eslava	17 de abril de 2024

Fuente: Elaboración propia.

También se revisó lo discutido en las tres sesiones del Comité Técnico realizadas a finales del 2022 y principios del 2023 del Pacto Chileno de los Plásticos, en donde presentaron Roy Cox, especialista en envases y plásticos de WRAP; Alexandre Le Vernoy, coordinador del Pacto de los Plásticos de Francia; y Paul Shorthouse, representante del Pacto de los Plásticos de Canadá.

<sup>9</sup> La "lista de eliminación de plásticos" se refiere al conjunto de materiales plásticos que, por su naturaleza problemática o innecesaria, se identifican como prioritarios para eliminarse del uso común. Esta eliminación puede realizarse a través de la innovación, el rediseño y la adopción de nuevos modelos de entrega (Fundación Ellen MacArthur, 2022). La "lista de revisión de plásticos" se refiere aquellos materiales plásticos que, en principio, son problemáticos, pero podrían eventualmente contar con opciones de reciclaje viables. En caso de no encontrar una ruta de reciclaje disponible para una cierta fecha límite, serán trasladados a la lista de eliminación.

<sup>10</sup> Sistema Colectivo de Gestión de papeles y envases domésticos de Francia. <https://www.citeo.com/>

A continuación, se presenta una revisión de la experiencia de distintos contextos internacionales y países, enfocada en las estrategias implementadas, las regulaciones y políticas establecidas y los avances realizados en términos de tecnología y procesos de reciclaje, entre otros. Este análisis proporciona una visión integral de las diferentes formas que a nivel internacional se está abordando el reto de la reciclabilidad del PAI.

### 3.1 Global Commitment

La creciente problemática de los residuos plásticos, en especial los de un solo uso, en el medio ambiente ha llevado al desarrollo de numerosas iniciativas globales para abordar esta problemática a través de la eliminación, reducción, diseño, innovación, gestión, entre otros.

El PS es un tipo de plástico que, debido a las dificultades asociadas con su reciclaje, ha sido objeto de iniciativas globales para su eliminación o sustitución, como las impulsadas por el *Global Commitment* (GC) liderado por EMF, iniciativa que ha de impulsar acciones para mitigar la problemática asociada al PS. Según el informe *Global Commitment 2023* (Fundación Ellen Macarthur, 2023), el PS representa el 2% de los portafolios de los firmantes del acuerdo. La mayoría de estos firmantes, específicamente el 60% (ver figura siguiente), tiene planes de eliminar, ya sea total o parcialmente, el PS de sus productos para el año 2025. Al respecto cabe señalar que este porcentaje se refiere al PS en general y no específicamente al PAI en el cual se centra el presente estudio.

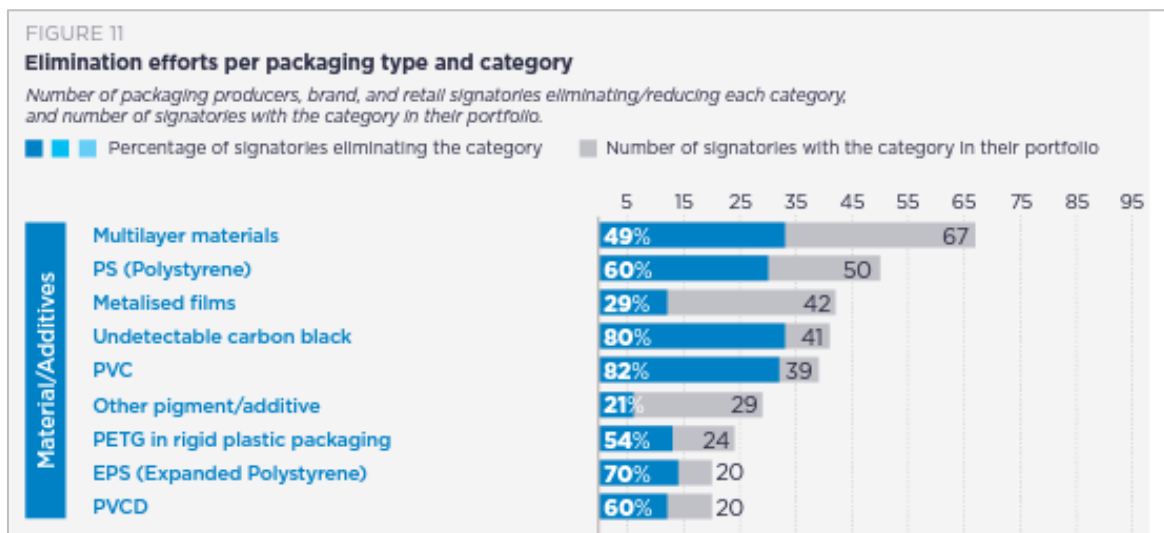


Figura 7: Esfuerzos de eliminación por tipo de resina

Fuente: (Fundación Ellen Macarthur, 2023)

## 3.2 Francia

En Francia, se han estado realizando esfuerzos significativos para aumentar la reciclabilidad del PS, en particular del PAI. En 2021, se anunció en Francia que los envases que contenían polímeros/copolímeros estirénicos serían prohibidos a partir de 2025, si no podían ser reciclados. Esto creó una necesidad urgente de soluciones efectivas para el reciclaje de PAI. Además, la empresa Danone, uno de los principales productores de lácteos de Francia, anunció que reemplazaría el PAI de sus productos por otros materiales, lo cual impulsó a las otras empresas lácteas a trabajar colaborativamente en la búsqueda de soluciones alternativas.

Con la finalidad de desarrollar un sistema de reciclaje para el PS-PAI antes del 2025, se conformó un Consorcio del PS (Consorcio PS25) entre CITEO, y actores clave de la cadena de valor, incluido los productores que ponen envases de yogur y postres de PAI en el mercado. Integrantes del Consorcio se comprometieron a ayudar financieramente para impulsar el flujo de reciclaje del PAI.

Según información provista por CITEO, una de las primeras interrogantes del Consorcio P25 fue si existía la factibilidad técnica y económica del reciclaje del PAI a escala en Francia, para lo cual realizó un análisis de los flujos de reciclaje del PAI. En el 2021, este Consorcio llegó a la conclusión de que si se podía reciclar este material a nivel nacional, dado los volúmenes que se ponen en el mercado y los proyectados que se podían valorizar. Para esto se identificó como necesario impulsar mejoras en el diseño, recolección, clasificación y valorización del PAI (Guenel C., 2024).

La recolección de PAI se efectúa a través de la recolección selectiva o “casa a casa”, para lo cual el PAI es dispuesto y recolectado como parte del flujo de envases livianos (en contenedor amarillo), lo cual se efectúa desde el año 2016. En el tiempo, ha ido aumentando la cantidad recolectada. La clasificación se efectúa en plantas de clasificación automatizadas que permiten separación por tamaño, forma y material, esto último a través de sensores infrarrojos y magnéticos. En la actualidad se ponen en el mercado 60.000 toneladas aprox. de PAI, de las cuales se proyecta recolectar y clasificar en el corto plazo al menos 10.000 ton aprox., es decir, cerca del 17%. Se espera que las cantidades recolectadas y clasificadas aumenten en el tiempo, para lo cual se encuentran efectuando una serie de acciones de comunicación y de trabajo con las empresas para mejorar el diseño de los envases para facilitar su reciclaje (Guenel C., 2024).

En el 2022 CITEO lanzó una licitación para la venta y valorización del PAI durante el periodo 2023-2031. Consideraron estos nueve años, ya que para desarrollar el reciclaje es necesario para recicladores asegurar la disponibilidad de materia prima por un periodo de tiempo considerable. A partir de esta licitación, se seleccionó a dos recicladores, respecto de los cuales se informó lo siguiente (Guenel C., 2024):

- ESLAVA (España): Valorizan envases de PP y PE y de PAI. Los envases de PAI se procesan a través de reciclaje mecánico para la fabricación de maceteros para plantas y flores, y bases de TV y ordenadores. En la actualidad esta empresa ya recicla el PAI que gestiona CITEO desde 2016, y con esta licitación han renovado contrato, considerando que el 20% de lo que recolecte y clasifique CITEO será gestionado por esta empresa. Actualmente ESLAVA se encuentra evaluando implementar tecnologías de descontaminación para el uso de este tipo de resina en contacto con alimentos, que les permita fabricar productos de mejor calidad, como envases, ya que el hecho de contar con un contrato a largo plazo con CITEO les permite realizar este tipo de inversiones.
- INDAVER (Bélgica): Desde julio de 2024 estará operativa en la ciudad de Amberes la primera planta de reciclaje químico en Europa para PS a base a despolimerización térmica del PS para obtener aceite de estireno. Una vez que esté operativa esta planta se considera que el 80% de lo que recolecte y clasifique CITEO será gestionado por esta empresa. INDAVER también efectuará el reciclaje químico de poliolefinas flexibles gestionadas por CITEO.

CITEO menciona que de estos contratos, el reciclaje mecánico es más económico, pero el químico permite aplicaciones de mejor calidad y volumen, dado que el aceite de estireno puede ser utilizado como materia prima para la fabricación de nuevos envases. Además, esta tecnología les permite cumplir con las metas de la nueva Directiva de la Unión Europea, que obliga la incorporación de material reciclado en los envases. En cuanto a las ventajas del reciclaje químico, también se señala que este tipo de plantas se encuentran dentro de las tecnologías aprobadas en Europa y que no deben pasar por la aprobación de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, de acuerdo a lo que establece la regulación europea (Guenel C., 2024).

En cuanto a otras soluciones de reciclaje mecánico, durante la evaluación en el marco de la licitación, las tecnologías de barrera funcional quedaron en desventaja, al ser técnicas que están en proceso de aprobación por parte de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, lo que puede tardar algunos años y desde CITEO se requiere que se valoricen el PAI mediante tecnologías que ya puedan ser implementadas y operar a nivel industrial. En cuanto a tecnologías de descontaminación, como la de GNEUSS, a pesar de que se reconoce como una de las soluciones existentes, al momento de la evaluación no se identificó a plantas de reciclaje a nivel industrial que hayan implementado esta solución (Guenel C., 2024).

Como antecedente adicional, CITEO señaló que a la fecha la empresa Danone en Francia ha logrado cambiar cantidades poco significativas de sus líneas de producción de envases de yogur y postres a materiales distintos al PAI. En la Figura siguiente se presenta un ejemplo de uno de los envases de PET de yogur que la empresa comercializa.



Figura 8: Envases de yogur Le Nature - Danone, desde 2022 con 30% de r-PET

Fuente: L'observatoire des aliments, s.f

Como actividad complementaria, CITEO trabaja en estandarizar y mejorar los criterios de diseño de los envases con todos los agentes de la cadena de valor, a modo de facilitar el reciclaje de los envases, siempre potenciando las opciones de monomaterialidad y teniendo presente que es un proceso continuo. Esto va acompañado de campañas de comunicación, con el fin de aumentar la cantidad de PAI recolectado. El mensaje entregado al consumidor es que dispongan este tipo de envases en el contenedor amarillo de envases livianos sin instrucciones de lavado, separación de su tapa, entre otros, ya que intentan simplificar lo más posible el rol del consumidor, de modo de no generar posibles confusiones (Guenel C., 2024).

### 3.3 Bélgica

INDAVER, empresa que se dedica al tratamiento de residuos domiciliarios, es el encargado de recolectar el PAI post consumo proveniente de envases de yogur y de su posterior reciclaje para la producción de estireno reciclado (r-estireno). Para esto, utiliza una tecnología patentada de despolimerización (reciclaje químico) en su planta ubicada en Amberes, Bélgica (TRINSEO, 2021) (Magazine Reciclado, 2022).

Según información provista por INDAVER, esta planta de reciclaje químico es un proyecto que se comienza a gestar durante el año 2014. Los planos e ingeniería se inician el 2017-2018, y la construcción comienza en el segundo semestre del 2022. Hoy en día se está llevando a cabo la puesta en marcha de la instalación de pretratamiento para la línea de poliestireno, con lo que se espera que la puesta en marcha de la Planta Plastics2Chemicals (P2C) comience a finales de este año (Van Aelst K., 2024).

En su planta química de plásticos, en un comienzo procesarán 1 millón de toneladas anuales de material, correspondientes a poliestirenos (90-95% calidad) y poliolefinas flexibles (90% calidad), ambos provienen de una instalación de clasificación de residuos domiciliarios, los que llegan en balas separadas que pasan por un pretratamiento y luego entran a la etapa de reciclaje químico. Del estireno se obtiene estireno reciclado (r-estireno) que tiene calidad de resina virgen con una pureza de 99,8% y de las poliolefinas se vuelve a aceite de pirólisis (r-Naphta), este último puede ser utilizado en petroquímicas que utilizan estos materiales en su craqueador de vapor para volver al etileno, propileno, etcétera (Van Aelst K., 2024).

Respecto del proceso de reciclaje de poliestireno que se efectúa, éste se puede dividir en dos grandes etapas (Van Aelst K., 2024):

- **Etapas Pretratamiento:** el material que viene desde Francia (gestionado por CITEO – sistema colectivo de responsabilidad ampliada del productor francés) y Bélgica (gestionado por FostPlus – sistema colectivo de responsabilidad ampliada del productor belga) previamente preclasificado en formato de balas, es recibido en una primera instalación de pretratamiento para ser sometido a un proceso de clasificación más exhaustivo. Este proceso permite separar otros materiales, como otros tipos de plásticos, papel, metales, residuos orgánicos y suciedad. Esta etapa de pretratamiento permite evitar pérdidas de PAI en la etapa siguiente. Posteriormente el PAI pasa por un proceso de trituración, lavado en húmedo, secado y aglomerado para pasar a la siguiente etapa.
- **Planta Plastics2Chemicals (P2C):** en ésta se efectúa la extrusión de los productos obtenidos de la primera etapa, éstos entran en un reactor donde se despolimeriza el PS creando gases que contienen estireno el que se condensa y luego se purifica mediante un proceso de destilación que elimina compuestos inorgánicos, contaminantes y volátiles.

Hoy en día se procesa el PS junto con el EPS y XPS, estos últimos corresponden a aproximadamente un 10% del total de poliestireno procesado, el que reciben desde diferentes países de Europa. Una vez que la línea esté en pleno funcionamiento harán pruebas para ver a cuánto pueden aumentar la proporción de estos materiales. Actualmente se sabe que un 10% no genera problema, pero se evaluará si se puede aumentar a un 20% - 30% (Van Aelst K., 2024).

El estireno obtenido se vende a Inaus Style Evolution y TREN Sale, quienes fabrican PS reciclado a partir de este monómero de estireno, el que posteriormente se vende a empresas transformadoras o productoras para la fabricación de envases (Van Aelst K., 2024).

Para los primeros años de operación de la planta, las organizaciones y empresas asociadas son (Van Aelst K., 2024):

- Proveedores de material: CITEO (20%) y FostPlus (60%);
- Compradores de estireno reciclado: Ineos Styrolution (50%) y TRINSEO (50%);
- Compradores de Naphta reciclado: Nestlé (25%), TotalEnergies (25%). Están en conversaciones con otras petroquímicas como posibles compradores.

El costo de inversión para la Planta Plastics2Chemicals (P2C) es de aproximadamente 50 millones de euros, mientras que para la planta de pretratamiento es de aproximadamente la mitad. Esta inversión fue financiada casi en su totalidad con recursos propios de la empresa, solo se recibió una subvención del gobierno de menos del 15%, el cual debería ser devuelto en caso que la planta tenga éxito (Van Aelst K., 2024).

Complementariamente, se comenta que operan con total transparencia de cara a proveedores y clientes externos, es por esto que todo el proceso será auditado y sometido a un sistema de trazabilidad, de modo de asegurar a las petroquímicas la calidad del estireno y al consumidor final que estarán comprando un producto con material realmente reciclado. Por otra parte, se encuentran instalando una planta de energía solar para que la instalación opere con energía renovable en tu totalidad. Además, se tiene planificado poner en funcionamiento más plantas de este tipo a finales de esta década (Van Aelst K., 2024).

INDAVER comenta que la regulación europea que obliga a la incorporación de material reciclado en envases ha sido un impulsor para el reciclaje químico. En cuanto a otras plantas de este tipo a nivel europeo, existen otras diez empresas que se encuentran en proceso de instalación, algunas ya se han puesto en marcha y otras lo harán durante el próximo año (Van Aelst K., 2024).

Dentro de las ventajas del reciclaje químico, se menciona que éste permite que envases de alimento puedan transformarse nuevamente en envases de grado alimenticio con calidad adecuada, ya que se eliminan componentes tóxicos o indeseables. En términos de impacto ambiental, este proceso es mejor que incinerar o eliminar en sitios de disposición final, lo cual ha sido comprobado a través de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (Van Aelst K., 2024).

Como se señaló, TRINSEO es una de las empresas que comprará el estireno reciclado que producirá INDAVER. En 2021, TRINSEO e INDAVER firmaron un acuerdo que establece la compra al menos el 50% del r-estireno producido en INDAVER durante un período de 10 años. TRINSEO, ubicada en Tessenderlo, Bélgica, utilizará el material para fabricar resinas de PAI recicladas para envases de lácteos, entre otras aplicaciones. Se destaca que el PAI reciclado tiene las mismas propiedades que el PAI realizado con materia prima fósil virgen. Por su simple estructura química, el PAI permite un reciclaje infinito, y dada su pureza es un material ideal para el embalaje de alimentos. (TRINSEO, 2021) (Magazine Reciclado, 2022).

TRINSEO lanzó una resina de PAI reciclado, llamada PS STYRON™ CO2RE™ CR55 para aplicaciones de contacto alimentario a principios del 2022. Este producto en particular se ha utilizado para producir el primer recipiente de yogur hecho con un PAI reciclado apto para el contacto con alimentos para una importante marca europea de yogurs. Este producto ha estado en las estanterías de Francia desde mayo de 2021 (Trinseo, s.f.).



Figura 9: Envases de yogur de marca francesa con 50% de rPAI comercializado en Bélgica.

Fuente: Obtenido a través de entrevistas y de (Plastic Technology México, 2022)

### 3.4 España

Durante el año 2020, COEXPAN, realizó pruebas de incorporación de poliestireno reciclado (“r-PS”) mecánicamente en nuevos envases de yogur. Estas pruebas se llevaron a cabo en Innotech, Centro de Innovación y Tecnología de COEXPAN y EMSUR en España, y el proyecto forma parte integral de uno de los objetivos estratégicos de la iniciativa Styrenic Circular Solutions (SCS), de la que COEXPAN es miembro. SCS, junto a varios socios de toda la cadena de valor, trabajan en la promoción de la circularidad de los polímeros estirénicos. El proyecto “r-PS” implica validar el reciclaje mecánico de PS posconsumo, así como el uso de procesos y tecnologías similares a las que se utilizan actualmente en las líneas de reciclaje del PET: clasificación, lavado, clasificación de flakes, súper limpieza (*super clean*) y filtración por fusión. A partir de estas pruebas, se produjeron dos tipos de láminas FFS (Form Fill Seal). Una de ellas, una estructura ABA en donde la capa intermedia “B” contenía 50% de PAI reciclado, y la otra correspondía a una estructura monocapa con 100% de PAI reciclado, obtenida mediante la tecnología “*super clean*”. Los resultados mostraron altos niveles de pureza del material reciclado además de sus ventajas en términos de procesabilidad en la extrusión y termoformado (ASIPLA (b), 2021).



Figura 9: Envases de pruebas realizadas en INNOTECH COEXPAN – EMSUR

Fuente: Obtenido de ASIPLA (b), 2021

Según información provista por COEXPAN, actualmente se está monitoreando el uso de envases de yogur con resinas de PAI recicladas en productos de empresas lácteas, a nivel de mercado en España (Miquel, C., & Fernández, J., 2023).

En cuanto a la viabilidad económica de estos proyectos o procesos y de otros, de acuerdo a lo señalado en la entrevista con COEXPAN, en el caso de los envases elaborados mediante la estructura ABA, el valor final del envase depende principalmente del precio de la resina que es introducida en la capa B o capa intermedia, el cual está principalmente vinculado al origen y los procesos requeridos para su reciclaje. En el caso del material post industrial, su valor suele ser más económico que el virgen, mientras que si el material proviene de un proceso de reciclaje químico, este puede ser desde un 10% hasta un 30% más costoso aproximadamente (Miquel & Fernández, 2023).

Sin embargo, es importante tener en consideración que actualmente en Europa existen tasas de eco-modulación y tasas para penalizar el uso de material virgen y promover el reciclado, lo cual, a pesar de no haberse realizado el cálculo, se estima se podría traducir en que se obtenga un precio que siga siendo atractivo para los clientes, especialmente en el caso del reciclaje mecánico (Miquel & Fernández, 2023).

En cuanto a los costos de inversión, el reciclaje mecánico mediante la estructura ABA tiene una inversión menor que la de monocapa (tecnología *super clean*). Sumado a lo anterior, otra consideración relevante es la escala del proceso, la tecnología ABA requiere una cantidad inicial de material menor para garantizar su rentabilidad (entre 10.000 a 15.000 toneladas aprox.). Actualmente la tendencia en Europa es hacia la construcción de instalaciones de reciclaje con capacidad para manejar cerca de 40.000 toneladas, con el objetivo de lograr estrategias de economía de escala por parte de las empresas petroquímicas. Estas plantas de reciclaje se estima que tienen una inversión asociada de 80 millones de euros (Miquel & Fernández, 2023).

Finalmente, se destaca que en Europa el objetivo es que se eviten completamente los residuos plásticos incinerados o que llegan a vertedero, dado esto es que se está considerando, además de la tecnologías de estructura ABA, la tecnología *super clean*, que permite reciclar un mayor volumen.

Por otra parte, COEXPAN en España formó parte del Proyecto RECOEX, que es un tipo de reciclaje mecánico, el cual se quiere replicar en Chile, donde se utilizan los scrap del proceso productivo para reciclarlos y volver a la cadena de producción y generar nuevamente envases de yogur. Este proyecto está funcionando actualmente de forma industrial con 5 clientes en Europa y que están siendo validados por la Unión Europea. Por ejemplo, en Alemania, la empresa Frischli, comercializa el producto de crema de café en un envase con un 52% de PAI reciclado (de origen posconsumo y postindustrial) (Frischli Foodservice, s.f.). También está el caso de Francia, donde la marca Les 300 Laitiers Bio, posee un yogur con un envase con un 50% de PAI reciclado (Les 300 Laitiers Bio, 2023).

En España también opera en Valencia la empresa ESLAVA, empresa familiar de más de 40 años enfocada en el reciclaje mecánico de algunos tipos de resinas, entre éstas PAI, el que es utilizado para la fabricación de maceteros para plantas y flores, perchas, carcasas para aparatos electrónicos, bases de TV de ordenadores y otras aplicaciones que no son de gran volumen.

En la entrevista efectuada a ESLAVA, se comentó que si bien la Ley REP para envases y embalajes comenzó a implementarse en Europa en el año 1994, la recolección masiva de PAI solo comenzó desde hace un par de años en países como Francia y Bélgica. En las plantas de clasificación este material era parte de un flujo mixto junto a otros materiales, el cual era mayormente destinado a plantas de valorización energética, por lo que hasta ahora no había existido una reciclabilidad real o circularidad para este material. No se había priorizado su circularidad hasta ahora, por dificultades asociadas a su recolección, debido a su pequeño tamaño y volumen liviano, y en segundo lugar a la falta de mercado final que absorbiera grandes volúmenes de este material. ESLAVA plantea que si no se genera un mercado final de PAI para envases de uso alimentario, no existirá mercado suficiente para que su circularidad se haga realidad. No obstante, todo apunta a que envases de este material vuelvan a ser envases de yogur, como ocurre hoy en día con las botellas de PET (Eslava D., 2024).

ESLAVA lleva algunos años procesando el PAI de Francia, al ser este el mayor consumidor de yogur en Europa. Al comienzo comenzaron reciclando PAI preconsumo (desperdicios de fábrica), experiencia que sirvió para desarrollar el flujo de reciclaje postconsumo de este material. Hoy en día llegan a la planta de ESLAVA envases posconsumo de yogur que han sido previamente clasificados, la mayor parte de estos provenientes de Francia, y en menor parte de Bélgica, países que ya han adaptado sus flujos para reciclar este tipo de envases. Al igual que estos países, se considera que otros países de Europa que generan un volumen adecuado para su reciclaje comenzarán a realizar esta separación, como es el caso de España, que desde enero 2025, comenzará a separar el flujo de PAI. Para lograrlo adaptarán sus plantas de clasificación, y uno de los posteriores valorizadores debiera ser ESLAVA, por la experiencia que ya tiene valorizando este material, lo que les otorgaría mayor ventaja frente a otros valorizadores que se presenten a las licitaciones. Junto con esto también se espera que se vaya instalando un mercado para PAI en el país (Eslava D., 2024).

Desde enero 2023, ESLAVA tiene operativa una nueva planta de tratamiento con una capacidad de 15.000 toneladas, cantidad suficiente para compensar la demanda que existirá en los próximos años, considerando que el flujo de PAI irá aumentando. En la actualidad están procesando 2.000 toneladas de PAI, por lo que han adaptado sus líneas para también procesar otros materiales y utilizar así su capacidad. La inversión realizada por ESLAVA para la instalación de esta planta ha sido de carácter privado, no obstante para nuevos proyectos de este tipo, desde finales de 2024, existirán subvenciones y ayudas estatales (Eslava D., 2024).

Si bien en la actualidad las aplicaciones para PAI desarrolladas por ESLAVA son de tipo no alimentarias, se encuentran en proceso junto a una empresa asociada para conseguir la aprobación de EFSA y así aplicar tecnologías de descontaminación que permitan el uso de PAI reciclado en envases en contacto con alimentos, no obstante al ser un proceso más complejo, consideran que esta aprobación podría tardar. Al momento de aplicar tecnología de descontaminación, ESLAVA estaría enfocado en el pretratamiento del PAI posconsumo, el que sería posteriormente trasladado a la planta de descontaminación y posteriormente a un transformador que fabricaría los envases de yogur con el PAI reciclado. Por otra parte, también son parte de un proyecto con capa ABA que está desarrollando un transformador de láminas de PAI para yogur. De acuerdo a lo estipulado por EFSA, tanto aplicaciones para plásticos reciclados en contacto con alimentos, como capa intermedia deben pasar por procesos de descontaminación (Eslava D., 2024).

En cuanto al reciclaje químico, ESLAVA manifiesta que existen controversias al respecto, ya que este implica mayores costos, generación de emisiones de CO<sub>2</sub> y menores rendimientos. Si bien es una solución que está siendo desarrollada, aún falta mayor información sobre estos tipos de tecnología a nivel industrial, a diferencia del reciclado mecánico que es un mercado más maduro para resinas el PET, que se conoce en términos de costos, emisiones de CO<sub>2</sub> y rendimiento. Es por esta razón que ESLAVA seguirá apostando por el reciclaje mecánico para el PAI (Eslava D., 2024).

### 3.5 Alemania

Para el caso de Alemania, se destaca el desarrollo que ha tenido en este país la tecnología de descontaminación o *super clean* de GNEUSS, fabricante alemán de la tecnología de extrusión y reciclaje. Esta tecnología se describió también en el capítulo 2 de este informe sobre revisión de iniciativas nacionales, debido a que en parte ha sido probada en Chile.

GNEUSS cuenta con la tecnología MRS, la que ha sido usada exitosamente para descontaminación de PET, y goza de amplia credibilidad en la recuperación de aplicaciones en contacto con alimentos. A solicitud de uno de sus clientes, la casa matriz inició entonces una serie de pruebas para el PAI empleando la misma tecnología, donde el corazón es un sistema de plastificación que tiene una sección de husillos múltiples: en él se abre el fundido en muchos pequeños volúmenes, incrementando el área de exposición hasta 100 veces si se compara con una extrusora de tornillo sencillo, y hasta 40 veces si se compara con una doble husillo. Al incrementar el área es posible aspirar por vacío los volátiles y contaminantes que se presentan PET (Tecnología del Plástico, 2022).

Entre las diferencias que existen entre el procesamiento de PET y PS, hay una menor temperatura de procesamiento al trabajar con PS, pero el sistema puede trabajar con la eficiencia de desgasificación requerida para lograr la eficiencia de limpieza necesaria. Resalta además que el “PS no es tan sensible en lo concerniente a la degradación”, por lo que es posible retener propiedades similares a las del material virgen. El primer piloto de proceso de descontaminación de PAI realizado por GNEUSS fue exitoso, demostrando que es posible usar la tecnología ampliamente probada en PET de una manera similar en el PS. La compañía consiguió en el año 2016 una carta de no objeción de la FDA para PS en contacto con alimentos. La tecnología permite obtener un PS de pureza y desempeño comparable al material virgen, y las pruebas han demostrado que el material reciclado puede utilizarse como una solución “*drop-in*” en reemplazo de material virgen; algo muy similar a lo que ocurre en el PET (Tecnología del Plástico, 2022).

Por otra parte, en Alemania se está llevando a cabo una iniciativa para promover el reciclaje del PAI por parte de INEOS Styrolution<sup>11</sup>, EGN<sup>12</sup> y TOMRA<sup>13</sup>, los que han colaborado para poner en marcha un proyecto innovador cuyo objetivo es convertir los residuos de PAI posconsumo en PS reciclado adecuado para su uso en envases de alimentos (Tecnología del Plástico, 2023) (Residuos profesional, 2023).

Este proyecto incluye la construcción de una instalación de reciclaje mecánico avanzado en Krefeld, Alemania, por parte de EGN. Se espera que esta planta, que tiene como objetivo procesar 40.000 toneladas anuales de residuos de PS posconsumo, esté lista para el año 2025, siendo la primera de su tipo a gran escala. Además de manejar la clasificación y el lavado de los residuos, también se someterán a un proceso de purificación “ultra-limpieza” (tecnología *Super Clean*) a cargo de INEOS Styrolution, cumpliendo con las regulaciones de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) para aplicaciones en contacto con alimentos (TOMRA, 2023) (Tecnología del Plástico, 2023).

TOMRA se ha asociado con estas empresas para proporcionar la tecnología de clasificación y los residuos de PS requeridos para el proceso de reciclado. TOMRA recolectará los residuos de envases de PS de alimentos y los entregará en la nueva instalación en Krefeld.

Las expectativas con respecto a este proyecto son altas, ya que se espera que se logre proporcionar PS reciclado con una huella de carbono significativamente menor, además de proporcionar la oportunidad de realizar reciclaje mecánico de “envase de yogur a envase de yogur”.

---

<sup>11</sup> INEOS Styrolution es el principal proveedor mundial de estirénicos, con un enfoque en monómero de estireno, poliestireno, ABS estándar y especialidades estirénicas. <https://www.ineos-styrolution.com/index.html>

<sup>12</sup> EGN Entsorgungsgesellschaft Niederrhein, empresa alemana de reciclaje. <https://www.entsorgung-niederrhein.de/>

<sup>13</sup> TOMRA empresa internacional dedicada a la transformación de residuos. <https://www.tomra.com/en>

### 3.6 Italia

En Italia, Versalis, la empresa química de Eni, y la empresa de reciclaje Forever Plast, firmaron un acuerdo para transformar el sitio industrial de Porto Marghera mediante la construcción de una unidad avanzada de reciclaje mecánico, destinada a plásticos seleccionados posconsumo de la clasificación de residuos, en particular, PS y el PEAD (Eni, 2022).

Se espera que la planta inicie sus operaciones en el 2024, con una capacidad para procesar 50.000 toneladas anuales de residuos pre-seleccionados y producir compuestos de polímeros reciclados para aplicaciones de alto valor agregado, incluyendo envases para alimentos (Eni, 2022).

### 3.7 Reino Unido

Reino Unido aún no tiene establecido un sistema de responsabilidad extendida del productor (REP). En el país, la recolección de residuos de plásticos varía dependiendo de la región. En algunas zonas, todos los plásticos se recolectan juntos. Aunque no se obliga a usar plástico reciclado, se aplica un impuesto de 200 libras por tonelada a los ítems que no contengan al menos un 30% de plástico reciclado.

En 2019, el Pacto de los Plásticos del Reino Unido lanzó su primer documento con el listado de plásticos problemáticos, en el que destacó la necesidad de eliminar, en la medida de lo posible, ocho ítems clasificados como problemáticos, incluyendo PS. Desde entonces, la lista de elementos identificados se ha ampliado, con esfuerzos similares emulados en otros Pactos de los Plásticos, como el de Sudáfrica, Estados Unidos e India (Cox, Comité Técnico Pacto Chileno de los Plásticos, 2022).

En el caso concreto del PS en el Reino Unido, este material representa un 1,6% del total de plásticos en el mercado, correspondiente principalmente a envases de yogur y, en menor medida, a cápsulas de café. Sin embargo, su reciclaje no es comercialmente viable, ya que, de acuerdo a lo señalado por Roy Cox, el proceso de clasificación, recolección y reciclaje es complejo y costoso (Cox, Comité Técnico Pacto Chileno de los Plásticos, 2022).

En respuesta a este desafío, el Pacto por los Plásticos del Reino Unido coordinó un Grupo de Acción Conjunta (GAC) para establecer un plan destinado a eliminar la utilización del PAI. El uso del PAI ha disminuido significativamente desde la implementación del plan, con escasas muestras de este producto en el mercado, principalmente provenientes de importación o de empresas que aún están en proceso de adaptar su maquinaria para reemplazar este material (Cox, Comité Técnico Pacto Chileno de los Plásticos, 2022).

De acuerdo a lo planteado por el especialista en envases y plásticos de WRAP (Roy Cox) en una entrevista adicional efectuada de forma individual, en Reino Unido se estableció un estándar para reemplazar el PAI de los envases de yogur y postres por PET (para envases pequeños, formato de consumo individual), sólo utilizándose PP en empresas con productos aptos para microondas<sup>14</sup>. El PET, incluso aquel contaminado por productos lácteos como el yogur, se puede someter a un proceso de limpieza y reciclaje, produciendo PET de grado alimentario. Por el contrario, el PP no cuenta con industrias de reciclaje de grado alimentario y se usa principalmente para latas de pintura u otros objetos similares.

Aunque no se dispone de un número exacto, se estima que aproximadamente 30 líneas de producción en el Reino Unido han sido convertidas de PAI a otras alternativas. La mayoría de estas líneas, alrededor del 80%, han adoptado PET, mientras que el resto ha optado por PP (Cox R., 2023)

La transición al PET puede llevar a un incremento en el uso de plásticos debido a la mayor densidad<sup>15</sup> de este material comparado con el PS. Además, en el caso del PET, al ser un material más duro, se requiere de una máquina especial para su cortado. En el caso del PP, esta resina fluye más lento y se requiere de un sistema de precalentamiento. Adicionalmente, se han registrado desafíos en la implementación de "packs" de yogur individuales con pre-cortado utilizando PET. Esto se debe a que el PET presenta una mayor dureza en comparación al PAI, dificultando que el consumidor realice un corte simple y limpio como ocurre con los envases de PAI (Cox R., 2023).

A pesar de que no se ha hecho un análisis de ciclo de vida, se puede inferir que el recambio de materialidad podría tener un mayor impacto a nivel de huella de carbono. De esta forma, se debe tomar la decisión del tipo de material considerando un equilibrio entre la reciclabilidad y la huella de carbono, ya que mejorar una puede empeorar la otra (Cox R., 2023).

En cuanto a los costos de recambio, en la entrevista se comenta que éstos se asocian principalmente al alto costo de inversión en maquinarias. A pesar de no manejar datos específicos, se señala que el costo de recambio de 12 líneas de envases de yogur de PAI a PET de una de las empresas más grandes del Reino Unido fue cercano a los \$10 millones de libras esterlinas. Se señala también que es difícil determinar con precisión cuánto más costoso resulta la producción de envases de yogur de PET comparado con los de PAI. Sin embargo, el incremento en el costo a menudo se traslada directamente al consumidor. El costo del envase de yogur puede variar, en términos generales para envases de formato individual, el costo puede ser menor a un 10%. Por ejemplo, el costo de los envases de yogur de PP representa entre un 3% y 5% del costo total del producto. Estos porcentajes pueden servir como un indicativo, aunque la variabilidad de los costos de producción y del mercado podría conducir a variaciones sustanciales en el precio final para el consumidor (Cox R., 2023).

---

<sup>14</sup> Los plásticos recomendados para microondas son el polietileno de alta densidad (PEAD) y el polipropileno (PP). (SGP Pack, 2023)

<sup>15</sup> La densidad del PS es aproximadamente 1 g/cm<sup>3</sup>, mientras que la del PET es aproximadamente 1,4 g/cm<sup>3</sup>

En cuanto al destino o uso de los envases de yogur de PET y PP posconsumo reciclados en Reino Unido, éste sería principalmente para la fabricación de bandejas de PET oscuras, mediante un reciclaje mecánico. Se señala que existen dos proyectos de reciclaje químico, pero en fase piloto (Cox R, 2023).

Finalmente, una de las recomendaciones entregadas por el experto de WRAP corresponde a que, independientemente de la decisión de reemplazar o retrasar la sustitución PAI, se considera esencial la formación de un grupo colaborativo entre los usuarios de PAI y que se tome una decisión conjunta, a nivel país (Cox R, 2023).

### 3.8 Colombia

En Colombia, se está llevando a cabo una colaboración entre Alpina y Carvajal Empaques, empresas que están buscando introducir material plástico reciclado de PAI en envases de alimentos, siendo la primera vez que se realiza en Colombia.

Actualmente, el plástico reciclado está siendo incorporado en el producto Mini BonYurt de Alpina, comercializado actualmente en el mercado y contiene hasta un 30% de material reciclado. Esta implementación marca un hito en Colombia debido a que hasta 2022, el único tipo de plástico reciclado utilizado para envases termoformados de alimentos era el PET. En el marco de esta colaboración, Carvajal Empaques, logró obtener la certificación de INVIMA<sup>16</sup>, permitiendo la incorporación de PS reciclado en empaques de alimentos (Carvajal, s.f.).



Figura 10: Envase de producto “Bon Yurt” de la marca Alpina, con rPAI

Fuente: Obtenida de Carvajal Empaques (Carvajal, s.f.)

<sup>16</sup>INVIMA es la institución de referencia nacional de Colombia en materia sanitaria y es la encargada de ejecutar las políticas formuladas por el Ministerio de Salud y Protección Social en materia de vigilancia sanitaria y de control de calidad de los medicamentos, productos biológicos, alimentos, bebidas, cosméticos, dispositivos y elementos médico-quirúrgicos, odontológicos, productos naturales homeopáticos y los generados por biotecnología, reactivos de diagnóstico, y otros que puedan tener impacto en la salud individual y colectiva. <https://www.invima.gov.co/el-instituto/quienes-somos>

El proceso de reciclado se basa en la tecnología de ultra-limpieza (*super clean*) adquirida por Carvajal Empaques, que permite convertir los residuos de PAI en materia prima reciclada que cumple con los requisitos para ser utilizado en empaques para alimentos. La tecnología alemana GNEUSS, descontamina este material para que alcance nuevamente las condiciones necesarias de pureza para poder crear nuevos envases que estén en contacto con alimentos (Tecnología del Plástico, 2023).

De esta forma, la incorporación de material reciclado en la fabricación de los envases induce a la creación de una demanda continua de PAI posconsumo para su reciclado y uso en empaques de alto valor.

### 3.9 Canadá

En el Pacto de los Plásticos de Canadá, se ha adoptado medidas significativas para abordar el problema del PS y otros plásticos definidos como problemáticos con la implementación de las "*Golden Design Rules for Plastics Packaging*". Estas reglas, que forman parte de un esfuerzo nacional para reducir el impacto ambiental de los plásticos, incluyen la eliminación de tipos de envases y embalajes plásticos problemáticos, entre ellos, el PS expandido (EPS) y el PS.

La guía canadiense que especifica estas reglas reconocía que el reciclaje de PS no era viable en la desde un punto de vista económico en dicho país, teniendo en consideración la inversión significativa asociada a la recolección y reciclaje del PS. De todas formas, la guía estableció que, si para finales de 2023 se demostraba que el PS era reciclable a escala, se podría excluir del listado de plásticos problemáticos. A principios de 2024 el Pacto de los Plásticos de Canadá definió mantener el PS y ePS dentro de la lista de plásticos problemáticos e innecesarios, considerando que estos materiales no serán reciclables a escala para el 2025. Se reconoce que en la provincia de Quebec se están realizando importantes inversiones para reciclar PS y EPS a escala de aquí a finales de 2024; sin embargo, el promedio en todo Canadá se mantiene por debajo del umbral de "reciclado a escala".

### 3.10 Sudáfrica

Sudáfrica enfrenta diversos desafíos en lo que respecta al reciclaje del PS. Las tasas de recolección y reciclaje del PS son notablemente bajas en el país, y los procedimientos de reciclado suelen dar lugar a aplicaciones finales no circulares, como bloques de hormigón, entre otros.

Es más, dentro de los objetivos del Pacto de los Plásticos de Sudáfrica (SAPP), se ha determinado que el PS no se consideraría "reciclable". Este pacto establece que, para que un material sea considerado reciclable, debe alcanzar al menos el 30% de la tasa de reciclaje en el país, una cifra que el PS no logra cumplir en el contexto sudafricano.

Por lo tanto, se ha decidido que el PS deberá ser eliminado, en línea con los esfuerzos para aumentar las tasas de reciclaje y apoyar el paso hacia una economía más circular. Estas medidas forman parte del compromiso del SAPP para mejorar la gestión y el manejo de los residuos plásticos del país.

### 3.11 Kenia e India

Tanto en Kenia como en India, el reciclaje del PS presenta desafíos significativos, principalmente debido a su escasez en ambos países. La cantidad de PS disponible en estos lugares no es suficiente como para hacer económicamente factible su recolección y reciclaje, debido a que el volumen de material recolectado no compensa los costos asociados con estos procesos.

En consecuencia, el PS figura en la lista de materiales a eliminar tanto en Kenia como en India. Este enfoque eliminatorio surge como resultado de la insuficiencia de PS disponible para su reciclaje y del reconocimiento de que existen alternativas más viables y sostenibles para este material.

Además, la proporción de PS en estos países es relativamente baja, oscilando entre el 1% y 2%. Este bajo porcentaje, junto con los altos costos asociados con su reciclaje, respaldan la decisión de eliminar el PS en favor de opciones de envases más sostenibles y económicamente viables.

### 3.12 Japón

Actualmente, el principal método de reciclaje de PS en Japón es el reciclaje mecánico, en el que los envases de alimentos de PS post consumo y similares se convierten nuevamente en PS. Sin embargo, señalan que este presenta ciertos inconvenientes, como por ejemplo, dificultad de procesar envases de PS que están coloreados o sucios con restos de alimentos, o el deterioro de las propiedades físicas del material por ciclos repetidos de reciclaje. Es por esta razón que desde hace algunos años atrás han decidido comenzar a potenciar el reciclaje químico. En el 2020, un importante fabricante japonés de poliestireno, PS Japan Corp., llevó a cabo un proyecto piloto para probar el reciclaje químico de PS post consumo, como resultado de un esfuerzo conjunto con Toshiba Plant Systems & Services Corp. (TPSC), este proyecto aplica energía térmica para descomponer el PS al monómero de estireno. (Krishi Jagran, 2020).

También hace algunos años, el productor japonés de poliestireno Toyo Styrene comenzó a construir una instalación de reciclaje químico que procesará 10 toneladas por día en Japón, gracias a la tecnología de despolimerización Agilyx. Se espera que la planta de reciclaje comience su puesta en marcha durante el primer semestre de 2024, esta convertirá el poliestireno post consumo en un monómero de estireno que se purificará mediante un proceso de purificación patentado por Toyo Styrene.

## 4 REVISIÓN DE LA DEFINICIÓN DE RECICLABILIDAD

---

En este capítulo, se lleva a cabo una recopilación de información relacionada con la definición actual de reciclabilidad en Chile de acuerdo con los criterios del Ministerio del Medio Ambiente (MMA). Como parte de este análisis, se examina la definición e interpretación de la reciclabilidad en distintos contextos internacionales, efectuando una comparación con lo planteado hasta ahora como definición para Chile.

### 4.1 Definición de reciclabilidad a nivel nacional

Aunque Chile no dispone de una definición de reciclabilidad en su normativa, se está trabajando en un reglamento de rotulado que abordará esta definición. En este contexto se realizó la consultoría "*Identificación de la reciclabilidad de los materiales que componen los E&E, las condiciones con que deben cumplir los E&E para que sus componentes sean efectivamente reciclables*", llevada a cabo por la consultora IDEARIA, la cual ya ha concluido.

La definición de reciclabilidad presentada en dicha consultoría es la siguiente: "*Que los componentes sean aceptados o "demandados" por un valorizador sin ocuparse de la calidad del material obtenido y su uso posterior. Lo anterior, en valores de 0% o 100% para efectos de la evaluación de cada componente del bien de consumo.*"

En éste se introduce un "Esquema de reciclabilidad", el cual se realiza a través de una serie de criterios que permiten analizar su viabilidad en cuanto a la gestión de residuos. Estos criterios se dividen en Componentes Reciclables, Componentes No Reciclables, Componentes Técnicamente Reciclables, Componente con Demanda, Componente con Recolección, Disruptor del Reciclaje por Contaminación y Disruptor del Reciclaje por Configuración.

- C1. **Componentes Reciclables (C1 – Listado Verde):** Este criterio resalta aquellos componentes que tienen una recolección reconocida y demanda en su estado post consumo.
- C2. **Componentes No Reciclables (C2 – Listado Gris):** Se refiere a los componentes que no son reciclables debido a las limitaciones de la infraestructura de reciclaje actual o la falta de recolección o demanda en el mercado.
- C3. **Componente Técnicamente Reciclable (C3):** Este criterio toma en cuenta los componentes que son reciclables teóricamente, basándose en el hecho de que los materiales utilizados para fabricarlos son técnicamente reciclables.
- C4. **Componente con Demanda (C4):** Este criterio hace hincapié en la capacidad de reciclaje real del país. Toma en cuenta el material y las condiciones de este al llegar a las plantas en su etapa de posconsumo.
- C5. **Componente con Recolección (C5):** habla de la inclusión de los componentes en los programas de recolección de los Sistemas de Gestión Colectivos existentes.

- C6. **Disruptor del Reciclaje por Contaminación (C6):** Este criterio identifica los componentes que se contaminan después del consumo y que por ende son un impedimento para el reciclaje. Dicha contaminación puede provenir del producto que contenía el componente o de su estado tras su consumo.
- C7. **Disruptor del Reciclaje por Configuración (C7):** considera el diseño de los componentes, señalando aquellos que, debido a su configuración, formato o materiales utilizados, no pueden ser reciclados con la infraestructura de reciclaje actual. En este sentido, son los propios valorizadores de reciclaje quienes establecen las condiciones y limitaciones de qué tipo de componentes pueden ser recibidos en sus plantas.

Específicamente para el PS, el informe considera las subcategorías de “bandeja”, “tapa” y “sello”, pero no se menciona que se haya considerado en la clasificación “envases” (precisamente, envases de yogur y postres, de interés para el presente estudio)<sup>17</sup>.

Considerando lo anterior, se identifica que el PS queda fuera tanto del listado verde como del listado gris. En cuanto a los criterios C3, C4 y C5, solamente es positivo en el criterio C3 de reciclaje técnico. Por último, no se encuentra asociado a los criterios de disrupción del reciclaje (C6 y C7).

## 4.2 Definición de reciclabilidad a nivel internacional

Como parte de la investigación, se revisó literatura de cómo se define y se interpreta la reciclabilidad en diferentes contextos internacionales. Cabe destacar que la intención de este subcapítulo no es cuestionar o desafiar la definición que actualmente se encuentra en elaboración, sino proporcionar un espacio para un análisis crítico y reflexivo que nos permita entender mejor el alcance y las limitaciones de nuestro enfoque actual hacia la reciclabilidad.

### 4.2.1 Red Global de Pactos y *Global Commitment*

La Red Global de Pactos de los Plásticos de la Fundación Ellen Macarthur define la reciclabilidad como “La facilidad con la que un material puede ser reciclado en la práctica y a gran escala” (Fundación Ellen Macarthur, 2021). En el caso del *Global Commitment* (Fundación Ellen Macarthur, 2023), la reciclabilidad también se alcanza solo cuando se demuestra en la práctica y a gran escala.

---

<sup>17</sup> Cabe mencionar que debido a que la metodología usada para el trabajo de esta consultoría se basó en los envases y embalajes que fueron evaluados en el contexto del APL del sello Elijo Reciclar, no se consideró al PS, ya que las empresas no postularon este tipo de envases para la obtención del sello al no existir demanda de este material para ser reciclado a nivel nacional. Aun así, desde Pacto se hizo ver este punto al MMA, entidad que señaló que si se considerarán en el futuro materiales que quedaron fuera en el análisis inicial.

De esta forma, tanto la Red Global de Pactos de los Plásticos como el Global Commitment adoptan la definición de "reciclabilidad en la práctica", en lugar de la "reciclabilidad técnica". Según esta perspectiva, un envase se considera efectivamente reciclable si toda la cadena, desde la recolección hasta la clasificación y el reciclaje, funciona de manera exitosa tanto en la práctica como a gran escala. Para determinar si un envase es realmente reciclable en este sentido práctico y a gran escala, se aplican los siguientes criterios (Circula el Plástico, 2021):

- Reciclabilidad global: Un envase cumpliría este criterio si logra un 30% de reciclaje post consumo en varias regiones del mundo, que colectivamente representen al menos 400 millones de habitantes.
- Reciclabilidad local: En términos locales, un envase o embalaje sería considerado reciclable si alcanza un 30% de reciclaje post consumo en todo el mercado local donde se comercializa el producto.

### Comparación con Chile

Los criterios que se están elaborando para Chile para definir la reciclabilidad se alinean con esta definición de "reciclabilidad en la práctica", gracias a la inclusión de los criterios C3, C4 y C5, reconociendo que no basta con que un material sea técnicamente reciclable, sino que también deben existir las infraestructuras y capacidades necesarias para llevar a cabo el reciclaje de manera efectiva y eficiente en la práctica y a gran escala.

### 4.2.2 Unión Europea

De acuerdo a la Directiva 2008/98/EC del Parlamento Europeo y del Consejo (Parlamento Europeo y Consejo, 2008):

*"Reciclaje significa cualquier operación de recuperación mediante la cual los materiales de residuos se reprocessan en productos, materiales o sustancias ya sea para los propósitos originales u otros. Incluye la reprocessamiento de material orgánico pero no incluye la recuperación de energía y el reprocessamiento en materiales que se utilizarán como combustibles o para operaciones de relleno."*

En el contexto de la revisión de su directiva sobre envases y residuos de envases, la Unión Europea (UE) se está moviendo hacia la definición de nuevos requisitos para los envases. La propuesta señala que para que un envase se considere envase reciclable debe cumplir con ser (European Parliament, 2023):

- Diseñados para el reciclaje (obligatorio para el 1 de enero de 2030);
- Recolectados de manera separada por tipo de material de residuos de envases;
- Clasificados en corrientes de residuos definidas sin afectar la reciclabilidad de otras corrientes de residuos;
- Reciclables de tal modo que las materias primas secundarias resultantes sean de suficiente calidad para sustituir las materias primas primarias; y
- Reciclables a gran escala (obligatorio para el 1 de enero de 2035) (artículo 6).

La Comisión tendría el poder de adoptar actos delegados para establecer criterios de diseño para el reciclaje, grados de rendimiento de reciclaje, reglas relativas a la modulación de las contribuciones financieras a ser pagadas por los productores para cumplir con sus obligaciones de responsabilidad extendida del productor (establecidas en el artículo 40), y para los envases de plástico, el porcentaje de contenido reciclado, y la metodología para evaluar si el envase es reciclable a gran escala (European Parliament, 2023).

La propuesta también introduciría objetivos mínimos de contenido reciclado para la parte de plástico en los envases (participación por unidad de envase) a partir del 1 de enero de 2030. Los porcentajes aumentarían a partir del 1 de enero de 2040. Habría algunas exenciones, en particular para los envases de dispositivos médicos, los envases necesarios para preservar la calidad de los productos medicinales y los envases de plástico compostables (European Parliament, 2023).

En cuanto a las alternativas para comunicar la reciclabilidad de un envase, se pueden destacar las siguientes opciones (Aimplas, 2022):

- Certificado de reciclabilidad de tipo autodeclaración: A través de esta herramienta, las empresas transformadoras y/o envasadoras pueden mostrar el porcentaje de reciclabilidad del envase. Sin embargo, este tipo de certificaciones tienden a perder validez ante organismos externos acreditados.
- Certificación RecyClass “Diseño para Reciclaje”: Mediante este proceso se calcula el porcentaje de fracción reciclable del envase, determinando su grado de compatibilidad con los estándares de reciclaje en Europa. Así, se asigna una letra de la A a la F dependiendo de la calidad del reciclado, teniendo en cuenta como penalizaciones las posibles incompatibilidades del envase, como tintas, adhesivos o aditivos.

### **Comparación con Chile**

Al igual que Chile, la UE enfatiza un enfoque integral, considerando no solo la reciclabilidad técnica sino también el diseño y aspectos de mercado. Ambos apuntan hacia una economía circular donde el empaque no solo sea reciclable sino también efectivamente reciclado.

### **4.2.3 Canadá**

En Canadá, la reciclabilidad se mide en términos de si el artículo (Environment and Climate Change Canada, 2022):

- Es aceptado en sistemas públicos de reciclaje accesibles para al menos el 80% de la población en una o más de las cinco regiones de Canadá; y
- Puede ser clasificado en balas que atraen un precio confiable y positivo en un mercado final norteamericano (es decir, precios lo suficientemente altos que sean estables en el tiempo y que contribuyan a resultados de reciclaje exitosos).

El Gobierno de Canadá planea introducir reglas de etiquetado para envases de plástico y plásticos de un solo uso. El nuevo marco regulatorio propuesto establece parámetros específicos para lo que puede clasificarse como "reciclable". Las reglas de etiquetado para la reciclabilidad prohibirán el uso del símbolo de flechas circulares y otras afirmaciones de reciclabilidad en envases de plástico y en plásticos de un solo uso, a menos que al menos el 80% de los canadienses tengan acceso a sistemas de reciclaje que acepten estos plásticos. Estos plásticos a su vez deberán poder ser clasificados de manera fiable y utilizados en nuevos productos (Government of Canada, 2023).

El objetivo principal de estas reglas es aumentar la participación pública en los sistemas de reciclaje y mejorar su rendimiento para generar (a mayor escala) plásticos reciclados después de su consumo de alta calidad. Asimismo, pretenden fortalecer la confianza del público en la efectividad y el funcionamiento del reciclaje.

Una sección de la regulación propuesta se ocupa de los plásticos compostables, biodegradables y biobasados. Aunque dichos plásticos ofrecen beneficios ambientales potenciales, como el ahorro de emisiones de carbono en comparación con los plásticos de origen fósil, su gestión al final de su vida útil se identifica que sigue siendo problemática (Government of Canada, 2023).

Para abordar esto, las reglas de etiquetado propuestas prohíben el etiquetado de plásticos como "biodegradables", "degradables", u otros términos similares que sugieren descomposición en el medio natural. Además, la nueva normativa establece estándares mínimos para los plásticos etiquetados como "compostables" (Government of Canada, 2023).

### **Comparación con Chile**

Canadá y Chile comparten la meta de transparencia y precisión en la información sobre reciclabilidad. Mientras Chile destaca por considerar criterios como diseño y contaminación, Canadá está impulsando regulaciones para garantizar que los empaques cumplan con estándares específicos de contenido reciclado y etiquetado, promoviendo así una cadena de reciclaje más transparente y efectiva.

En cuanto a la definición de reciclabilidad, en Chile se centra en si los componentes de un producto son aceptados por un valorizador, sin importar la calidad del material obtenido o su uso posterior. En cambio, en Canadá la reciclabilidad se mide en términos de si el artículo es aceptado en sistemas públicos de reciclaje y si puede ser clasificado en balas que atraen un precio confiable y positivo en un mercado final norteamericano. Esto significa que en Canadá se toman en cuenta tanto la accesibilidad de los sistemas de reciclaje como la viabilidad económica del proceso de reciclaje.

### **4.2.4 Estados Unidos**

El Pacto de los Plásticos de los Estados Unidos adoptó las definiciones del *Global Commitment* y de la Red Global de Pactos de los Plásticos de la Fundación Ellen MacArthur, con la adición de algunas modificaciones para adaptarse a las necesidades del mercado estadounidense. El Pacto de los Estados Unidos continúa abordando las definiciones requeridas, y pueden agregarse términos adicionales (US Plastic Pact, s.f.).

La definición planteada señala *“Un empaque o componente de empaque es reciclable si se demuestra que su recolección, clasificación y reciclaje son exitosos después del consumo por parte del consumidor, que funcionan en la práctica y a gran escala, y si el resultado de su procesamiento a través del reciclaje es una materia prima de especificación para la cual existe un mercado.”* (US Plastic Pact, s.f.)

Además, se adiciona la siguiente nota:

*“...un empaque puede considerarse reciclable si sus componentes principales de empaque, que representan >95% del peso total del empaque, son reciclables según la definición anterior, y si los componentes menores restantes son compatibles con el proceso de reciclaje y no obstaculizan la reciclabilidad de los componentes principales, es decir, todos los componentes y elementos constituyentes de un empaque cumplen con el estado de preferencia de acuerdo con la Guía de Diseño APR®.*

*De lo contrario, solo los componentes reciclables de un empaque (o las partes reciclables de los componentes) pueden contabilizarse para lograr este compromiso, y solo cuando otros componentes no obstaculicen o contaminen su reciclabilidad.”*

### **Comparación con Chile**

Ambas definiciones comparten el enfoque en la capacidad real de reciclaje de los envases y embalajes, pero difieren en el énfasis en ciertos aspectos. Especialmente, en el caso de Estados Unidos se define también el porcentaje del peso del empaque que debe ser reciclable para que se considere un “empaque reciclable”. Por otro lado, en el caso de Chile se enfatiza también evaluar factores disruptivos como el diseño y la contaminación, lo cual no se identifica en la definición estadounidense.

### **4.2.5 Australia**

La definición de reciclabilidad en Australia establece que “un empaque<sup>(1)</sup> o componente de empaque<sup>(2)(3)</sup> es reciclable si se demuestra que su recolección, clasificación y reciclaje<sup>(5)</sup> después de que el consumo por parte del consumidor<sup>(4)</sup> funciona en la práctica y a gran escala” (Australian Packaging Covenant Organization, 2020).

Notas (Australian Packaging Covenant Organization, 2020):

- (1) Un empaque puede considerarse reciclable si sus componentes principales de empaque son reciclables según la definición anterior, y si los componentes menores restantes son compatibles con el proceso de reciclaje y no obstaculizan la reciclabilidad de los componentes principales.
- (2) Un componente de empaque es una parte del empaque que se puede separar a mano o mediante medios físicos simples (ISO 18601), por ejemplo, una tapa, una tapadera y etiquetas (no en moldes).

- (3) Un componente de empaque solo puede considerarse reciclable si todo ese componente, excluidos los constituyentes menores incidentales (6), es reciclable según la definición anterior. Si solo un material de un componente de varios materiales es reciclable, solo se puede afirmar la reciclabilidad de ese material, no del componente en su conjunto (en línea con ISO 14021).
- (4) ISO 14021 define el material post-consumo como aquel generado por hogares o por instalaciones comerciales, industriales e institucionales en su calidad de usuarios finales del producto, que ya no se puede usar para su propósito previsto. Esto incluye devoluciones de material de la cadena de distribución. Excluye el material pre-consumo (por ejemplo, desperdicio de producción).
- (5) ISO 18601:2013: Un constituyente de empaque es una parte de la cual se fabrican empaques o sus componentes y que no se puede separar a mano o mediante medios físicos simples (por ejemplo, una capa de un empaque multicapa o una etiqueta en el molde).

### **Comparación con Chile**

La definición de reciclabilidad en Australia se basa en la efectividad comprobada del proceso de recolección, clasificación y reciclaje de los envases después del consumo, al igual que lo que se está desarrollando para Chile. Se destaca que en Australia se enfatiza la necesidad de que los componentes principales del empaque sean reciclables y que los componentes menores no obstaculicen la reciclabilidad.

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

El análisis de las diversas experiencias tanto nacionales como internacionales revisadas en este estudio, permiten tener una panorámica amplia e integral acerca de la situación actual en la que nos encontramos como país respecto de la reciclabilidad del poliestireno (PS) de alto impacto (PAI) utilizado para envases de yogur y postres, y sobre las posibilidades y alternativas existentes para mejorar y avanzar en su gestión circular. De esta forma, el presente estudio sienta las bases para desarrollar la **“Estrategia de circularidad de envases de poliestireno (PS) del alto impacto (PAI) en Chile”**, con miras a evaluar y confirmar la viabilidad técnica-económica y de sostenibilidad de su reciclaje a escala y en la práctica, en conjunto con toda la cadena de valor, teniendo en consideración los esfuerzos futuros que esto implica y las soluciones alternativas existentes.

Respecto de lo anterior, es importante tener a la vista la definición de reciclabilidad. En Chile no dispone de una definición en nuestra normativa, sin embargo, se está trabajando en un reglamento de rotulado que la abordará, por lo cual ya se cuenta con un cierto avance. Como parte del análisis, se examinó la definición e interpretación de la reciclabilidad en distintos contextos internacionales, incluida la de Fundación Ellen MacArthur (utilizada por la Red Global de Pactos de los Plásticos y el *Global Commitment*), Unión Europea, Canadá, Estados Unidos, y Australia; efectuando una comparación con lo planteado hasta ahora como definición para Chile. Al respecto se destaca que en todos los casos se reconoce que no basta con que un material sea técnicamente reciclable, sino que también deben existir las infraestructuras y capacidades necesarias para llevar a cabo el reciclaje de manera efectiva y eficiente en la práctica y a escala. En ese sentido, la Fundación Ellen MacArthur establece que, a nivel local o país, un envase o embalaje es considerado reciclable en la práctica y a escala, si alcanza un 30% de reciclaje posconsumo respecto de lo puesto en el mercado o consumido. Para el caso del PAI, las definiciones de reciclabilidad revisadas dan cuenta de que es necesario tener a la vista la cadena de valor completa del material para considerarlo como reciclable y no basta solo con que sea técnicamente factible de valorizar.

De acuerdo a lo anterior, la creación de una cadena de reciclaje de envases de PAI para yogur y postres efectiva y sostenible en Chile implica un desafío que trasciende a un solo actor de la industria. Requiere un esfuerzo conjunto y una visión compartida de todos los participantes clave en la cadena de valor. Es imperativo que exista la voluntad colectiva de buscar metas comunes entorno a la circularidad del PAI.

Actualmente a nivel nacional se identifica una baja tasa de reciclaje de PAI, principalmente debido a la falta de un mercado final para esta resina y a las complejidades asociadas a su recolección y clasificación. Por otra parte, queda de manifiesto que en el último tiempo en Chile se han estado efectuando acciones para avanzar en el reciclaje de los envases de PAI, lo que se ha visto impulsado además por la reciente entrada en vigencia, en septiembre de 2023, de la Ley REP para envases y embalajes. Destaca el Programa Sonrisa Circular de Soprole, que ha permitido aumentar la recolección de estos envases en el país y potenciar su valorización, no solo para fabricar maderas plásticas para mobiliario, sino también para fabricar bandejas que Soprole utiliza para distribuir sus productos. Destaca también la Mesa Técnica del poliestireno liderada por ASIPLA que operó entre 2019 y 2023, y que en conjunto con actores relevantes de la cadena de valor, entre los que se encuentran COEXPAN, REPS (Ex Reciclajes Cono Sur), Laben Chile, y empresas lácteas, impulsó la evaluación de distintas alternativas de reciclaje del PAI, como el “proyecto estructura ABA o barrera funcional” liderado por COEXPAN, el “FONDEF *Challenge test*” liderado por Laben Chile, y la “Tecnología *super clean* (GNEUSS)”. Todas estas iniciativas consideran la incorporación de PAI reciclado en nuevos envases de yogur y postres, es decir, apuntan a un reciclaje de calidad y circular que contribuiría a valorizar un volumen significativo de envases de PAI y a la minimización de residuos. Otro de los proyectos nacionales revisados en este estudio que apunta en la misma dirección, es el proyecto “FONDEF de Reciclaje químico de residuos de poliestireno” liderado por la Universidad de Chile y CENEM, que también se identifica como una de las alternativas de reciclaje destacadas.

Todas las iniciativas anteriores tienen el potencial de ampliarse y/o instalarse a nivel industrial en Chile, lo que en cualquier caso requiere de la evaluación de su sostenibilidad y factibilidad técnico-económica, teniendo en consideración la cantidad de PAI que se pone en el mercado de Chile y las cantidades que se proyecta se podrían recolectar, clasificar y valorizar en el tiempo en el país, junto con los esfuerzos económicos, prácticos y de coordinación con toda la cadena de valor que esto implica. A la vez, es necesario tener a la vista y comparar las iniciativas que apuntan al reciclaje del PAI con soluciones alternativas, como el cambio de la materialidad de los envases de PAI.

La revisión de lineamientos y acciones sobre el manejo de PAI a nivel internacional da cuenta de que algunos países, entidades y empresas han optado por la eliminación o sustitución del poliestireno, tal es el caso de países como Reino Unido, Canadá, Sudáfrica, Kenia e India, y del 60% de las entidades que conforman el *Global Commitment* de la Fundación Ellen MacArthur (Fundación Ellen MacArthur, 2023). Al respecto cabe señalar que este porcentaje se refiere al PS en general y no al PAI en el cual se centra el presente estudio. Por el contrario, hay países que han optado por continuar utilizando el PAI para envases de yogur y postres y potenciar su reciclaje, entre los que destaca Francia, país en el que se conformó un consorcio del poliestireno (Consortio P25), el cual definió en el año 2021 que era factible reciclarlo en la práctica y a escala, efectuando desde entonces acciones para avanzar en esta dirección (mejoras en el diseño, recolección, clasificación y valorización de los envases de PAI mediante reciclaje químico principalmente y mecánico). Otros países han avanzado en la mejora de la infraestructura de valorización del PAI, tal es el caso de Colombia, Bélgica, España, Alemania, Italia, y Japón. Destaca el caso de Bélgica, país en el que el julio de 2024 comenzará a operar en la ciudad de Amberes la primera planta de reciclaje químico en Europa para PAI a base a despolimerización térmica del PS, el que será utilizado en parte por la empresa TRINSEO del mismo país para fabricar resinas de PAI recicladas para envases de productos lácteos, entre otras aplicaciones.

## 5.1 Opciones para el reciclaje de PAI y alternativas de sustitución

De acuerdo a las diversas experiencias tanto nacionales como internacionales revisadas, se identifican opciones para el reciclaje del PAI en Chile y opciones alternativas de sustitución del material, ambas representan desafíos, y aspectos destacados y desfavorables que se deben tener a la vista y evaluar.

### 5.1.1 Opciones para el reciclaje de PAI y sus mercados finales

Respecto del reciclaje del PAI en Chile y sus mercados finales, se identifica como una de las opciones viables el reciclaje para la elaboración de la estructura ABA o barrera funcional, que tendría menores costos de inversión asociados en comparación con otras alternativas y no requeriría de mayores adaptaciones en las líneas de termoformado de los envases de yogur y postres. Además, presenta un alto potencial de escalabilidad y podría cubrir aproximadamente el 30% del material puesto en el mercado. Al respecto se debe tener presente que es una tecnología que está en proceso de aprobación por parte de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, lo que puede tardar algunos años, aunque se encuentra en una etapa avanzada en el respectivo proceso de evaluación, de hecho esta tecnología está siendo utilizada en España a nivel comercial.

Otra de las alternativas viables de implementar es la tecnología de super lavado o *super clean*, como la desarrollada por la empresa alemana GNEUSS. Esta tecnología permitiría reciclar un porcentaje mayor de PAI, pero requeriría una mayor inversión inicial (CAPEX) que la anterior. Esta tecnología aunque supone un mayor desembolso económico, permite una mayor limpieza y purificación del material reciclado, asegurando así su adecuación a los estándares de calidad y seguridad requeridos para su uso en la fabricación de nuevos envases que estén en contacto directo con el alimento. Cabe señalar que esta tecnología ya se encuentra aprobada en Estados Unidos por la FDA y por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria.

Otra opción que ya se ha podido validar técnicamente a nivel semi-piloto en Chile es el reciclaje químico mediante pirólisis. Esta tecnología considera el uso del estireno obtenido del PAI en el proceso de reciclaje químico del PET. Para esta tecnología todavía falta conocer su viabilidad económica a una escala industrial, ya que, se ha evaluado para una escala menor.

Por último la tecnología de reciclaje químico del PAI a base a despolimerización térmica del PS permite aplicaciones de mejor calidad y volumen, dado que el aceite de estireno puede ser utilizado como materia prima para la fabricación de nuevos envases. Cabe señalar que el reciclaje químico cuenta con las condiciones regulatorias europeas para su implementación. Para este tipo de reciclaje aún falta conocer su viabilidad económica, ya que, es una opción más costosa que las anteriores.

Es importante también tener en consideración y evaluar otras opciones y estrategias de mercado final más sencillas en la práctica y menos costosas que pueden implementarse en el corto plazo, como por ejemplo la fabricación de bandejas para yogur que ya se efectúa en Chile.

### **5.1.2 Opciones alternativas de sustitución**

A nivel internacional, se han identificado países y entidades que han implementado un cambio en sus envases de yogur y postres, optando por el uso de PET y PP en lugar de PAI. Este cambio se enmarca en la lógica de la eliminación de los llamados “plásticos problemáticos”, dentro de los cuales en algunos países se ha incluido al PAI. Esta sustitución no está exenta de desafíos y requiere de un análisis cuidadoso.

El cambio a PET o PP implicaría una inversión inicial alta (CAPEX) y mayores costos de producción. Esto se debería principalmente a las diferencias inherentes en las propiedades y los procesos de fabricación de estos materiales en comparación con el PAI. El PET y PP son materiales más densos que el PAI y su procesamiento requiere técnicas y maquinaria diferentes, como, por ejemplo, en el caso del PET se requiere cambiar la máquina de corte, debido a que es más duro que el PAI, mientras que en el caso del PP se requiere mayor temperatura (Cox R., 2023).

Se debe tener presente también que en el caso de los envases de yogur de formato individual es complejo replicar con PET el prepicado actualmente utilizado para packs de yogur, ya que este es más difícil de cortar. Además, la presencia de restos de yogur en los envases post consumo sigue siendo un aspecto complejo de manejar independiente del tipo de material o resina.

Por otra parte se estima que la fabricación de envases con PET o PP podría tener una mayor huella de carbono, lo que se vincula principalmente con dos aspectos:

1. Por una parte, la densidad del PAI es menor que la del PET y PP, lo que implicaría un mayor uso de material asociado a estos últimos. Por ejemplo, en el caso del PET, su densidad es aproximadamente un 40% mayor, lo que se traduce en un envase con un mayor peso final.
2. Por otro lado, el procesamiento de PET y PP son más intensivos en el uso de maquinaria, lo que se traduciría en mayores usos de energía para la fabricación de los envases.

Aun no se han identificado estudios de análisis de ciclo de vida asociados a la fabricación de envases de PAI vs PET y/o PP, lo cual imposibilita conocer realmente si el uso de PAI y su posterior reciclaje conllevaría una menor huella de carbono que el uso de PET o PP.

Por último, es necesario evaluar los desafíos que enfrenta la cadena de reciclaje completa asociada a envases de PET y/o PP para yogur y postres, incluido sus mercados finales. Por ejemplo, en Reino Unido actualmente los envases de yogur de PET son reciclados para fabricar principalmente bandejas para alimentos.

De esta forma, cada material tiene sus propias ventajas y desventajas que deben ser evaluadas cuidadosamente para determinar la opción más viable desde la perspectiva técnica-económica y de sostenibilidad en función del contexto local.

## 5.2 Acciones y subacciones recomendadas

En base al análisis efectuado en este estudio, se han identificado acciones y recomendaciones preliminares necesarias para desarrollar la “**Estrategia de circularidad de envases de poliestireno (PS) del alto impacto (PAI) en Chile**”, las que se listan a continuación.

Este listado se espera sea revisado y consensuado con los actores clave de la cadena de valor del PAI de Chile.

- **Acción 1:** Convocar a entidades relevantes de la cadena de valor del PAI en Chile a que sean parte del desarrollo de la Estrategia y se integren al PCP.
  - Subacción 1.1: Convocar a empresas lácteas, transformadores, valorizadores, entidades expertas y academia, entre otros.
  - Subacción 1.2: Establecer una alianza de trabajo conjunto y una visión compartida.

- Subacción 1.3: Acordar un trabajo colectivo y colaborativo para buscar soluciones sostenibles para envases de yogur y postres.
- **Acción 2:** Complementar el levantamiento de información de interés efectuado, a través de entrevistas y revisión de antecedentes bibliográficos adicionales.
  - Subacción 2.1: Realizar entrevistas a empresas lácteas, a entidades que recolectan y clasifican PAI a nivel nacional e internacional, y a entidades que valorizan PAI a nivel nacional e internacional.
- **Acción 3:** Actualizar y analizar las cantidades de envases de PAI para yogur y postres de Chile.
  - Subacción 3.1: Actualizar y analizar la cantidad que se consume o pone en el mercado, recolecta, clasifica, y valoriza, y su proyección futura.
- **Acción 4:** Analizar las opciones para la valorización de PAI identificadas y su viabilidad en el contexto nacional.
  - Subacción 4.1: Analizar las cantidades de PAI que requieren para operar, los costos de implementación, alternativas para su financiamiento, y aspectos regulatorios asociados que favorezcan o no su instalación, operación y cumplimiento de metas de la Ley REP.
  - Subacción 4.2: Identificar si hay otros aspectos relevantes que deban ser analizados.
  - Subacción 4.3: Identificar si hay una o más opciones viables de valorización para implementar en Chile y seleccionar la(s) más adecuadas en base a criterios consensuados.
  - Subacción 4.4: Realizar pruebas a escala o pilotos en conjunto, en caso de ser necesario, para demostrar la factibilidad técnico-económica de una o más alternativas de valorización.
- **Acción 5:** Analizar las alternativas de sustitución y sus implicancias (ventajas y desventajas).
  - Subacción 5.1: Evaluar la inversión inicial y los costos de producción del cambio a PET o PP en comparación con el PAI.
  - Subacción 5.2: Considerar el impacto medioambiental y la viabilidad técnica de cada material.
- **Acción 6:** Estandarizar y mejorar los criterios de diseño de los envases de PAI de yogur y postres.
  - Subacción 6.1: Analizar en conjunto con toda la cadena de valor las necesidades de diseño de los envases, considerando todo su ciclo de vida, incluido las etapas finales de vaporización.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

---

- Aimplas. (02 de noviembre de 2022). *Reciclaje de envases: evaluación y reciclabilidad*. Obtenido de <https://www.aimplas.es/blog/reciclabilidad-de-los-envases/#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20definici%C3%B3n%20de%20reciclabilidad%20propuesta%20por%20PRE,y%20disponibles%20en%20una%20geograf%C3%ADa%20concreta.%20M%C3%AIs%20elementos>
- ASIPLA (a). (21 de Diciembre de 2021). *asipla.cl*. Obtenido de 2º Estudio sobre Reciclaje de Plásticos en Chile: <https://www.asipla.cl/wp-content/uploads/2022/01/Resumen-Ejecutivo-2ndo-Estudio-Reciclaje-2020.pdf>
- ASIPLA (b). (31 de mayo de 2021). *Coexpan obtiene resultados positivos con poliestireno 100% reciclado para aplicaciones de envasado de yogur FFS*. Obtenido de <https://www.asipla.cl/coexpan-obtiene-resultados-positivos-con-poliestireno-100-reciclado-para-aplicaciones-de-vasado-de-yogur-ffs/>
- ASIPLA. (s.f.). *asipla.cl*. Obtenido de <https://www.asipla.cl/los-plasticos/>
- Australian Packaging Covenant Organization. (2020). *Sustainable Packaning Guidelines SPGs*. Obtenido de [https://documents.packagingcovenant.org.au/public-documents/Sustainable%20Packaging%20Guidelines%20\(SPGs\)](https://documents.packagingcovenant.org.au/public-documents/Sustainable%20Packaging%20Guidelines%20(SPGs))
- Blot, Q. (29 de noviembre de 2022). Entrevista Elipso - Francia.
- Carvajal. (s.f.). *Alpina y Carvajal innovan en Colombia con material plástico reciclado de poliestireno*. Obtenido de <https://www.carvajal.com/noticias/alpina-y-carvajal-innovan-en-colombia-con-material-plastico-reciclado-de-poliestireno/>
- CENEM. (agosto de 2022). *cenem.cl*. Obtenido de <https://cenem.cl/newsletter/agosto2022/detalle-01.php>
- Centro de Envases y Embalajes. (s.f.). *cenem.cl*. Obtenido de <https://cenem.cl/>
- Circula el Plástico. (2020). *Hoja de Ruta PCP*. Obtenido de [circulaelplastico.cl: https://circulaelplastico.cl/wp-content/uploads/2020/04/roadmap-pacto-chileno-de-los-plasticos.pdf](https://circulaelplastico.cl/wp-content/uploads/2020/04/roadmap-pacto-chileno-de-los-plasticos.pdf)
- Circula el Plástico. (2021). *Reportabilidad Pacto Chileno de los Plásticos*. Obtenido de <https://circulaelplastico.cl/wp-content/uploads/2021/07/Reportabilidad-del-Pacto-Chileno-de-los-Pla%CC%81sticos-JULIO-2021.pdf>
- Circula el Plástico. (s.f.). *circulaelplastico.cl*. Obtenido de <https://circulaelplastico.cl/noticias/acuerdo-de-produccion-limpia-liderado-por-asipla-busca-potenciar-la-demanda-de-resinas-plasticas-recicladass/>
- Circula el Plástico. (s.f.). *Documento Técnico de Plásticos Problemáticos*. Obtenido de [Circulaelplastico.cl: https://circulaelplastico.cl/wp-content/uploads/2020/12/FINAL-Listado-de-Pla%CC%81sticos-Problema%CC%81ticos.pdf](https://circulaelplastico.cl/wp-content/uploads/2020/12/FINAL-Listado-de-Pla%CC%81sticos-Problema%CC%81ticos.pdf)
- Coexpan, C. M. (enero de 2023). Comité Técnico de PCP. Santiago, Chile.
- Cox, R. (10 de noviembre de 2022). Comité Técnico Pacto Chileno de los Plásticos. Santiago.
- Cox, R. (16 de noviembre de 2023). Entrevista Pacto de los Plásticos Reino Unido.
- Danone Francia. (s.f.). Danone está comprometida con la salud de las generaciones futuras ofreciendo productos buenos, naturales y locales. Obtenido de <https://www.danone.fr/nos-produits-laitiers-frais/danone.html>

- DPC Latam. (25 de febrero de 2019). *SECTOR LACTEO EN CHILE - 2do Reporte final*. Obtenido de <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/binaries/agroberichtenbuitenland/documenten/rapporten/2019/05/23/zuivelsector-in-chili/Sector+Lacteo+en+Chile+%282do+Reporte+final%29.pdf>
- Ecoplas, C. d. (18 de mayo de 2011). *ecoplas.org.ar*. Obtenido de <https://ecoplas.org.ar/pdf/38.pdf>
- Ellen Macarthur Foundation. (s.f.). *Compromiso Global 2022 Food insights : Envases de plástico*. Obtenido de [ellenmacarthurfoundation.org](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/global-commitment-2022-food-insights); <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/global-commitment-2022-food-insights>
- Ellen Macarthur Foundation. (s.f.). *Global Commitment 2022 : Perspectiva del gobierno*. Obtenido de [ellenmacarthurfoundation.org](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/global-commitment-2022-government-insights); <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/global-commitment-2022-government-insights>
- Eni. (04 de julio de 2022). *Versalis to sign agreement with Forever Plast for plastics recycling plant at Porto Marghera*. Obtenido de <https://www.eni.com/en-IT/media/press-release/2022/07/versalis-sign-agreement-forever-plast-plastics-recycling-plant-porto-marghera.html>
- Environment and Climate Change Canada. (2022). *Consultation paper: Towards Canada-wide rules to strengthen recycling and composting of plastics through accurate labelling*. Obtenido de <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/canadian-environmental-protection-act-registry/consultation-rules-recycling-composting-plastics-labelling.html#toc34>.
- Eslava, D. (17 de abril de 2024). Entrevista ESLAVA España.
- European Parliament. (2023). *Revision of the Packaging and Packaging Waste Directive*. Obtenido de EU Legislation in Progress: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/745707/EPRS\\_BRI\(2023\)745707\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/745707/EPRS_BRI(2023)745707_EN.pdf)
- Frischli Foodservice. (s.f.). *frischli-foodservice.de*. Obtenido de <https://frischli-foodservice.de/produkt/caffe-sahne-10-2>
- Fundación Ellen Macarthur. (2021). *Finding a common language — the circular economy glossary*. Obtenido de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/glossary>
- Fundación Ellen MacArthur. (2022). *Global Commitment 2022 Report*. Obtenido de <https://emf.thirdlight.com/link/f6oxost9xeso-nsjoqe/@/#id=2>
- Fundación Ellen Macarthur. (2023). *Global Commitment 2023*. Obtenido de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/global-commitment-2023/overview>
- Galotto, M. J. (28 de noviembre de 2023). Entrevista Laben Chile.
- GIRO. (5 de octubre de 2023). *Ministerio del Medio Ambiente aprueba Plan de Gestión de GIRO y da luz verde para el cumplimiento de sus metas domiciliarias de reciclaje*. Obtenido de <https://girorecicla.cl/ministerio-del-medio-ambiente-aprueba-el-plan-de-gestion-de-giro-y-da-luz-verde-para-el-cumplimiento-de-sus-metas-domiciliarias-de-reciclaje/>
- GIRO. (2023). *Tarifas 2024*. Obtenido de <https://girorecicla.cl/tarifas-2024/>

- GIRO. (2024). *Listado de Socios*. Obtenido de <https://girorecicla.cl/listado-de-socios/>
- Gonzalo Perez, R. R. (24 de octubre de 2023). Entrevista.
- Government of Canada. (24 de mayo de 2023). *Developing recycled content and labelling rules for plastics*. Obtenido de <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-reducing-waste/reduce-plastic-waste/recycle-content.html>
- Guarda, G. (2022). Presentación Sesión Comité Técnico Circula el Plástico.
- Guarda G. & Retamales S., (28 de noviembre de 2023). Entrevista Nestlé.
- Guenel, C. (22 de febrero de 2024). Entrevista CITEO Francia.
- José Fernández, C. M. (03 de noviembre de 2023). Coexpan Entrevista.
- Krishi Jagran. (26 de diciembre de 2020). *PS Japan Aims to Make Chemical Recycling Viable for Polystyrene*.
- L'observatoire des aliments, s.f. Obtenido de <https://observatoire-des-aliments.fr/environnement/yaourts-et-plastique-une-absurdite>
- Les 300 Laitiers Bio. (2023). Obtenido de <https://les300laitiersbio.fr/produit-laitier-bio/>
- Lozier, F. (2022). Presentación Sesión Comité Técnico Circula el Plástico.
- Lozier, F., & Garin, G. (08 de noviembre de 2023). Entrevista Soprole.
- Magazine Reciclado. (09 de febrero de 2022). *Planta de Reciclaje Químico Trinseo en marcha*. Obtenido de <https://magazinereciclado.com/2022/02/09/planta-de-reciclaje-quimico-trinseo-en-marcha/>
- Ministerio del Medio Ambiente. (01 de junio de 2016). *Ley 20920 Establece Marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894>
- Ministerio del Medio Ambiente. (16 de marzo de 2021). *Decreto 12 Establece metas de recolección y valorización y otras obligaciones asociadas a envases y embalajes*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1157019>
- Miquel, C., & Fernández, J. (14 de septiembre y 03 de noviembre de 2023). Entrevistas Coexpan.
- Nestlé. (2022). *Reporte de Sustentabilidad 2021*. Obtenido de <https://www.nestle.cl/sites/g/files/pydnoa376/files/2022-11/Reporte-Sustentabilidad-2021-Nestle-Chile.pdf>
- Palza, H. (07 de diciembre de 2022). Proyecto FONDEF "Reciclaje químico de residuos de poliestireno para la obtención de estireno y su incorporación a una economía circular". Santiago.
- Parlamento Europeo y Consejo. (22 de noviembre de 2008). *Directiva 2008/98/EC del Parlamento Europeo y del Consejo*. Obtenido de Official Journal of the European Union: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj/eng>
- Plastic Technology México. (26 de julio de 2022). *Trinseo y CEDAP producen poliestireno reciclado para envases de yogur*. Obtenido de <https://www.pt-mexico.com/noticias/post/trinseo-y-cedap-producen-poliestireno-reciclado-para-envases-de-yogur>
- Plásticos, E. C. (diciembre de 2020). *circulaelplastico.cl*. Obtenido de <https://circulaelplastico.cl/publicaciones/documento-tecnico-de-plasticos-problematicos/>

- Plastics Europe. (21 de diciembre de 2022). *Chemical Recycling in Brief*. Obtenido de [https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/12/OnePager\\_-P-E\\_Chemical-Recycling\\_221222.pdf](https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/12/OnePager_-P-E_Chemical-Recycling_221222.pdf)
- Quillayes-Surlat. (s.f.). *Política de Sustentabilidad*. Obtenido de <https://www.surlat.cl/politica-de-sustentabilidad/>
- REPS. (2023). *reciclajesconosur.cl*. Obtenido de <https://www.reciclajesconosur.cl/quienes.html>
- ¿Es el PS un material 100% circular? *envases alimentarios*. Obtenido de <https://www.residuosprofesional.com/planta-poliestireno-reciclado-envases-alimentarios/>
- ReSimple. (octubre de 2023). *Tarifario ReSimple*. Obtenido de <https://www.resimple.cl/plan-de-gestion-y-tarifas/>
- ReSimple. (12 de febrero de 2024). *Listado de Socios*. Obtenido de <https://www.resimple.cl/listado-de-socios/>
- Rey, P. (4 de diciembre de 2023). Entrevista TriCiclos.
- SGP Pack. (04 de abril de 2023). *¿Qué requisitos deben cumplir los envases plásticos aptos para microondas?* Obtenido de <https://www.spg-pack.com/blog/envases-plastico-microondas/#:~:text=Si%20atendemos%20a%20los%20c%C3%B3digos,sustancias%20como%20el%20Biosfenol%2DA.>
- Silva, N., & Pereda, I. (09 de noviembre de 2023). Entrevista ReSimple. (S. Acuña, & C. Yunis, Entrevistadores)
- Soprole. (2021). *Memoria anual 2020*. Obtenido de <https://www.soprole.cl/public/storage/secciones/archivos/informacion-emisor/Memoria%20anual%202020.pdf>
- Soprole. (2023). *Reporte de Sostenibilidad 2022*. Obtenido de <https://www.soprole.cl/public/storage/secciones/archivos/sostenibilidad/Reporte%20Soprole%202022.pdf>
- Soprole. (2024). *¿Qué hemos hecho con lo reciclado?* Obtenido de <https://www.soprole.cl/nutriendo-sonrisas/ssc/cuanto-llevamos-reciclando#menu-info-nosotros>
- Tecnología del Plástico. (09 de septiembre de 2022). *¿Es el PS un material 100% circular?* Obtenido de <https://www.plastico.com/es/noticias/ya-es-posible-reciclar-residuos-de-poliestireno-post-consumo-para-embalaje-de-alimentos>
- Tecnología del Plástico. (27 de julio de 2022). *¿Ya es posible reciclar residuos de poliestireno post-consumo para embalaje de alimentos?* Obtenido de <https://www.plastico.com/es/noticias/es-el-ps-un-material-100-circular>
- Tecnología del Plástico. (09 de mayo de 2023). *Plástico reciclado de poliestireno en envases de alimentos*. Obtenido de <https://www.plastico.com/es/noticias/plastico-reciclado-de-poliestireno-en-envases-de-alimentos>
- TOMRA. (05 de julio de 2023). *TOMRA partners with INEOS Styrolution and EGN to recycle post-consumer waste into food-contact polystyrene*. Obtenido de <https://www.tomra.com/news-and-media/news/2023/tomra-partners-with-ineos-styrolution-and-egn>

- TriCiclos. (marzo de 2024). *Puntos Limpios*. Obtenido de <https://triciclos.net/puntos-limpios/>
- TriCiclos. (s.f.). *Triciclos.net*. Obtenido de <https://triciclos.net/triciclos-reconocida-como-best-of-the-world-2021/>
- TRINSEO. (19 de abril de 2021). *INEOS Styrolution, Recycling Technologies and Trinseo Progress Plans for the First Polystyrene Recycling Plant in Europe*. Obtenido de <https://www.trinseo.com/News-And-Events/Trinseo-News/2021/April/INEOS-Styrolution-Recycling-Technologies-and-Trinseo>
- Trinseo. (23 de septiembre de 2021). *Trinseo & Indaver Announce Offtake Agreement for Recycled Styrene*. Obtenido de <https://www.trinseo.com/News-and-Events/Trinseo-News/2021/September/Trinseo---Indaver-Announce-Offtake-Agreement-for-Recycled-Styrene>
- Trinseo. (s.f.). *Polystyrene (PS) Resins*. Obtenido de <https://www.trinseo.com/Solutions/Polystyrene-Resins>
- Universidad de Chile. (23 de agosto de 2023). Obtenido de <https://ingenieria.uchile.cl/noticias/208372/equipo-propone-tecnologia-que-podria-ahorrar-toneladas-de-plastico>
- Ureta, M., & García, J. (22 de noviembre de 2023).
- US Plastic Pact. (s.f.). *Definitions*. Obtenido de <https://usplasticpact.org/definitions/#:~:text=RECYCLABLE%20PACKAGING%20RENEWABLE%20MATERIAL%20RESPONSIBLY,market>
- Van Aelst, K. (27 de marzo de 2024). Entrevista INDAVER Bélgica.
- Waste Management World (13 de junio de 2022). *Polystyrene Recycling: Difficult but not impossible*.  
Obtenido de <https://waste-management-world.com/resource-use/polystyrene-recycling-difficult-but-not-impossible/>
- Watts. (s.f.). *Una larga historia de tradición, crecimiento y mucho sabor*. Obtenido de <https://www.watts.cl/nuestra-empresa/historia>