

Trazabilidad y contabilidad del **plástico** mediante el sistema A.P.A.

Joseluis Samaniego
Clara Salina
José Antonio Ruetter
Juan Pablo Sanguinetti
María Lillian Allen



NACIONES UNIDAS

CEPAL



COP25

Euroclima+



Financiado por
la Unión Europea

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

 www.cepal.org/es/publications

 www.cepal.org/apps

Trazabilidad y contabilidad del plástico mediante el sistema A.P.A.

Joseluis Samaniego
Clara Salina
José Antonio Ruette
Juan Pablo Sanguinetti
María Lillian Allen



Financiado por
la Unión Europea

Este documento fue preparado por Clara Salina, José Antonio Ruetter, Juan Pablo Sanguinetti y María Lillian Allen, Consultores de la Unidad de Cambio Climático, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y coordinado por Joseluis Samaniego, Director de la misma División, en el marco del programa EUROCLIMA+ y con el apoyo de la presidencia del 25^o período de sesiones de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 25). Se expresan especiales agradecimientos a las siguientes personas por sus comentarios, sugerencias, aportes y revisiones del documento: Estefani Rondón, Cristián Rodríguez, Rodrigo Hernández, Daniela Rovelli, Gonzalo Urrutia y Cristián Solís.

Ni la Unión Europea ni ninguna persona que actúe en su nombre es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en esta publicación.

Las opiniones y puntos de vista expresados en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con los puntos de vista de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe y la Unión Europea.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2021/69
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2021
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.21-00200

Esta publicación debe citarse como: J. Samaniego y otros, "Trazabilidad y contabilidad del plástico mediante el sistema A.P.A.", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2021/69), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Resumen	7
Introducción	9
I. Plástico: gestión, políticas y leyes de un hito en la historia reciente.....	13
A. Europa: la situación general de sus políticas.....	17
1. El eslabón faltante.....	19
2. Recolectar no es reciclar: la realidad que mostró China en 2018	19
B. Alemania.....	21
C. Italia: un proceso a dos velocidades.....	23
D. República de Corea: el "sistema de recolección ideal", la paradoja del segundo lugar del ranking del 2013.....	26
E. Japón: enfrentar la adicción al plástico.....	26
F. La Fundación Ellen MacArthur: el programa Global Commitment	27
1. Progreso de las empresas de consumo masivo FMCGs.....	29
G. Normativa en torno al plástico en el mundo.....	30
II. La gestión de residuos plásticos en América Latina y el Caribe: Chile	33
A. Alianza del Pacífico	33
B. Principales contenidos del análisis	34
1. Responsabilidad Extendida del Productor - REP.....	34
2. Medidas de prohibición de plásticos de un solo uso	35
3. Cobro de impuesto sobre el plástico.....	35
4. Incentivos a producción de plástico reciclado	36
5. Países miembros de la Alianza del Pacífico	36
C. Efecto pandemia.....	43
D. Necesidad de trazabilidad y contabilidad	43
III. Trazabilidad y contabilidad de plásticos con la herramienta "Atributos para Almacenaje" – A.P.A.	45

A.	Más allá de las 7 categorías	46
B.	La cadena de bloques y el padrón son los pilares del sistema A.P.A.	46
C.	Los actores del sistema A.P.A.	48
1.	La industria	48
2.	El comercio.....	49
3.	El consumidor.....	49
4.	El recolector	49
D.	La API	49
E.	¿Porqué usar el sistema de criptomoneda como un sistema de control y seguimiento para materiales reciclables?.....	52
F.	Registro del producto en el sistema	54
1.	El supermercado XY recibe un lote del producto Y320	54
2.	El producto es vendido y llevado por los clientes	55
3.	Registro de reciclable entregado en un centro de reciclaje	55
4.	El material es recibido por el recolector/reciclador final.....	55
5.	Como analizar los resultados y los saldos en los monederos	55
G.	Aspectos jurídicos propios de la investigación	56
H.	Aspectos tributarios de la herramienta	57
IV.	El reciclaje químico como una oportunidad y la urgencia de establecer un marco teórico y legal	59
A.	Europa	62
B.	Alemania.....	63
C.	BASF.....	64
D.	Finlandia	64
E.	NESTE desarrolla reciclaje químico	65
F.	Francia	65
G.	Alianzas de TOTAL y de Veolia.....	65
H.	América Latina	66
I.	Chile.....	67
J.	El proceso ENAP	67
K.	Aspectos legales en Chile	69
1.	Legislación para plantas de reciclaje químico en Chile	69
V.	Conclusiones y recomendaciones	75
	Bibliografía.....	77
	Anexo	85
Cuadros		
Cuadro 1	Italia recolección por región y per cápita 2018-2019	24
Cuadro 2	Contenidos destacados del reporte anual 2018 de ONU Medio Ambiente.....	31
Cuadro 3	Ejemplos de formas de REP reguladas y voluntarias para envases y embalajes	34
Cuadro 4	Herramientas para limitar el uso de bolsas de plástico	35
Cuadro 5	Principales impuestos al consumo de bolsas de plástico.....	36

Cuadro 6	Criterios de evaluación incorporados por el manual de procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia	37
Cuadro 7	Criterios competencia autoridades.....	40
Cuadro 8	Plásticos que se reciclan de sus 280 tipos	47
Cuadro 9	Modelo de Padrón electrónico.....	48
Cuadro 10	Empresas de reciclaje químico.....	60

Gráficos

Gráfico 1	Evolución de la población mundial de 1950 a 2050	15
Gráfico 2	Volumen acumulado de producción de plástico en todo el mundo de 1950 a 2050	15
Gráfico 3	Cero residuos a vertederos para lograr la economía circular de los plásticos. Tasas de reciclaje, recuperación de energía y disposición de relleno sanitario de residuos de plásticos post-consumidor por país en 2018.....	18
Gráfico 4	Los países que ganaron la carrera de reciclaje porcentaje de residuos reciclados y compostados del total de residuos municipales en los países de la OCDE (2013)	20
Gráfico 5	Objetivos de reciclaje hasta el 2022. Evidencia metas residuos plásticos y reciclaje mecánico	21
Gráfico 6	Evolución de los envases del segmento agua (con CO ₂)2003-2014	23
Gráfico 7	Exportación de plásticos en Japón.....	26
Gráfico 8	Contenido de plástico reciclado post-consumo en los envases de plástico. Media ponderada del contenido de plásticos reciclados en los envases de los firmantes en los sectores productos envasados y ventas al por menor	28
Gráfico 9	Datos históricos y proyecciones hasta 2050 de la producción y eliminación de residuos plásticos.....	59
Gráfico 10	Opciones de recuperación de plásticos en la EU entre 1996 y 2008: todavía no consideraba determinante el reciclaje químico	63
Gráfico 11	Reciclaje químico por región en la previsión para el 2030 y la ausencia de América Latina en las previsiones mundiales del sector	67

Recuadros

Recuadro 1	Plásticos, salud y clima.....	15
Recuadro 2	Monitoreo inadecuado y desarmonizado del flujo y desempeño de los plásticos. Se traduce y reproduce un texto contenido en la sección "Desafíos y Oportunidades"	19
Recuadro 3	Clima, salud y la paradoja COVID-19	44
Recuadro 4	El logo del reciclaje.....	61
Recuadro 5	7 pasos para legislar de manera efectiva sobre el reciclaje químico	69

Diagramas

Diagrama 1	Línea de tiempo de los principales plásticos desde su descubrimiento	14
Diagrama 2	Envases y embalaje de plástico - Tratamiento de residuos en Italia	25
Diagrama 3	Progreso de las empresas de consumo masivo FMCGs (1 parte); las 10 principales empresas de consumo masivo. Principales indicadores de las 10 principales empresas de bienes de consumo a nivel mundial, por ingresos	29

Diagrama 4	Progreso de las empresas de consumo FMCGs (2 parte); otras grandes empresas de consumo masivo (solo firmatarias del Compromiso Global). Principales indicadores de otras grandes empresas de productos envasados en el Compromiso Global (por altos ingresos, excluyendo las del diagrama 3).....	30
Diagrama 5	Componentes de la aplicación.....	50
Diagrama 6	Uso del código de barras para indexar la información en el padrón	51
Diagrama 7	Actores que intervienen en la trazabilidad.....	52
Diagrama 8	Flujo y registros del material reciclable usando criptomonedas.....	53
Diagrama 9	Diagrama de bloques del proceso.....	68
Imagen		
Imagen 1	Plástico: historia, usos y soluciones para su gestión y valorización	12
Imagen 2	Japón y el uso extremo del plástico: una sola fresa envuelta en 5 capas de plástico.....	27

Resumen

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco del programa EUROCLIMA+ y con el apoyo de la Presidencia del 25º período de sesiones de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 25), Chile, estudió una propuesta para trazar y contabilizar el plástico en las economías de América Latina y el Caribe. La trazabilidad y contabilización del plástico permitirá dar mejores respuestas a aquellos que participan en la producción, distribución, uso, consumo, recolección y hasta el reciclaje de este material. La propuesta, que ya cuenta con un producto mínimo viable, se basa en una herramienta informática: el sistema A.P.A (Atributos para Almacenaje). Este registrará el peso y el tipo de plástico almacenado, entre otros datos, en un padrón digital asociado al código de barras de los productos comercializados. Los datos almacenados, incorruptibles y públicos, permitirán generar estadísticas útiles para la economía, las responsabilidades legales y tributarias y la fiscalización. El sistema puede ser ampliado para rastrear otros objetos, insumos y productos en el comercio y en los distintos sectores. Además del uso de esta herramienta de registro de datos, se estudia la posibilidad de reciclaje químico de los plásticos, lo que permitiría el cierre de su circularidad.

Introducción

¿Es posible contabilizar el plástico? ¿Es posible dar cuenta de la totalidad del material plástico que circula en la economía y que corre el riesgo de dispersarse en el medio ambiente? Esta pregunta es fundamental, a la luz de la evidencia que ha aparecido en los últimos años respecto a la magnitud de la crisis medioambiental relacionada con los residuos de este material y su manejo en el mundo entero.

Hoy es un lugar común afirmar que, desde su aparición en el mercado hasta la fecha, la masiva utilización de plástico en todo tipo de productos y subproductos, y la consiguiente proliferación de estos, presenta un inmenso desafío para toda la humanidad: nuestro medio ambiente –la tierra, pero sobre todo los mares– está lleno de desechos plásticos, los cuales dañan gravemente los ecosistemas, amenazan la vida animal y la calidad de vida (cuando no la supervivencia) de las personas, ya sea en el presente o en el mediano plazo.

En este escenario, no es suficiente dar cuenta de las cifras: para enfrentar técnicamente el desafío de controlar la crisis de los residuos plásticos en el mundo, es de vital importancia dimensionar el problema en forma precisa. El presente documento da cuenta de una nueva herramienta para este propósito, la cual posibilitaría un control efectivo del material al mismo tiempo que abriría nuevas oportunidades comerciales en el rubro del reciclaje.

La magnitud de los plásticos en el ambiente le da una nueva cualidad. Se estima que, desde su aparición a mediados del siglo XIX, se han producido más de 8.300 millones de toneladas de plástico. En 2015, la producción anual mundial se estima en 381 millones de toneladas¹. El éxito del plástico se debe a sus múltiples aplicaciones y a factores relacionados con la psicología social y el marketing: a lo largo de su historia en la industria y el comercio, éste se ha presentado como un material adaptable y flexible, comparativamente liviano y de fácil manejo, extremadamente barato, durable e inerte, en un escenario que no imponía a productores y comercializadores los costos de la gestión del residuo, el impacto ambiental o el impacto sobre la salud. presentado de esta forma, parecía la solución ideal para una mirada de problemas conectados con la producción industrial y el comercio a escala global, e incluso con la protección de la salud.

¹ Geyer R., Jambeck J., Lavender Law K., Production, use, and fate of all plastics ever made, Science Advances, 2017 [En línea] <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>.

No obstante, los numerosos problemas asociados fueron haciéndose evidentes en el camino. Sólo un 30% del plástico producido sigue en uso, mientras que unos 6.000 millones de toneladas han sido descartadas. Los desechos plásticos fueron acumulándose velozmente en enormes cantidades, saturando basurales y rellenos sanitarios terrestres, además de los océanos y entrando no sólo a la cadena trófica, sino a nuestros organismos por múltiples vías de exposición (véase en imagen 1).

El reciclaje ofrece una posible solución, pero se estima que sólo un 9% del plástico desechado ha sido reciclado. Sumando el 12% que ha sido incinerado, se evidencia que un 79% ha ido a parar a vertederos o se encuentra esparcido en el medio ambiente². El material así descartado provoca daños inconmensurables a los ecosistemas y a las personas. Entre otros problemas bien conocidos, los residuos plásticos, en su lento proceso de alteración en los mares, matan especímenes de la vida silvestre y liberan gases de efecto invernadero que contribuyen gravemente al cambio climático e introducen microplásticos en la cadena alimenticia.

A pesar de haber actores sociales competentes y capacitados, la magnitud de la cuestión dificulta gestionar eficazmente el control de los residuos, el diálogo con organizaciones internacionales, los estados y privados. Los avances en la trazabilidad llevados a cabo por gobiernos y organizaciones de todo tipo son insuficientes, o parciales, y no existen a la fecha herramientas que puedan cuantificar efectivamente la magnitud del desafío que enfrentamos y que, por consiguiente, puedan ofrecer soluciones técnicamente viables y económicamente responsables.

El proyecto A.P.A., que se presenta en este documento, (A.P.A., "Atributos para Almacenaje") se dirige a esa arista del problema. La investigación que lo sustenta surge de la propuesta de Clara Salina³ (integrante del grupo de trabajo de esta iniciativa), la cual ha difundido desde el 2014 y que sugiere ocupar el código de barras para trazar y contabilizar los plásticos, y aplicable a muchos otros materiales.

En su forma actual, la iniciativa propone una herramienta digital (blockchain) que hace posible alcanzar la trazabilidad y contabilidad efectiva del plástico circulante. Motivando a los productores y comercializadores de productos y subproductos plásticos, creándose para estos efectos un registro (Padrón) que contiene toda la información relevante de cada producto en su contenido de plástico (peso, tipo, etc.). Se asigna después a cada producto un valor equivalente en cadena de bloques, similar a las criptomonedas, el cual va circulando entre los diferentes actores del ciclo económico (productores, comercializadores, usuarios y recicladores), los cuales interactúan con el sistema mediante la interfaz API ("Interfaz de programación de aplicaciones"), permitiendo rastrear efectivamente el material y controlar su circulación en forma eficiente.

El presente documento da cuenta de la investigación y la propuesta en cuestión. Después de esta introducción, los contenidos están formulados de la siguiente manera:

El capítulo I plantea una revisión general del problema de los residuos plásticos a nivel mundial, con especial énfasis en la gestión de estos desde el punto de vista de la recolección y el reciclaje. Se detallan las estrategias y experiencias de algunos países europeos y asiáticos, con sus éxitos y sus limitaciones. Se destaca la importancia del plan National Sword (2018) del gobierno chino que marcó un antes y un después en la materia, frenando la ingente importación de residuos reciclables por parte del gigante asiático y que transformó el panorama global en la materia, obligando a los diferentes gobiernos a pasar de un paradigma de recolección-exportación a uno de reciclaje auténtico. Se evidencia el problema de la trazabilidad y la contabilidad de los residuos como un desafío aún no resuelto.

² Ibid.

³ Clara Salina es artista visual, investigadora y gestora cultural. Siendo el medio ambiente su preocupación primaria, ha estudiado, desarrollado, profundizado y difundido su propuesta "Barcode vs Plastic Waste" desde 2014. Ha participado a eventos como Our Ocean (Valparaíso, 2015) y COP22 (Marrakech, 2016) y ha sido invitada como speaker a la edición de ThinkDIF (Ellen MacArthur Foundation, 2016) y al "Foro de Los Países de América Latina y el Caribe Agenda 2030" (CEPAL 2018). La propuesta "Barcode vs Plastic Waste" ha sido nombrada en el Roll of Honour de LetsRecycle (Reino Unido) en 2016.

El capítulo II describe la situación regional de América Latina, con un énfasis particular en los países miembros de la Alianza del Pacífico (AP): México, Colombia, Perú y Chile. Se detallan las políticas públicas y las figuras legales creadas por los estados para combatir la acumulación de los desechos plásticos. Finalmente, se revisa en forma detallada la arista legal de la cuestión en América Latina.

El capítulo III presenta la herramienta A.P.A., la cual se encuentra desarrollada como “demo”. Ésta consiste en un sistema de trazabilidad y contabilidad basado en una cadena de bloques o blockchain que permite integrar la información relativa al plástico de productos y subproductos producidos y comercializados en una gran base de datos o Padrón, donde cada ítem tiene asignado un valor. Este valor va circulando entre los actores del proceso (productores, comercio, usuarios recicladores) que poseen un monedero virtual, interactuando a través de una interfaz. Los actores se encuentran vinculados en este proceso mediante “contratos inteligentes”, y se benefician del mismo mediante incentivos de diferente tipo. El rastreo digital permite trazabilizar y contabilizar los productos y subproductos desde su origen hasta su destino, posibilitando el control y la gestión efectiva de los mismos. Se presentan finalmente los aspectos legales que dan viabilidad a la iniciativa para el caso chileno.

El capítulo IV considera el reciclaje químico de los residuos plásticos, cuyo control permite no solamente una mejor tutela de la cuestión medioambiental, sino que tiene innegable interés de tipo económico. Considerando los avances llevados a cabo en Alemania y Finlandia, y perfilando las iniciativas incipientes y oportunidades en América Latina y Chile. En este marco, se incluye una posible iniciativa para la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) de Chile respecto a la viabilidad de incluir la refinación de plásticos y la producción de crudo sintético en sus instalaciones. También en este caso, se da cuenta del marco legal y regulatorio que permitiría su aplicación, con las consiguientes ventajas económicas derivadas de la cuestión tributaria.

El documento cierra con una serie de conclusiones y recomendaciones dirigidas a los posibles actores interesados.

Al final de esta introducción, es necesario esclarecer preliminarmente los límites de la propuesta. Esta no se hace cargo de:

- La gestión específica de la introducción de A.P.A., ésta queda abierta y disponible a los diferentes actores involucrados, muy especialmente a los ministerios de la industria y/o del medio ambiente de los países.
- El problema del plástico ya desechado en vertederos o esparcido en el medio ambiente. La propuesta tal cual se describe sólo permite bajar la tasa de crecimiento del problema.

I. Plástico: gestión, políticas y leyes de un hito en la historia reciente

Conocer las cantidades de plásticos producidos, circulantes, desechados y reciclados se ha transformado en un desafío constante para expertos e investigadores. Los daños al medio ambiente han impulsado una carrera para visibilizar y dimensionar el impacto de un residuo con consecuencias planetarias, que irrumpió en la información y el conocimiento a escala mundial. Un problema que ha levantado nuevas políticas públicas y nuevos paradigmas de gestión.

Roland Geyer calculó (Geyer et al., 2017)⁴ que, desde su aparición hasta el 2015, se habían producido unos 6.300 millones de toneladas de plástico, que ascendieron a 8.300 en 2017, a la fecha de publicación del artículo. Según Geyer se pasó de 2 millones de toneladas anuales de plástico producidas en 1950, a 380 millones de toneladas anuales⁵ para 2015, y en aumento. La mitad de todo el plástico

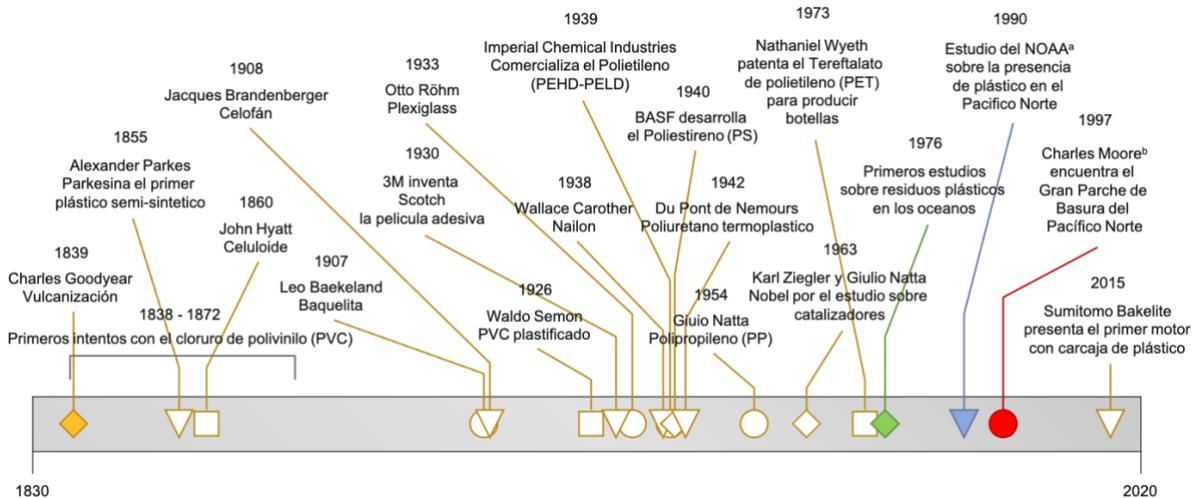
⁴ Método y datos para el cálculo ocupado por Geyer en la investigación: "El punto de partida del modelo de producción de plásticos son los datos anuales de producción de polímeros puros (resina) a nivel mundial desde 1950 hasta 2015, publicados por el Grupo de Investigación del Mercado de Plásticos de Europa, y los datos anuales de producción de fibras a nivel mundial desde 1970 hasta 2015 publicados por The Fiber Year y Tecnon OrbiChem (tabla S1). Los datos de la resina siguen de cerca una tendencia temporal polinómica de segundo orden, que generó un ajuste de $R_2 = 0,9968$. Los datos de la fibra siguen de cerca una tendencia temporal de polinomios de tercer orden, que generó un ajuste de $R_2 = 0,9934$. Los desgloses mundiales de la producción total por tipo de polímero y sector de uso industrial se obtuvieron a partir de los datos anuales del mercado y los polímeros de América del Norte, Europa, China y la India (cuadro S2, ver investigación). Se dispone de datos de los Estados Unidos y Europa para el período comprendido entre 2002 y 2014. Los desgloses por tipo de polímero y sector de uso industrial de la producción de polímeros son similares en todos los países y regiones. Los datos sobre la producción mundial de aditivos, que no están a disposición del público, se obtuvieron de empresas de estudios de mercado y se verificó su coherencia (cuadro S3, ver investigación) (17, 18). Se dispone de datos sobre aditivos para el período comprendido entre 2000 y 2014. Los desgloses por tipo de polímero y sector de uso industrial de la producción de polímeros y de los aditivos de la fracción de polímero se mantuvieron estables a lo largo del período para el que se dispone de datos y, por lo tanto, se supuso que eran constantes a lo largo del período de modelización de 1950 a 2015. Los errores de los primeros decenios se vieron mitigados por las menores tasas de producción de esos años. Los datos sobre los aditivos se organizaron por tipo de aditivo y sector de uso industrial y se integraron con los datos sobre los polímeros. $P_i(t)$ denota la cantidad de plásticos primarios (es decir, polímeros más aditivos) producidos en el año t y utilizados en el sector i (fig. S1, ver investigación)".

⁵ PlasticsEurope, referente en el monitoreo del mercado europeo, calcula una producción mundial anual algo menor. Según su informe 2015, ésta fue de 322 millones de toneladas (PlasticsEurope, 2017, pág 16) y de 368 millones de toneladas en 2019 (PlasticsEurope, 2020, pág 16), si bien con relación a este último dato señala no haber incluido algunos tipos de fibras.

producido en la historia humana se habría fabricado entre 2002 y 2015; 30% del plástico producido sigue en uso y 6.000 millones de toneladas han sido desechadas. De esta cantidad, sólo el 9% ha sido reciclado, el 12% ha sido incinerado y el 79% ha ido a parar a vertederos o ha sido esparcido en el medio ambiente (Geyer et al., 2017).

El diagrama 1 muestra algunos hitos de la historia del material desde su descubrimiento.

Diagrama 1
Línea de tiempo de los principales plásticos desde su descubrimiento



Fuente: Elaboración propia.

^a Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), agencia científica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos que monitorea las condiciones de los océanos y la atmósfera.

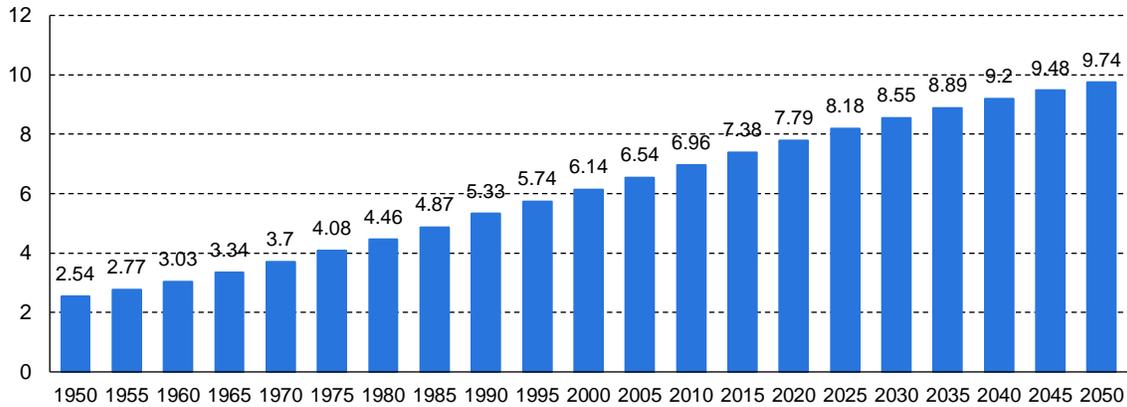
^b Capitán Charles Moore oceanógrafo y capitán de barco conocido por haber encontrado y dado notoriedad al Gran Parche de Basura del Pacífico (Norte).

La Universidad de Georgia estimó que las 8.300 millones de toneladas de plástico producidas a 2017 equivalen en peso a 822.000 Torres de Eiffel, o a 25.000 edificios Empire State (Beckley, 2017) y a 1.092 kilos de plástico por habitante del planeta en ese año (7.600 millones de habitantes de todas las edades (United Nations-Department of Economic and Social Affairs, 2017).

El gráfico 1 y el gráfico 2 comparan el aumento de la población mundial (United Nations & Statista, n.d.) con la producción de plástico global según los cálculos de Geyer (University of Georgia, 2017), evidenciando la vertiginosa proyección del incremento de la producción para el año 2050.

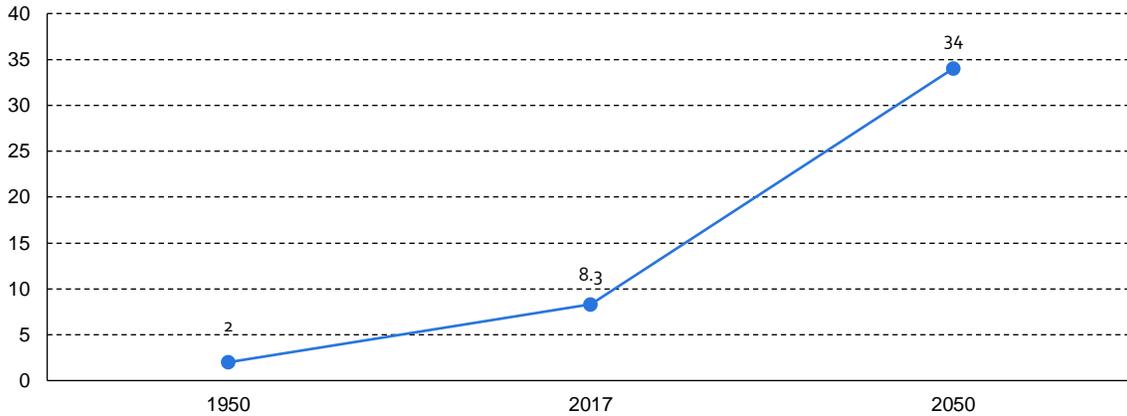
La envergadura del problema de los plásticos ha puesto en marcha cambios tanto en la gestión como en las políticas, que a continuación se describen, para el tratamiento de residuos reciclables en Europa.

Gráfico 1
Evolución de la población mundial de 1950 a 2050
(En miles de millones)



Fuente: Statista sobre datos de Naciones Unidas [en línea] <https://www.statista.com/statistics/262875/development-of-the-world-population/>.

Gráfico 2
Volumen acumulado de producción de plástico en todo el mundo de 1950 a 2050
(En miles de millones de toneladas métricas)



Fuente: Statista sobre datos de news.com.au y Universidad de Georgia [en línea] <https://www.statista.com/statistics/1019758/plastics-production-volume-worldwide/>.

Recuadro 1
Plásticos, salud y clima

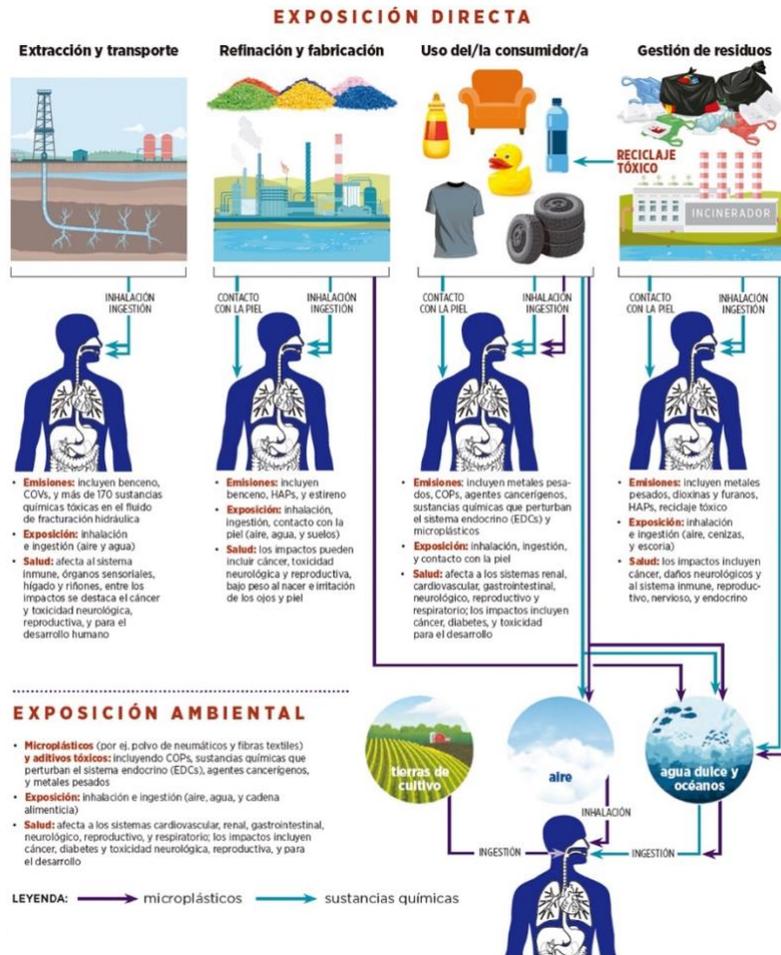
El efecto macroscópico del impacto de los residuos plásticos en los océanos es ampliamente conocido, tanto como las imágenes que muestran la contaminación en playas y aguas de todo el planeta. El informe "Impacto sobre la Biodiversidad Marina" de la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) especifica que los desechos marinos han impactado fuertemente a 663 especies marinas, a causa de la ingestión, el entrelazamiento, la pesca fantasma (redes desechadas) y el rafting³. Añadiendo las especies costeras, el número asciende a más de 800 (Thompson & Gall, 2014). Posteriormente la CBD detalló el incremento de casos entre 2012 y 2015 sobre las diferentes especies marinas: mamíferos marinos 40%, peces 0,37%, aves marinas 44% y serpientes marinas 8,6% (Harding, 2016).

La entrada de los microplásticos en la cadena trófica marina es el paso hacia la alimentación humana. Dado que el plástico es hidrófobo y se fragmenta, recoge los contaminantes presentes en el agua, concentrando hasta 100 veces los niveles medidos en la naturaleza (Mato et al., 2001).

El estudio denominado "Hawaii Case" mostró que la degradación del material, al agrietarse y fracturarse, aumenta la superficie afectada por la fotodegradación, aumentando también la producción de gases de efecto invernadero (Royer et al., 2018). La exposición al sol de los 7 tipos de plásticos más comunes produce cantidades detectables de metano (10–4100 pmol por-gramo/día) y etileno (20–5100 pmol por-gramo/día) (Royer et al., 2018) y según el informe del CIEL "Plástico y Clima", los sectores productivos del acero, plástico, cemento y aluminio concentran tres cuartos de las emisiones de gases de efecto invernadero; y el de plásticos experimenta el crecimiento más rápido y sostenido (Hamilton et al., 2019). Para 2030 se estarían emitiendo 1,26Gt CO₂e por año y podrían aumentar a 2,5Gt para 2050 (Hamilton et al., 2019), esto es más del 12% del presupuesto de carbono mundial restante para 2050.

Diagrama 1

Impacto del plástico en la salud que se debe a una gran variedad de sustancias químicas tóxicas y a los microplásticos



Fuente: CIEL/NonprofitDesign.COM. <https://www.ciel.org/plasticandhealth/>.

El impacto sobre la salud humana depende del grado y tipo de exposición. La infografía, incluida en el informe del CIEL "Plástico y Salud", muestra cada una de las etapas del ciclo de vida del plástico desde la extracción del petróleo a la gestión del residuo y sus efectos sobre la salud.

Fuente: "Plástico y salud". Center for International Environmental Law - CIEL (Centro de Derecho Ambiental Internacional). Infografía con derecho de uso Creative Commons.

^a Biota adherida (rafts) a los residuos transportados a grandes distancias por los ríos.

A. Europa: la situación general de sus políticas

El plástico está considerado entre los productos prioritarios de la *Ley de Responsabilidad Extendida del Productor* (Comisión Europea, 2014) que norma el reciclaje en general, promulgada sobre la base de la Directiva 94/62/EC (European Parliament, 1994) y que se ha tomado como modelo y referente en otros países alrededor del mundo para la gestión de los sistemas de reciclaje.

La Ley plantea un modelo que se basa en una colaboración público-privada donde las empresas privadas cooperan con los costos de implementación del sistema y de la infraestructura, mientras que la administración pública se ocupa de la recolección.

Sin embargo, el deterioro ambiental por plástico ha puesto en evidencia la debilidad de la normativa, obligando a los legisladores a tomar posiciones paulatinamente más severas al respecto.

En 2015, la Unión Europea – donde rige la Directiva Marco Sobre Residuos (WFD) que obliga a los Estados miembros a crear sistemas de recolección diferenciada “al menos para papel, metal, plástico y vidrio” – emitió el informe de avance *Assessment of separate collection schemes* (Europea, 2015). Entre los 28 países miembros, el plástico se recolectaba en 18 de ellos con sistemas “puerta a puerta”, de los cuales sólo en 4 se recolectaba como fracción separada. En todos los demás, se recogía mezclado con uno, dos o tres materiales más.

El sistema europeo todavía no prestaba suficiente atención al plástico, sin embargo, frente a los desafíos representados por sus residuos, ha empezado a apartarlo de los demás desechos, tanto conceptualmente como en términos de gestión, poniendo en evidencia que éste necesita política y manejo especializados.

La opinión pública es cada vez más consciente del inmenso daño producido por la emisión y acumulación de millones de toneladas de desechos plásticos. La creciente escala de los desechos en el medio ambiente, la voz de alarma dada por los ambientalistas y el posible impacto causado por el primer documental masivo *A Plastic Ocean* (Plastic Oceans Limited, 2016) han influido en la forma de considerar el problema de los residuos. En 2017, el plástico fue protagonista de la tercera reunión de la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2017). El mundo entero se estaba sensibilizando cada vez más acerca de la peligrosidad de sus residuos.

Pero fue principalmente el plan *National Sword* del gobierno chino, anunciado a mitad de 2017 y entrado en vigor en 2018, lo que impuso hacerse cargo de los 25,8 millones de toneladas de desechos plásticos que los países de la UE generaban cada año. China, a fin de proteger su medio ambiente de la basura sucia o peligrosa, (Oficina del Concejo de Estado-China, 2017), a partir del 1 de enero de ese año dejó de recibir 24 categorías de materiales reciclables y desechos sólidos, residuos plásticos entre ellos, estableciendo las características y categorías de los residuos permitidos (Ministerio de Ecología y Medio Ambiente-China, 2018). Se descubrió que las altas tasas de “reciclaje” en Europa y en otros países correspondían más bien a una elevada capacidad de recolección para la exportación de los residuos a China que al buen desempeño de los sistemas nacionales de reciclaje auténtico. Quedó de manifiesto que recolectar no es reciclar y salió a la luz la necesidad de que los países exportadores se dotaran de cadenas de recolección y reciclaje efectivas y eficientes para hacer frente a la producción de desperdicio al interior de sus fronteras.

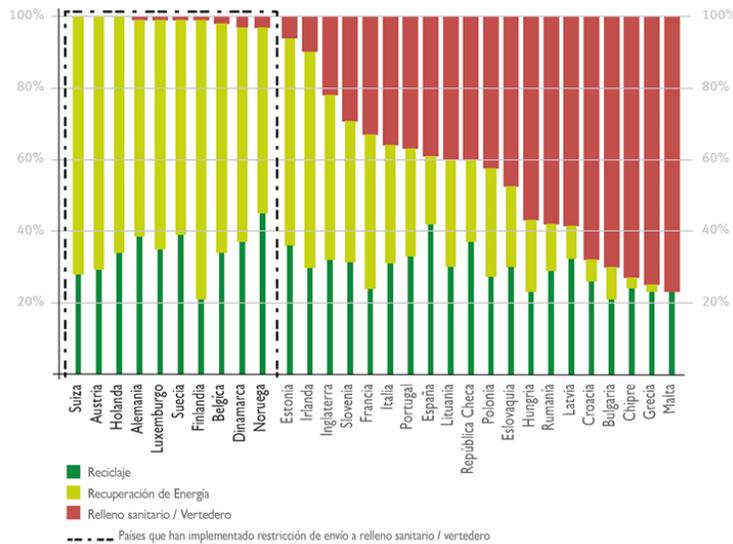
Dos semanas después, en enero de 2018, la Comisión Europea publicó la *Estrategia para los plásticos en la economía circular* (Comisión Europea, 2018a) para reducir la contaminación plástica y proteger el medio ambiente, abriendo al mismo tiempo nuevas oportunidades de negocios. El plan formulado por la EU busca proteger el medio ambiente al mismo tiempo que favorece una “economía circular”, donde empresas y trabajadores se benefician económicamente de la recolección y reciclaje de los desechos plásticos para la manufactura de nuevos productos.

En diciembre de 2018, la Comisión Europea puso en marcha la Circular Plastics Alliance (CPA), que reúne actores públicos y privados de Europa. La Alianza basa su colaboración en el compromiso voluntario de la industria de alcanzar 10 millones de toneladas de reciclados para 2025 (Comisión Europea 2020). En su Diseño para el Reciclaje, Plan de trabajo (Design for Recycling Working Plan) su documento final, de marzo de 2020 (Comisión Europea, 2020) se mencionan alcances y datos analizados por la CPA y la necesidad de profundizarlos. En él se dice que: “Para alcanzar el objetivo de 10 millones de toneladas, es necesaria una recolección segregada de un mínimo de 15 millones de toneladas de residuos plásticos al año, que una vez reciclados tengan una calidad adecuada para satisfacer las necesidades del mercado final (y) teniendo en cuenta inevitables pérdidas durante los procesos de recogida, clasificación y reciclado, con las tecnologías existentes.

El CPA considerará todos estos parámetros para un análisis más detallado a finales de 2020. Este análisis (..) dará lugar a una modelización completa de los flujos de materiales plásticos para finales de 2020. (...) En 2018, de los 29,1 millones de toneladas de residuos plásticos posteriores al consumo recogidos, se enviaron 9,4 millones de toneladas a las plantas de reciclaje, de las cuales 7,5 millones de toneladas dentro de la UE. Esto condujo a la producción de 4,9 millones de toneladas de reciclados en Europa, de los cuales 0,9 millones de toneladas se exportaron. Así, 2,6 millones de toneladas fueron residuos desechados, sin embargo, faltan datos sobre la proporción de productos plásticos reciclables incluidos en estos residuos (pág.5). Este plan de trabajo incluye una primera lista (pag. 8 y 9) de categorías de productos que representan al menos 16,2 millones de toneladas de residuos plásticos disponibles para su recogida cada año(...).”

Adicionalmente, en 2019 la UE promulgó una ley que obliga a los estados miembros a prohibir la producción y circulación de plásticos de “un solo uso” (European Parliament, 2019) en todos aquellos productos para los cuales pudieran existir otras alternativas. El gráfico 3 extraído del informe 2020 de PlasticsEurope muestra el balance europeo entre residuos reciclados para 2018, recuperación energética y destinación a vertederos entre los estados miembros (PlasticsEurope, 2020).

Gráfico 3
Cero residuos a vertederos para lograr la economía circular de los plásticos. Tasas de reciclaje, recuperación de energía y disposición de relleno sanitario de residuos de plásticos post-consumidor por país en 2018
 (En porcentaje)



Fuente: Elaborado por PlasticsEurope, Plastics - The Facts 2020, 2020.
 Nota: Los países con restricciones de disposición en vertederos de residuos reciclables y recuperables tienen en promedio, mayores tasas de reciclaje de residuos de plásticos post-consumo.

Por último se hace mención a las medidas económicas y fiscales de recuperación post COVID 19, con fecha de 1 de enero de 2021, la política europea incluye un nuevo impuesto de 0,80 euros por kilogramo que aplica sobre el plástico no reciclado (European Council, 2020).

1. El eslabón faltante

Una dificultad sin resolver en el marco legal europeo es el monitoreo, trazabilidad y contabilidad, eficiente y transparente, del flujo y del acervo de plástico. Una vez que el plástico entra a la economía se pierde la cuantificación, se le pierde el rastro en el medio ambiente y se hace imposible conocer su paradero final.

El informe “*Mejorar los mercados para los plásticos reciclados*” (OECD, 2018), precisa que en Europa los porcentajes se calculan como la proporción de materiales reciclados sobre el total de los desechos generados. Se aplican dos amplios conceptos para el cálculo:

- i) Pesar el material que sale de la planta de clasificación o entra en la planta de reciclaje
- ii) Pesar el material que se procesa con éxito

Plastics Recyclers Europe (PRE), el principal interlocutor en la gestión del reciclaje del plástico en Europa aboga por reforzar las medidas de trazabilidad y monitoreo tal como declara en el texto “Desafíos y Oportunidades” (Plastics Recyclers Europe, n.d.) (véase en el recuadro 2). PRE promueve el proceso EuCertPlast⁶ (EuCertPlast, n.d.) para la certificación de los recicladores y ayudar a la trazabilidad del plástico reciclado. Representa 500 empresas ante las instituciones políticas, y más de 18.000 trabajadores, gestiona 6,6 millones de toneladas de material y maneja un negocio de 3 billones de Euros.

Recuadro 2
Monitoreo inadecuado y desarmonizado del flujo y desempeño de los plásticos. Se traduce y reproduce un texto contenido en la sección “Desafíos y Oportunidades”

La industria europea del reciclaje de los plásticos carece de niveles suficientes de transparencia y trazabilidad. Los flujos de los plásticos, los residuos de plásticos y los reciclados no se monitorean de manera suficiente y adecuada.

Trazar de manera uniforme en toda la UE la fuente de los plásticos reciclados y su desempeño a través de etapas posteriores, daría más confianza a los recicladores en cuanto a la calidad y fiabilidad de los productos.

Uno de los objetivos del esquema de certificación EuCertPlast es aumentar la trazabilidad y transparencia de el mercado secundario de materias primas. El esquema tiene como objetivo señalar la implementación de buenas prácticas y altos estándares, así como la producción de productos reciclados de alta calidad por recicladores certificados.

Fuente: Plastic Recyclers Europe – PRE.

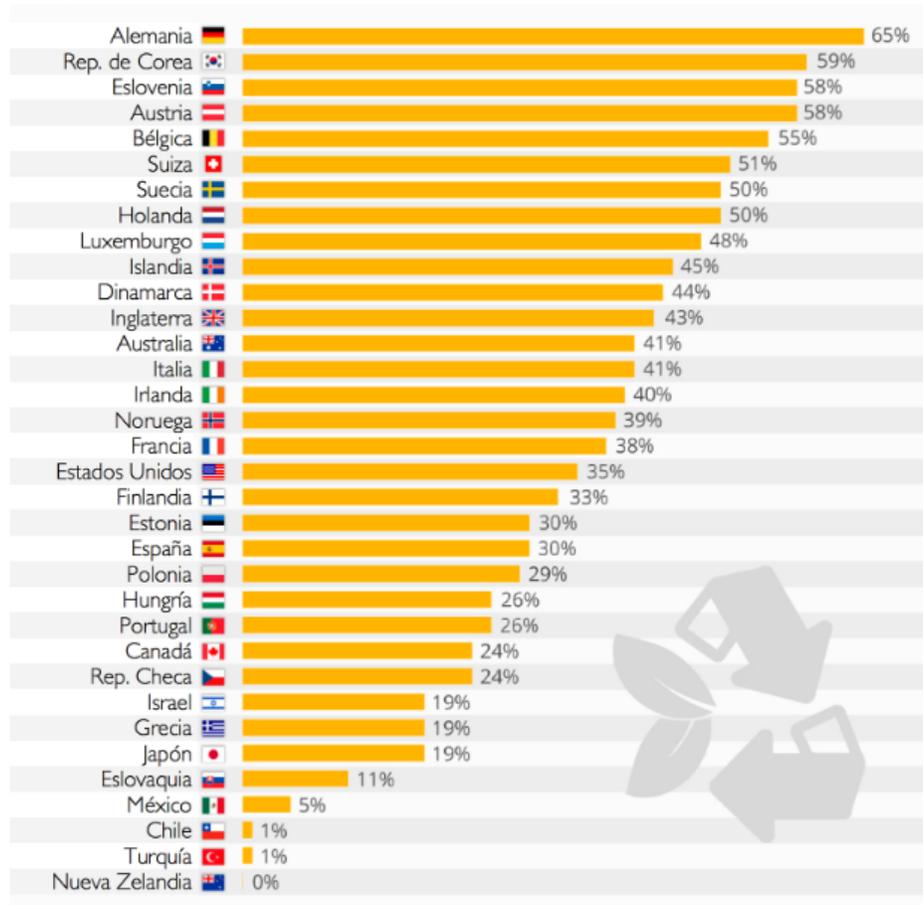
Como referencia, se estima que el mercado del reciclaje fue de más de 13 mil millones de euros en 2019 (PlasticsEurope, 2020) y que en 2016 (Ellen MacArthur Foundation, 2016), el 95% del valor del material de empaque de plástico, de entre US\$ 80 mil millones y US\$ 120 mil millones anuales, se pierde en la economía después de un primer uso.

2. Recolectar no es reciclar: la realidad que mostró China en 2018

En 2016, la OECD formuló el ranking de los mejores recicladores del mundo (gráfico 4) basados en un informe de la OECD de 2013 (McCarthy, 2016). El plástico estaba incluido entre los materiales reciclados (vidrio, metales, paleas, cartón y compostaje), por ese entonces, en la mayoría de los países se exportaba.

⁶ El objetivo de EuCertPlast es fomentar un proceso de reciclaje de plásticos respetuoso con el medio ambiente mediante su estandarización. El esquema se centra en la trazabilidad de los materiales plásticos (a lo largo de todo el proceso de reciclaje y la cadena de suministro), y en la calidad del contenido reciclado en el producto final. Fue creado con el objetivo de reconocer a los recicladores que operan de acuerdo con altos estándares, implementar las mejores prácticas, aumentar la transparencia de la industria europea del plástico, así como integrar los distintos sistemas de auditoría en un sistema común. Su objetivo es determinar las mejores prácticas de reciclaje y *trading*. La combinación de todos estos aspectos permitirá a los recicladores cumplir con los requisitos y el cumplimiento de la norma de contacto con los alimentos.

Gráfico 4
Los países que ganaron la carrera de reciclaje porcentaje de residuos reciclados y compostados del total de residuos municipales en los países de la OCDE (2013)
 (En porcentaje)



Fuente: Statista.com sobre datos de la OCDE.

Nota: Situación general de la recolección/reciclaje en 2013. Al plástico no se le dedicaba ninguna atención particular y estaba incluido en los volúmenes de materiales reciclados.

En 2018, pocos meses después del cierre de las exportaciones hacia China, una investigación “La prohibición de las importaciones chinas y su impacto en el comercio mundial de residuos plásticos” llevó a la luz que un 45,1% de las producciones mundiales de plástico se habían exportado a China desde el 1992. (Brooks et al., 2018). “En 2016, aproximadamente la mitad de todos los residuos plásticos destinados al reciclaje (14,1 millones de MT) fueron exportados por 123 países, y la mayor parte (7,35 millones de MT) provino de 43 países” (Brooks et al., 2018). Desde 1992, China ha informado de haber importado 106 millones de MT de residuos plásticos (Brooks et al., 2018).

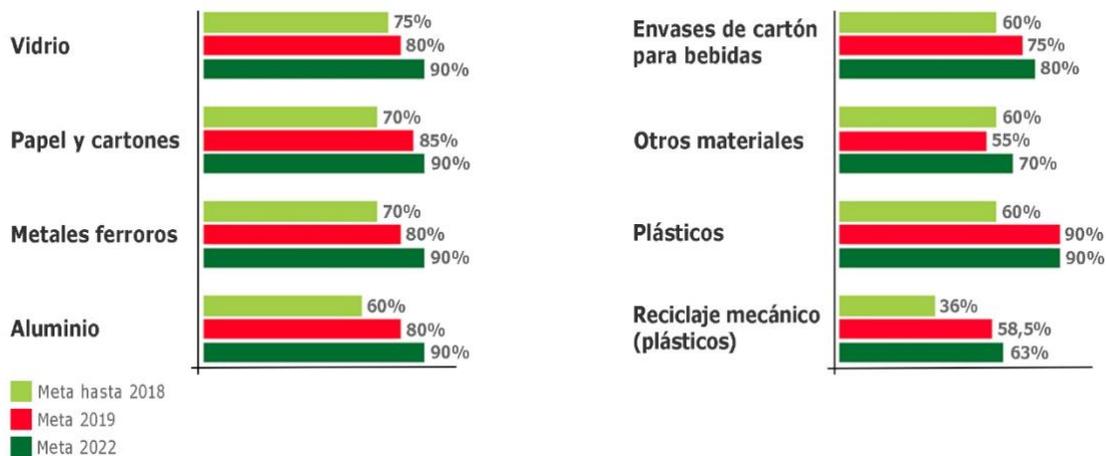
En cuanto las cantidades de plásticos que han sido efectivamente reciclados globalmente, más allá del 9% indicado por Ronald Geyer (Geyer et al., 2017), en el transcurso de la investigación no se pudo encontrar un dato fehaciente y más actualizado.

El cambio de las políticas de importación impuesto por China ha obligado a los países a tomar medidas drásticas hacia un real reciclaje en los confines nacionales, para las enormes cantidades de residuos producidos localmente.

B. Alemania

Desde 1991, Alemania, que ocupó el primer lugar del ranking 2013 de la OECD, ha implementado el sistema del Punto Verde (Der Grüne Punkt, n.d.-c). El sistema alemán de Responsabilidad Extendida del Productor asume la recolección contra el pago de una tarifa y recicla envases y embalajes (plástico, vidrio, cartón y metales) de las empresas industriales y minoristas, reintegrándolos en un ciclo económico cerrado y productivo. El sistema tiene un sello para los productos certificados, ha sido diseñado para los principales tipos de residuos, conecta a los fabricantes, a la industria y a los consumidores, cumpliendo con las normativas nacionales de clasificación y reciclaje de envases y embalajes usados. En enero de 2019, con el German Packaging Act (VerpackG) (Der Grüne Punkt, n.d.-d) el sello se ha vuelto obligatorio, estableciéndose también nuevas metas de recolección (para plásticos, estas ascienden al 90% de los desechos)⁷.

Gráfico 5
Objetivos de reciclaje hasta el 2022. Evidencia metas residuos plásticos y reciclaje mecánico
(En porcentaje)



Fuente: Der Grüne Punkt, Ambitious increase of recycling targets? [En Línea] <https://www.gruener-punkt.de/en/packaging-licensing/packaging-act>.

Este sello permite a las empresas certificadas vender sus productos en los países del mundo donde su licenciataria, PRO Europe s.p.r.l. (PRO Europe, n.d.), haya estipulado acuerdos comerciales⁸. El sello se propone además como una medida disuasiva por lo cual la tarifa anual (Der Grüne Punkt, n.d.-b) de recolección se calcula sobre los embalajes según la cantidad ocupada, independientemente de que deriven de empresas grandes o pequeñas, artesanos, industrias, o de la importación.

Der Grüne Punkt se estableció como el centro de la economía circular en el sector y ha llevado incluso a utilizar menos papel, vidrio más delgado y menos metal, creando así menos residuos susceptibles de ser reciclados, agregando cada vez más valor y materiales secundarios a la remanufactura. El documento de 2018 "No a la sociedad de usar y tirar - Plan de 5 puntos del Ministerio Federal del Medio Ambiente por menos

⁷ Según datos del informe 2019 de PlasticsEurope Deutschland (PlasticsEurope Deutschland e V, 2019) la circulación de plástico en Alemania ha bajado. La producción en 2017 fue de 19.9 y en 2019 fue de 18.2 millones de toneladas. La importación en 2017 fue de 13.6 y en 2019 fue de 13.1 millones de toneladas. La exportación en 2017 fue de 10.0 y en 2019 fue de 9.9 millones de toneladas (pag. 15 y 17 del informe).

⁸ Además de los muchos países adherentes en Europa, se ha alcanzado un acuerdo bilateral con Green Dot North America en Canadá, EE. UU. y México (NAFTA/TLCAN). El acuerdo establece que Green Dot es responsable de garantizar que las empresas que venden o distribuyen productos con el sello lo hagan legalmente y en el marco de la licencia otorgada.

Plástico y más reciclaje” (BMU, 2018), establece la meta de aumentar el reciclaje mecánico desde el 36% que se reciclaba en 2018 a un 63% en 2022, y declara que el consumo anual de envases por persona ha bajado a 103kg respecto de los 220kg de 2016.

Respecto de los plásticos, recomienda que permanezcan en el ciclo económico, por lo cual su diseño (Der Grüne Punkt, n.d.-a)⁹ y material juegan un papel importante en su reprocesamiento. El sistema aspira a cerrar el ciclo al reutilizar los materiales reciclables el mayor tiempo posible mediante un reciclaje de alta calidad asociado a una **recolección altamente segregada**.

El sistema tiene dos canales preferentes:

- i) La empresa Systalen (Der Grüne Punkt, n.d.-c), que recicla los residuos plásticos PP, PE, PEHD y PELD. Esta tiene una capacidad recicladora de 90.000¹⁰ toneladas al año y una producción de pellet de alta calidad. Ofrece personalización en base a las necesidades del cliente, testeando los productos hasta que el resultado sea satisfactorio.
- ii) El Pfand System (BMU, 2018) sistema que organiza el retorno de las botellas PET y que se extenderá a todas las botellas de plástico y latas de bebidas de un solo uso (BMU, 2020) a cuyo éxito han contribuido personas de sectores más desfavorecidos recolectando las botellas no devueltas o abandonadas por los consumidores con el fin de cobrar el depósito.

El *Pfand System*, paradójicamente, ha reducido la fabricación de botellas reutilizables en favor de las de un solo uso. Según el estudio de 2014 *La economía de los envases de bebidas* (DIW Econ, 2017), desde la introducción del esquema de retorno, el porcentaje general de botellas reutilizables ha bajado de un 80% a menos de un 50%.

El Gráfico 6 muestra la caída de uso de botellas retornables de plástico y de vidrio en el sector de las aguas gaseosas a favor de las botellas desechables.

- El *Pfand System*, sistema que organiza el retorno de las botellas PET y que se extenderá a todas las botellas de plástico y latas de bebidas de un solo uso (BMU, 2020), a cuyo éxito han contribuido personas de sectores más desfavorecidos recolectando las botellas no devueltas o abandonadas por los consumidores con el fin de cobrar el depósito. El *Pfand System*, paradójicamente, ha reducido la fabricación de botellas reutilizables en favor de las de un solo uso. Según el estudio de 2014 *La economía de los envases de bebidas* (DIW Econ, 2017), desde la introducción del esquema de retorno, el porcentaje general de botellas reutilizables ha bajado de un 80% a menos de un 50%.

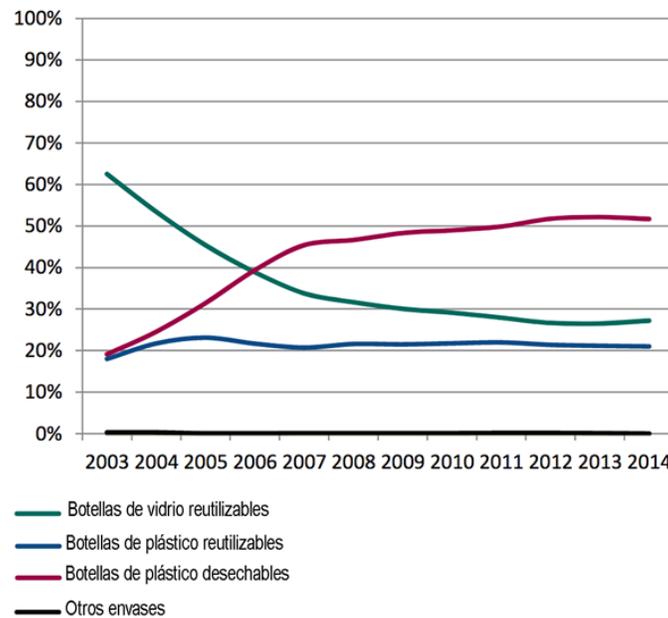
Según el corresponsal en Alemania del diario británico The Guardian (Oltermann, 2018) una posible explicación al fenómeno sería que, para agilizar el proceso de devolución, algunos supermercados, por ejemplo Aldi y Lidl, han optado por botellas PET no reutilizables, que se consideran más atractivas para los clientes al ser más livianas que las de vidrio y por no tener que devolverse en la misma tienda donde se compraron.

Adicionalmente, siempre según el diario británico, los productores de bebidas tienen un beneficio considerable por el porcentaje de botellas de plástico no devueltas (es decir, por las que los consumidores no recuperan su depósito).

⁹ Según los siguientes criterios: que sea de coloración clara en el caso de envases de plástico, que use mono-materiales en lugar de una mezcla de materiales, que tenga soluciones de etiquetado optimizadas, que tenga soluciones de cierre optimizadas, que los componentes sean separables durante el proceso de reciclaje.

¹⁰ El informe Flujo de Materiales Plástico en Alemania (Conversio, 2018) señala que en 2017 la producción de PP, PEHD y PELD ha sido de 5,2 millones de toneladas (no menciona específicamente PE).

Gráfico 6
Evolución de los envases del segmento agua (con CO₂) 2003-2014
(En porcentajes)



Fuente: DIW-Econ, The economy of beverage packaging, 2017, [En Línea] <https://diw-econ.de/en/publications/the-economy-of-beverage-packaging/>.

Según la Agencia Federal, el sistema *Pfand* es efectivo sobre el 96% de los envases incluidos en el esquema. Un estudio de NABU (Roth & Heine, 2017), la más antigua asociación ambientalista alemana, concluyó que, entre los años 2003 y 2015, el valor de los envases no devueltos (botellas PET y latas de aluminio) alcanzó los 3.500 millones de euros, un “subsidio” al productor o primer introductor al mercado. Según NABU, en 2015 (NABU, 2016) fueron 720 millones los envases no ingresados al *Pfand* System, lo cual arroja un promedio de 182 botellas por municipalidad alemana por día¹¹.

C. Italia: un proceso a dos velocidades

El programa italiano de reciclaje articula educación, información, monitoreo y colaboración. La segregación de los residuos es nacional, con retiro domiciliario o disposición en contenedores accesibles para el ciudadano en el territorio (Cámara de Diputados Italiana, 1997, 2006).

La estrategia responsabiliza al ciudadano/consumidor que, con sus decisiones y comportamientos se considera clave para el cambio. Bajo el lema “El plástico es demasiado precioso para transformarse en desecho” se lanzan campañas que muestran las virtudes del material y apuntan al necesario compromiso del consumidor, sin el cual no se puede llevar a cabo eficientemente el reciclaje.

Desde el punto de vista legal y administrativo, la gestión de los residuos plásticos se encuadra en un acuerdo estipulado entre la *Asociación Nacional de Municipios Italianos (ANCI, 1901)*¹² y el *Consortio*

¹¹ 720.000.000 envases no ingresados/365 días=1.972.602* envases PET / por día/10.799 municipalidades **=182 envases/día no ingresadas por municipalidad. * se excluyen decimales ** fuente: Statista.com (Statista, 2021)

¹² ANCI, sin fines de lucro, reúne 7.300 comunas italianas sin distinción demográfica y que, en su totalidad, representan aproximadamente el 90% de la población nacional. Representa los intereses de los asociados ante los organismos centrales del estado (Parlamento, Gobierno, Regiones).

Nacional de Embalaje (CONAI, n.d.)¹³, cuyo gestor es el *Consorcio Nacional de Recogida, Reciclaje y Recuperación de Envases de Plástico* (COREPLA, n.d.)¹⁴. A partir de 2009, el acuerdo ANCI-COREPLA (2009) establece las reglas con las cuales las administraciones públicas locales entregan los residuos plásticos recolectados a COREPLA. Entre sus obligaciones, las municipalidades se comprometen a recolectar el material de forma segregada y según las modalidades indicadas por el acuerdo. COREPLA, por su parte, se obliga a retirarlo directamente o en colaboración con terceros en todo el territorio nacional. COREPLA paga los materiales recolectados según un precio establecido (admitiendo la posibilidad de que la municipalidad pueda decidir eventualmente vender a un mejor postor). Los métodos, el grado de fiscalización y las ecuaciones para calcular los valores correspondientes se basan en variables como kilómetros recorridos, distancia entre punto y punto, tipo de camión de carga, frecuencia del retiro, etc. Merecen especial atención los residuos plásticos no reciclables peligrosos, contaminados (ANCI-COREPLA, 2014)¹⁵, cuya presencia en cantidad significativa puede implicar incluso que COREPLA deje de recibir materiales de un cierto territorio.

Las siguientes gráficas, muestran las mejoras de la recolección de residuos plásticos. El cuadro 1 muestra el reporte anual de COREPLA de 2019 (COREPLA, 2019) sobre los residuos plásticos en general y el diagrama 2 muestra el tratamiento de los envases en el país según PlasticsEurope (PlasticsEurope, 2020).

Cuadro 1
Italia recolección por región y per cápita 2018-2019

Recolección por región	2018		2019		Variación (en porcentaje)
	Toneladas	Kg/per cápita	Toneladas	Kg/per cápita	
Lombardia	208 760	20,8	227 568	22,7	+9,0
Veneto	138 529	28,2	139 949	28,5	+1,0
Campania	121 681	20,8	141 820	24,3	+16,6
Lazio	101 807	17,3	121 042	20,5	+18,9
Emilia Romagna	101 010	22,7	115 655	26,0	+14,5
Piemonte	94 618	21,5	99 606	22,8	+5,3
Toscana	79 176	21,2	85 063	22,8	+7,4
Puglia	69 051	17,0	80 229	19,8	+16,2
Sicilia	59 084	11,7	90 915	18,1	+53,9
Sardegna	46 419	28,1	52 379	31,8	+12,8
Marche	37 689	24,5	40 586	26,5	+7,7
Calabria	30 414	15,5	33 457	17,1	+10,0
Liguria	29 574	18,9	34 082	21,9	+15,2
Abruzzo	25 677	19,4	26 127	19,9	+1,8
Friuli Venezia Giulia	24 291	19,9	24 690	20,3	+1,6
Trentino Alto Adige	21 262	20,0	22 512	21,1	+5,9
Umbria	18 056	20,3	21 766	24,6	+20,5
Basilicata	6 394	11,2	10 106	17,8	+58,1
Molise	3 175	10,2	6 840	22,2	+115,4
Valle d'Aosta	2 904	22,9	3 992	31,6	+37,5
Total Italia	1 219 571	20,1	1 378 384	22,8	+13,0

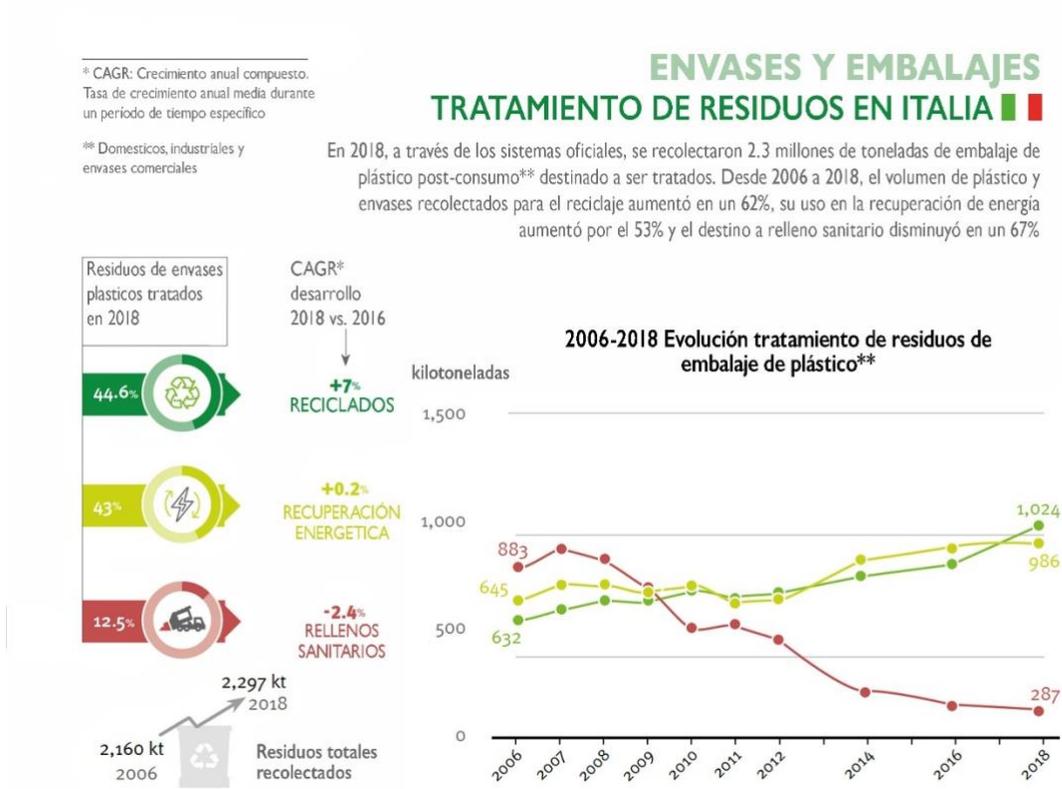
Fuente: Elaboración propia sobre datos de COREPLA, *Relazione sulla gestione 2019 (Relación sobre la Gestión 2019)*, 2019.

¹³ CONAI es un consorcio privado sin fines de lucro, fundado en 1997. Se autodefine como la respuesta de las empresas privadas a un problema de interés colectivo. Cumple con directrices y objetivos establecidos por el sistema político. Reúne alrededor de 800,000 empresas del sector y colabora con las Municipalidades según el acuerdo marco nacional ANCI-CONAI. Garantiza de que los materiales de la recolección segregada se utilicen a través de correctos procesos de recuperación y reciclaje.

¹⁴ COREPLA es un consorcio privado sin fines de lucro fundado en 1997 en conformidad con la Directiva Europea 94/62 sobre envases y residuos de envases en diversos materiales. Está ahora regulado por el Decreto Legislativo 152/06, reemplazando a REPLASTIC, que se ocupaba solo de contenedores para líquidos. Se financia por: a) la Contribución medioambiental de CONAI, b) el producto de la venta de residuos valorados aguas abajo de la recogida selectiva. Se rige según principios de efectividad, eficiencia y rentabilidad para cumplir con los propósitos legales y alcanzar los objetivos de reciclaje y recuperación con respecto a todos los tipos de envases de plástico comercializados.

¹⁵ Traducción tentativa *Frazione Estranea*: elementos diversos y/o contaminantes en relación con el mono-material entregado. Se deja en italiano en el texto no habiendo encontrado un correspondiente técnico adecuado en castellano.

Diagrama 2
Envases y embalaje de plástico - Tratamiento de residuos en Italia



Fuente: PlasticsEurope, Plastics - The Facts 2020, 2020.

Una vez al año, las municipalidades están obligadas a informar acerca de las cantidades recolectadas y su manejo. Esta información, además de contribuir a la fiscalización del sector, aporta datos al Catastro de Residuos gestionado por el *Instituto Superior de Protección e Investigación Medioambiental (ISPRA)*.

El sistema muestra mejoras, pero la paradoja italiana es que, a pesar de contar con un sistema de monitoreo de residuos extremadamente sofisticado y digitalizado, las guías de despacho de los residuos, todavía en papel, resultan posibles de adulterar e impiden la verificación eficiente de la información. El Decreto Ley 116/20¹⁶ introduce el Catastro Electrónico Nacional, sin embargo, el Decreto de Aplicación de la nueva herramienta legal está a la espera de publicación, por lo cual hasta esa fecha todo sigue de la misma forma¹⁷. Cabe mencionar que *Greenpeace* denuncia que en los nueve primeros meses de 2019, más de 1.300 toneladas de residuos plásticos fueron enviadas ilegalmente desde Italia a empresas malayas (*GreenPeace Italia, 2020*), muchas de las cuales no cuentan con permisos para importar ni infraestructura para reciclar residuos venidos del exterior.

¹⁶ Decreto Legislativo nº 116/2020. Aplicación de la Directiva (UE) 2018/851 por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre residuos y aplicación de la Directiva (UE) 2018/852 por la que se modifica la Directiva 1994/62/CE sobre envases y residuos de envases. [<https://www.tuttoambiente.it/leggi/decreto-legislativo-n-1162020-la-rivoluzione-dei-rifiuti/>].

¹⁷ Entrevistas con Daniela Rovelli, Ingeniera y responsable del Área de Servicios de Ecología y Ambiente de la Municipalidad de Somma Lombardo (VA-Italia), 27 de enero 2020 y 12 de marzo 2021.

D. República de Corea: el “sistema de recolección ideal”, la paradoja del segundo lugar del ranking del 2013

El caso Sur-Coreano es llamativo. Antes del 1 de enero de 2018, el país asiático era reportado como un modelo en reciclaje, cuando en realidad apenas se trataba de un eficiente sistema de recolección destinada principalmente a la exportación. En Corea el ciudadano está obligado a participar en la recolección de los materiales reciclables. Este sistema supone la recolección altamente segregada de los desechos organizada a nivel municipal, financiada a través de la venta de bolsas de uso obligatorio que son de diferentes colores según categoría de residuos y distrito de uso (Lee & Paik, 2011). Comprende además horarios fijos y multas asociadas al incumplimiento de los parámetros establecidos por ley.

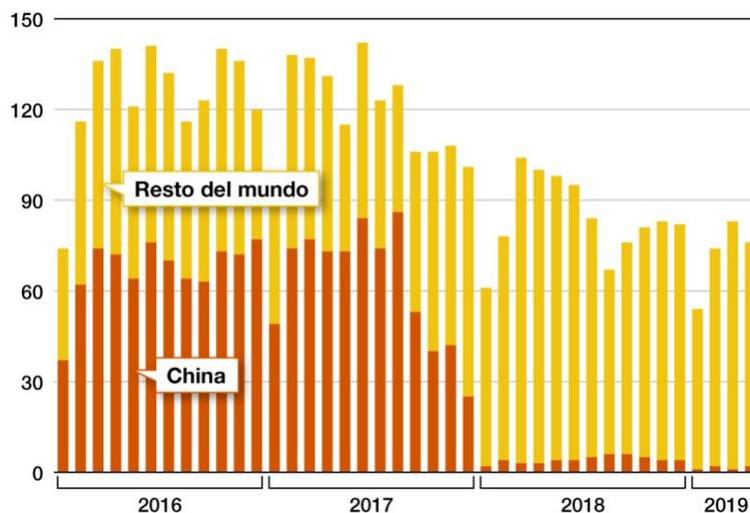
Cuando China frenó la importación de residuos, las empresas coreanas recolectoras, dejaron de recibirlos (Ng, 2018), lo que evidenció la necesidad de implementar un sistema de reciclaje real. Estaba en marcha desde 2016 el Framework Act on Resource Circulation (Ministry of Environment, 2016), legislación para crear una “sociedad de circulación de los recursos” y dotar al país de una infraestructura de reciclaje, pero era inexistente hasta 2018, por lo que se recurrió a la Ley de Promoción de Inversión Extranjera (Ministry of Legislation, 1998). El Ministerio del Medio Ambiente siguió una estrategia de reducción de los residuos plásticos a través de la prohibición de tipos específicos, la penalización de su uso con elevadas multas y el gravamen a la producción de materiales difíciles de reciclar (Choi Hee-seok & Kim Hyo-jin, 2019).

E. Japón: enfrentar la adicción al plástico

Hasta 2017, Japón era el segundo mayor vendedor de residuos plásticos al mercado chino. Entre 2006 y 2012, los residuos plásticos importados por China subieron de 6 a 9 millones de toneladas, de las cuales el 18% procedían de Japón, superado solamente por los Estados Unidos (Dos Muchangos, 2018).

El gráfico 7 muestra el abrupto cambio sobre las exportaciones de residuos plásticos ocurrido entre 2017 y 2018 en Japón, debido a la prohibición de exportar a China (miles de toneladas).

Gráfico 7
Exportación de plásticos en Japón
(En miles de toneladas)



Fuente: Nippon.com creado con a partir de las estadísticas de comercio.

Según Leticia dos Muchangos de la Universidad de Naciones Unidas, aunque la política de las “3R” (Reducir, Reutilizar, Reciclar) fue exitosa en la promoción del reciclaje y ha contado con altos niveles de participación ciudadana, los esfuerzos para reducir el uso de productos plásticos en el país no habrían sido finalmente exitosos (Dos Muchangos, 2018). El país, que continúa produciendo una enorme cantidad de residuos plásticos, ha tenido que buscar nuevos mercados de exportación para sus residuos en Taiwán, Malasia y Tailandia (nippon.com, 2019).

Imagen 2

Japón y el uso extremo del plástico: una sola fresa envuelta en 5 capas de plástico



Fuente: Lewis R., 7 Surprising Facts about Plastic in Japan, 2019 [En línea] <https://medium.com/social-innovation-japan/7-surprising-facts-about-plastic-in-japan-f6920cc8e621>.

Será cada vez más necesario que los países se hagan cargo de sus residuos, dotándose de infraestructuras de reciclaje y no solo de recolección. En 2018, “el gobierno japonés se propuso reducir (Buchholz, 2020) los residuos plásticos en 25 % para 2030. Una de las medidas propuestas es una tasa obligatoria para las bolsas de plástico, ley que, en diferentes versiones, ya se ha aplicado en el 66% de los países en el mundo” (Buchholz, 2019).

Desde el 2018, como sucedió en Corea, la insuficiencia de la industria interna está movilizandando las inversiones en el sector, en este caso, nacionales:

- Suntory Holdings ayudó a desarrollar una tecnología que reduce las emisiones de carbono en la producción de envases en un 25% y está trabajando con Kyoei Sangyo, un reciclador de PET al norte de Tokio, para utilizarlo en el reciclaje. Kyoei Sangyo y Suntory han invertido 2 mil millones de yenes en una instalación para producir 300 millones de botellas de plástico reciclado cada año.
- Daiei Kankyo Holdings, una empresa de reciclaje con sede en Kobe, busca abrir una planta de 1.500 millones de yenes en la prefectura de Osaka durante el año fiscal de 2020 (Embassy of Switzerland in Japan, 2019).

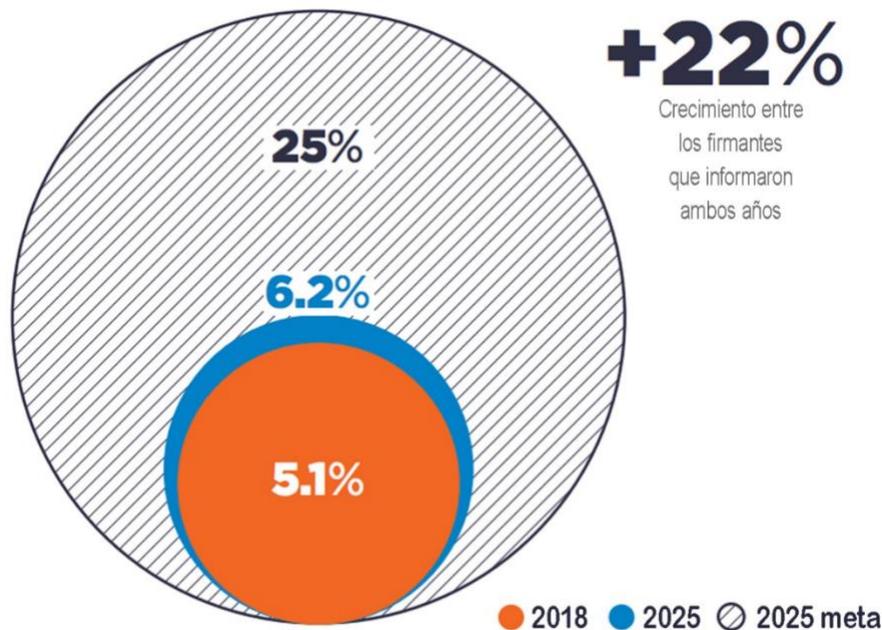
F. La Fundación Ellen MacArthur: el programa Global Commitment

Para concluir, en este capítulo se menciona el avance de la agenda internacional del reciclaje de los plásticos llevado a cabo por la *Ellen MacArthur Foundation*. A partir del estudio *The New Plastics Economy* (Ellen MacArthur Foundation, 2016), se creó el *Pacto por el Plástico* (Ellen MacArthur Foundation, n.d.-b), y se creó el programa *Global Commitment* (Ellen MacArthur Foundation, n.d.-a), en colaboración con la

ONU Medio Ambiente, lanzado en octubre de 2018. El programa en su segundo año reunía más de 500 organizaciones entre empresas, adherentes y gobiernos, y su visión se sintetiza eficazmente en la frase “los plásticos nunca se convierten en residuos”.

En el *Global Commitment* participa *The Plastics Pact Network* (Ellen MacArthur Foundation, n.d.-c), al cual adhirieron varios países europeos, los Estados Unidos, Chile y Sudáfrica y Canadá desde enero 2021. Su visión de economía circular para los plásticos propone colaborar mundialmente en la implementación de soluciones prácticas internacionales y locales. Por otro lado, *The Global Tourism Plastics Initiative* (UNWTO - United Nations World Tourism Organization, n.d.), lanzada en 2020, es la versión del *Global Commitment* para el sector turístico. Para conseguir los objetivos que se han impuesto para 2025, el *Global Commitment* llama a los signatarios a tomar medidas audaces.

Gráfico 8
Contenido de plástico reciclado post-consumo en los envases de plástico. Media ponderada del contenido de plásticos reciclados en los envases de los firmantes en los sectores productos envasados y ventas al por menor
 (En porcentaje)



Fuente: Ellen MacArthur Foundation and UN Environment Programme, *The Global Commitment 2020. Progress Report*, 2020.

Nota: La media de 2008 no incluye los datos de los firmantes que informaron por primera vez en el informe 2020. El porcentaje de crecimiento resaltado se refiere a la trayectoria observada para el contenido medio de plástico reciclado de los firmantes que informaron en ambos años, para los cuales hubo un aumento desde el 5,1% al 6,3%.

Se alerta a las empresas sobre los tipos de envases que no son reciclables todavía para que establezcan objetivos ambiciosos de reducción, elevando las cantidades de plástico reciclado en los nuevos envases, y se exhorta a los gobiernos a que instauren políticas y mecanismos que proporcionen financiación estable para la recolección y clasificación de los residuos, tomando como referente la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), creando además una dirección global para el establecimiento de un marco internacional de acción, a través de la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente basándose en la visión de una economía circular (Ellen MacArthur Foundation, n.d.-a).

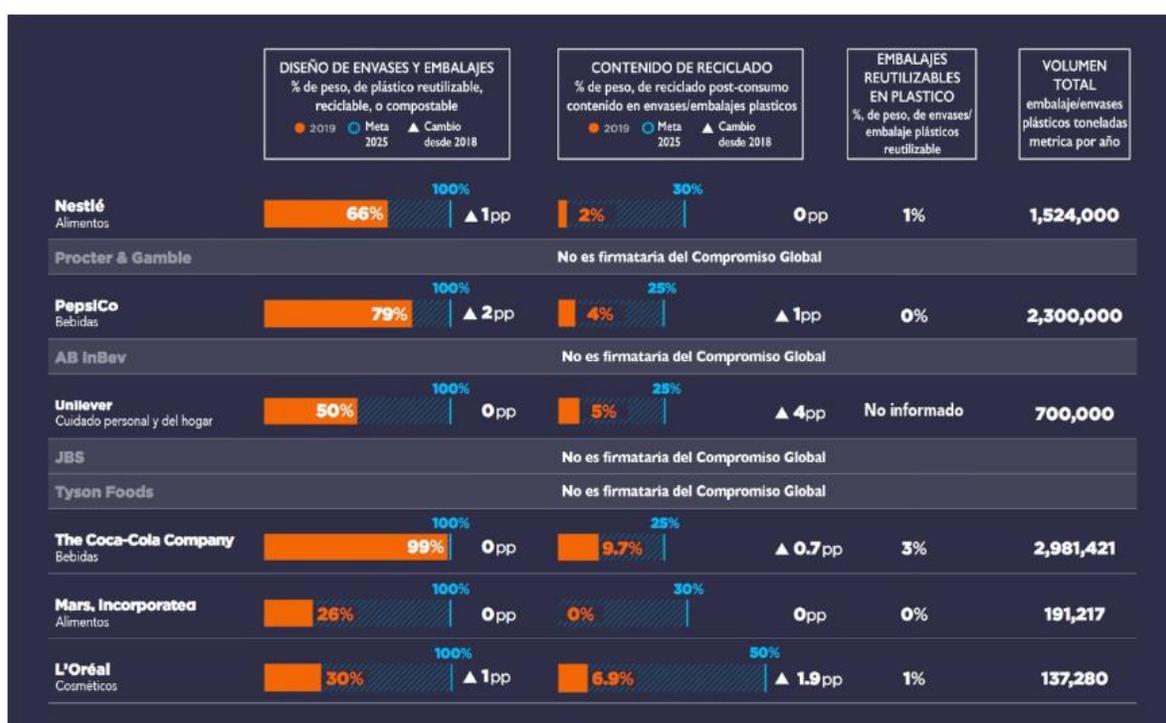
El informe del *Global Commitment* (Ellen MacArthur Foundation & UN Environment Programme, 2020) presenta algunas gráficas que muestran los incrementos que se obtuvieron entre las empresas signatarias del *Fast-Moving Consumer Goods* (FMCG)¹⁸.

1. Progreso de las empresas de consumo masivo FMCGs

Bienes de consumo de movimiento rápido (FMCG, por sus siglas en inglés), masivos o de alta rotación, se les atribuye poner en el mercado grandes cantidades envases y embalajes de plásticos. El diagrama 3 expone las 10 empresas más grandes (que han adherido y que no han adherido a la iniciativa) y evidencia los progresos de cada una de las signatarias en relación con las metas compartidas del Compromiso Global. En el diagrama 3 se analizan otras 10 empresas (entre las más grandes) y solo entre las signatarias del Compromiso Global.

Los parámetros comparados son 3: renovación en el diseño, porcentaje de plástico reciclado en los nuevos envases, porcentaje de envases retornables y reusables. Datos expuestos en comparación con el volumen de plástico anual puesto en circulación por cada empresa.

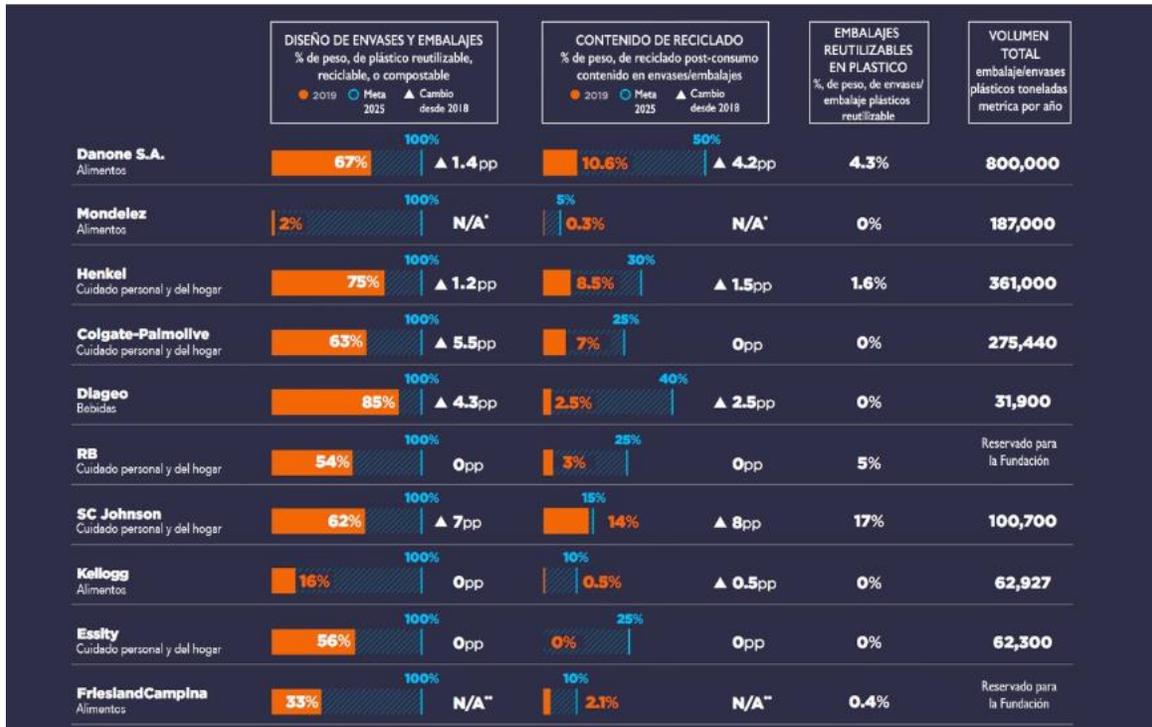
Diagrama 3
Progreso de las empresas de consumo masivo FMCGs (1 parte); las 10 principales empresas de consumo masivo.
Principales indicadores de las 10 principales empresas de bienes de consumo a nivel mundial, por ingresos



Fuente: Ellen MacArthur Foundation and UN Environment Programme, The Global Commitment 2020. Progress Report, 2020.
 Notas: a) el crecimiento interanual se ha calculado utilizando puntos porcentuales para todas las métricas. b) todos los datos cuantitativos se refieren al último año, en la mayoría de los casos correspondientes al ejercicio financiero de la empresa que finaliza en 2019. Los detalles del calendario de informes de cada signatario se detallan en sus informes específicos.

¹⁸ Se trata de bienes que tienen una vida útil o un deterioro a corto plazo.

Diagrama 4
Progreso de las empresas de consumo FMCGs (2 parte); otras grandes empresas de consumo masivo (solo firmatarias del Compromiso Global). Principales indicadores de otras grandes empresas de productos envasados en el Compromiso Global (por altos ingresos, excluyendo las del diagrama 3)



Fuente: Ellen MacArthur Foundation and UN Environment Programme, *The Global Commitment 2020. Progress Report*, 2020.
 Notas: a) el crecimiento interanual se ha calculado utilizando puntos porcentuales para todas las métricas. b) todos los datos cuantitativos se refieren al último año, en la mayoría de los casos correspondientes al ejercicio financiero de la empresa que finaliza en 2019. Los detalles del calendario de informes de cada signatario se detallan en sus informes específicos.

G. Normativa en torno al plástico en el mundo

Como se ha visto, la regulación y las medidas en torno al reciclaje, recolección y disposición final de residuos plásticos a nivel mundial tiene tratamientos diversos. Por lo tanto, aún cuando los esfuerzos de la Unión Europea se han concentrado en: i) La reducción del consumo, ii) Establecer obligaciones a los productores, iii) Establecer metas de recolección y, iv) Etiquetar los productos plásticos en los estados miembros, es posible constatar que hasta el año 2018 el destino principal para la disposición final de los plásticos en el mundo era China. A partir de su plan National Sword, que prohibió la importación de buena parte de estos residuos en China, la Unión Europea y otros debieron desarrollar el reciclaje, lo cual incluyó en el año 2019 la promulgación de una ley europea que obliga a los estados miembros a prohibir la producción y circulación de 10 artículos de plásticos de un solo uso, que representan el 70% de la basura marina, para el año 2025.

Bangladesh fue la primera nación en prohibir el uso de bolsas plásticas en el año 2002, mismo año en que Irlanda implementó el impuesto denominado *Plastax* de 20% sobre las compras a personas que utilicen bolsas plásticas. A partir de estas experiencias, otros países fueron reglamentado el uso del plástico. En 2018 el reporte sobre el Estado del Medio Ambiente publicado por Naciones Unidas.(UN Environment, 2018), informó las diversas medidas adoptadas por varios países (véase en el cuadro 2).

Cuadro 2
Contenidos destacados del reporte anual 2018 de ONU Medio Ambiente

Nº de países	Medidas adoptadas
127 países	Adoptaron legislaciones para regular el uso de bolsas de plástico.
27 países	Promulgaron leyes que prohíben productos, materiales o niveles de producción específicos para el plástico.
27 países	Fijaron impuestos en torno a la producción de bolsas de plástico.
30 países	Cobran tarifas fijas a los consumidores por el uso de bolsas plásticas.
63 países	Establecieron sistemas de responsabilidad del productor sobre plásticos de un solo uso, incluidas las estrategias de reembolsos por depósitos, devolución de productos, y objetivos de reciclaje.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de UN Environment, Putting the environment at the heart of people's lives. Annual Report 2018.

Como podemos apreciar la regulación en torno al plástico es dinámica y se encuentra en constante definición y producción. Se reconocen a nivel global iniciativas regulatorias para la prohibición de producción de materiales plásticos, el cobro de impuestos o cargos fijos a los usuarios de estos productos, la responsabilidad de recolección por parte de los productores, el cumplimiento de metas de reciclaje y hasta, como en el caso de Kenia, la sanción por su mal uso con pena de cárcel.

A nivel global, vemos con especial interés la enmienda para los plásticos de la Convención de Basilea, efectiva desde el año 2021, que obliga a los 187 países signatarios del Convenio a regular de manera interna el flujo de plásticos no peligrosos que causen daño o riesgo ambiental y a la salud.

En dicho contexto, existen políticas de mayor alcance en cada país, como los subsidios a personas naturales y pequeños empresarios para que desarrollen iniciativas para minimizar los efectos negativos del plástico en el medio ambiente y la salud de las personas, la celebración de acuerdos regionales y de producción limpia entre los distintos actores del rubro. Se reconocen esfuerzos de instituciones públicas y privadas. Además del reciclaje de residuos plásticos, existe un claro espacio de mejora en cuanto a la trazabilidad de los plásticos y su apropiada contabilización.

II. La gestión de residuos plásticos en América Latina y el Caribe: Chile

A. Alianza del Pacífico

En los últimos años se han implementado en América Latina, un número importante de medidas para contrarrestar el problema provocado por la gestión de residuos plásticos. Un referente subregional importante sobre la materia es la Alianza del Pacífico (en adelante Alianza o simplemente AP), una iniciativa económica y de desarrollo que se originó entre Chile, Colombia, México y Perú, que procura impulsar un mayor crecimiento y competitividad para las economías que la integran, apuntando a un avance progresivo en la libre circulación de bienes, servicios, capitales y personas. En dicho contexto, los países miembros, desarrollaron en el año 2019 un Plan de Acción de Medio Ambiente y Cambio Climático, el cual incluyó una: “Declaración Presidencial sobre el Uso Sostenible de Plásticos”, documento en el cual se reconoció el deseo de impulsar soluciones innovadoras para regular la producción y el consumo de plásticos en miras de realizar en la región:

- Análisis de la regulación de las bolsas de plásticos y recomendaciones para la reducción de su uso,
- Prohibición específica de plásticos de un solo uso,
- Investigación y apoyo a nuevos modelos productivos de alternativas plásticas;
- Acción para la reducción de la contaminación plástica en el agua, incluidos los entornos marinos.

Junto con desarrollar tales principios rectores, la Declaración Presidencial hizo hincapié en la identificación de los diferentes tipos de plástico para facilitar su gestión ambientalmente racional, además de promover la concientización de todos los actores involucrados respecto de su manejo responsable en la producción, consumo, recuperación, reutilización, reciclaje, valorización y en última instancia, disposición final adecuada de los plásticos.

B. Principales contenidos del análisis

El presente capítulo expone un panorama general respecto a las diversas regulaciones en torno al plástico que existen en la AP. Lo anterior mediante la descripción y análisis de políticas y definiciones, que, según la administración local del territorio, tendrán un carácter nacional o local. A modo referencial para un análisis integral del presente capítulo, se propone el desarrollo de los siguientes contenidos, para cada uno de los países miembros de la AP:

- Responsabilidad Extendida del Productor
- Medidas de Prohibición de Plásticos de un Solo Uso
- Cobro de Impuesto sobre los Plásticos
- Incentivos a la Producción de Plástico Reciclado

1. Responsabilidad Extendida del Productor - REP

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) define la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) como: *“un abordaje de política ambiental en la que la responsabilidad de un productor hacia un producto se extiende a la etapa post consumidor del ciclo de vida de un producto”*. Desde dicha óptica la REP, abarca una amplia variedad de enfoques, los cuales según la iniciativa regional para el reciclaje inclusivo definen su ámbito de aplicación a partir de: i) la gama de materiales y productos obligados, ii) el grado de responsabilidad que se le impone al productor, iii) el volumen de material gestionado, iv) los costos vinculados en su implementación, (v) las repercusiones que el esquema genera en los actores existentes en el sistema local de gestión de residuos: municipalidades, compañías privadas de gestión de residuos.

La experiencia de los programas REP alrededor del mundo, revisada tanto por la OCDE como por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con su Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo, han demostrado que no existe una sola forma de implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor, por consiguiente, se ha arribado a la conclusión que no existen dos programas REP exactamente iguales; para el caso de envases y embalajes que es el ámbito que importa a los plásticos, es posible identificar los parámetros que se expresan en el cuadro 3.

Cuadro 3
Ejemplos de formas de REP reguladas y voluntarias para envases y embalajes

	Característica de diseño REP	Contemplan
1	El grado de responsabilidad de los productores	Responsabilidad financiera compartida; hasta asignar responsabilidad financiera y operacional a los productores para la recolección, clasificación y reciclaje de los envases y embalajes.
2	La gama de envases y embalajes, que se establecen para recolección	Incluir desde envases y embalajes fácil de reciclar, hasta incluir todo empaque de consumo, comercial, institucional e industrial.
3	Las metas del programa	Una sola meta <i>“global”</i> de reciclaje de envases y embalajes para todos los materiales, hasta exigir metas de reciclaje mínima obligatorias para cada tipo de material.
4	Cómo alcanzar las metas	Obligación de alcanzar las metas sólo a través de procesos de reciclaje mecánicos; hasta incluir recuperar la energía de desechos o el reciclaje químico como método de tratamiento aceptado.
5	Requisitos de diseño para la reciclabilidad	Establecer incentivos financieros o penalidades en el diseño de programa REP y la metodología para fijar tasas para promover o exigir a los productores que cambien el diseño de sus envases y embalajes, hasta exigir el uso solamente de materiales reciclables, o establecimiento de requisitos para usar contenidos reciclados.
6	Roles y responsabilidades asignados a otros actores en la cadena de gestión de residuos de envases y embalajes	Puede incluirse a uno o potencialmente a todos: municipalidades, agencias gubernamentales, consumidores y a los recicladores de base.

Fuente: Stephenson D. y Faucher I., Estudio comparativo de legislación y políticas públicas de Responsabilidad Extendida del Productor REP para empaques y envases, Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo, 2018.

2. Medidas de prohibición de plásticos de un solo uso

La hoja de ruta para la sostenibilidad de Plásticos de un Solo Uso de ONU medio ambiente, expone que al año 2018 más de 60 países a nivel global habían introducido prohibiciones y gravámenes para detener el avance de los plásticos de un solo uso. Sin perjuicio de este avance, todavía existen grandes economías que no han avanzado en dicha dirección, fluye con lo anterior que en Brasil y en México, dos de las principales economías de América Latina, no ha sido posible introducir la prohibición de plásticos de un solo uso a nivel nacional y por tanto se han desarrollado tan solo prohibiciones de carácter local como los casos del Estado de Querétaro, Ciudad de México y recientemente la Ciudad de Sao Paulo en Brasil. En el mismo orden de ideas, desde abril de 2016, en Colombia existe una regulación específica para bolsas plásticas, la cual junto con prohibir la circulación de aquellas bolsas que midan 30 x 30 centímetros, estableció el cobro de un impuesto por el uso de bolsas plásticas. Por su parte en Uruguay mediante el Decreto N° 3/2019 fue reglamentado el uso sustentable de bolsas plásticas, prohibiéndose aquellas de un solo uso *“que no estén certificadas ni tengan constancia de cumplimiento”*, de esta forma con posterioridad al 01 de marzo de 2019, sólo podrán fabricarse o importarse las bolsas permitidas según la ley, que cumplan con ser biodegradables y/o compostables.

Por lo antes expuesto, es posible constatar que en la actualidad se han implementado intervenciones y desarrollo de políticas a nivel nacional y local para reducir las bolsas de plásticos de un solo uso, las cuales para un mejor entendimiento han sido clasificadas por la hoja de ruta para la sostenibilidad de Plásticos de un Solo Uso de ONU medio ambiente (ONU Medio Ambiente, 2018) (véase en el cuadro 4).

Cuadro 4
Herramientas para limitar el uso de bolsas de plástico

Herramientas de Políticas	Naturaleza	Aspectos Importantes
1 Instrumentos reguladores	Prohibición	Prohibición de un tipo particular o combinación de plásticos de un solo uso (incluyendo bolsas de plástico, productos de plástico espumado, etc.) La prohibición puede ser total o parcial.
2 Instrumentos Económicos	Gravamen a los proveedores	Gravámenes pagados por proveedores de bolsas de plástico (productores domésticos o importadores) Para que tales impuestos logren ser efectivos en incluir cambios conductuales se sugiere que el gravamen se traslade al minorista vía i) cobró a los consumidores por las bolsas de plástico o ii) ofrecer rebajas/recompensas a los consumidores que no utilicen bolsas de plástico.
	Gravámenes a los minoristas	Gravámenes que se tienen que pagar por los minoristas cuando compran bolsas de plástico. Los minoristas o están obligados a hacerles pagar los impuestos a los consumidores.
	Gravámenes a los consumidores	Cobrar por cada bolsa vendida en el punto de venta, el precio estándar está definido por ley.
3 Combinación de Instrumentos Reguladores y Económicos	Prohibiciones y gravámenes	Combinación de prohibición y gravamen (por ejemplo, una prohibición de bolsas de plástico delgadas y gravámenes sobre bolsas más gruesas).

Fuente: Elaboración propia a partir de ONU Medio Ambiente, Plásticos de un solo uso: Una hoja de ruta para la sostenibilidad, 2018.

3. Cobro de impuesto sobre el plástico

De acuerdo a la experiencia internacional, en específico a los datos obtenidos por Earth Policy Institute, para el 2014, en África existían 16 países que había implementado impuestos sobre el plástico, en Asia 15, en Europa 31 y en América 7 Incluidos Canadá, Estado Unidos, México, Argentina, Brasil, Haití y Uruguay. En Irlanda, caso de éxito mundial, después de 5 meses de la implementación del impuesto, el consumo de bolsas

disminuyó en un 90% (Larsen & Venkova, 2014). En octubre del 2015 Inglaterra implementó un impuesto de 5 centavos de libra por cada bolsa y para julio de 2016 el consumo interno para dicho producto había decrecido en un 85% (Smithers, 2016). En Botsuana, África, en el 2007 se implementó un impuesto y 18 meses después el consumo disminuyó un 50% (Dikgang & Visser, 2010).

Por lo antes expuesto, existe evidencia robusta sobre la efectividad que tienen pequeños impuestos para cambiar los hábitos del consumidor con relación al uso de bolsas plástico. A modo referencial, se presenta en el cuadro 5 los principales impuestos, sus tasas y resultados a nivel global.

Cuadro 5
Principales impuestos al consumo de bolsas de plástico

Número	País	Precio	Efectos
1	Dinamarca	USD 4, por kilogramo de bolsas plásticas	Reducción inicial en el uso de bolsas del 60 por ciento en el año posterior a la entrada en vigencia del impuesto (1995)
2	Colombia	\$ 20 pesos colombianos	Reducción del 30% del uso de bolsas
3	Inglaterra	5 peniques	Reducción del 83% en los supermercados y tiendas donde se aplicó
4	Chicago	USD 0,7	Reducción del 40% del uso de bolsas durante el primer año.
5	Irlanda	€ 0,22	Reducción del 90% del uso de bolsas durante los primeros 4 años de vigencia.

Fuente: Elaboración propia a partir de Larsen y Venkova, *The Downfall of the Plastic Bag: A Global Picture*, 2014.

En la Alianza del Pacífico, región de estudio para el presente reporte, es posible observar el establecimiento de impuestos al consumo de bolsas de plásticos en los países de Colombia y el Perú, medidas que serán estudiadas con mayor detención más adelante.

4. Incentivos a producción de plástico reciclado

Revisando la legislación comparada de los países miembros de la Alianza del Pacífico, a la fecha, no se advierten incentivos directos para aquellos productores de plástico que elaboren sus productos con materiales reciclados. Si bien existen numerosos pactos y compromisos privados al respecto, siendo quizás el más influyente de la región el pacto por los plásticos promovido por la Fundación Ellen Mac Arthur del Reino Unido. No se avizora en la región un sistema fiscal de incentivo directo para que productores prefieran la reutilización de plásticos sobre el normal tratamiento con materiales vírgenes.

Uno de los casos paradigmáticos es el chileno, el cual queda en evidencia, mediante un estudio de la Asociación de Industriales de Plástico (ASIPLA) de dicho país, el cual señala que la recuperación de materiales plásticos en Chile es tan baja, que es necesario importar de forma anual más de 10 mil toneladas de plástico reciclado, para cumplir con los nuevos estándares establecidos por la Ley. Concluyendo el estudio que el problema estaría en la deficiencia en los sistemas de recolección de los envases, debido a una falta de educación y cultura de reciclaje, junto a la inexistencia de incentivos, escasez de normativa para el fomento y seguimiento de estos procesos.

5. Países miembros de la Alianza del Pacífico

A continuación, se exponen las principales regulaciones en materia de plástico de los países miembros de la Alianza del Pacífico.

Colombia

Para hablar sobre la regulación del plástico en Colombia, es necesario entender su sistema normativo para la gestión de residuos, el cual puede clasificarse de acuerdo a su origen y alcance, según criterios, ambientales, sanitarios, y de transporte, de esta forma es posible identificar las siguientes fuentes de regulación:

a) *Regulación ambiental*

Caracterización de los residuos en función a sus características físicas y químicas, para lo cual se han redactado una serie de disposiciones que permiten diferenciar distintas tipologías de un mismo residuo. Como por ejemplo el Decreto N° 1.076 del año 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual en su título sexto sobre Residuos Peligrosos, específicamente en su Sección N°2 sobre clasificación, caracterización, identificación y presentación de los residuos o desechos peligrosos, hace una distinción en función a las características físico químicas del residuo, la cual se manifiesta mediante una evaluación técnica del mismo.

b) *Regulación sanitaria*

Regulación que atiende a la gestión directa de residuos, a partir de la consideración del sitio en donde éstos se generan. De esta forma a la evaluación ambiental propia de la regulación ambiental, deben contemplarse también consideraciones sanitarias, generales en relación al territorio además de otras específicas en relación al tipo de residuo, como, por ejemplo:

- b.1) Decreto 780 de 2006, Decreto Único Reglamentario del Sector Salud y Protección,
- b.2) Resolución N° 1164 de 2002 Manual de Gestión de Residuos Hospitalarios

Disposiciones que agregan los siguientes criterios a la evaluación ambiental de los residuos, los cuales son tratados en el cuadro 6.

Cuadro 6
Criterios de evaluación incorporados por el manual de procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia

	Residuos No Peligrosos	Residuos Peligrosos
1	Biodegradables	Infeciosos
2	Plásticos Reciclables	Biosanitarios, cortopunzantes
3	Vidrios Reciclables	Infeciosos
4	Cartones y Similares Reciclables	Anatomopatológicos y de animales
5	Chatarra Reciclable	Químicos y Metales Pesados
6	Ordinarios e inertes	Radioactivos

Fuente: Elaboración propia a partir Resolución N°1164, de 2002 del Ministerio de Salud de Colombia, la cual contiene el Manual de Gestión de Residuos Hospitalarios.

c) *Impuesto al plástico*

Colombia impuso un gravamen a las bolsas de plástico en julio del año 2018, de esta forma los consumidores pagan un centavo de dólar estadounidense (20 pesos colombianos) por cada bolsa, un monto que aumentará 50% cada año. El gobierno señala que la medida redujo el consumo de bolsas de plástico en un 30% y ha recaudado alrededor de U\$ 3,6 millones durante sus primeros seis meses de ejecución.

d) *Responsabilidad extendida del productor*

En Colombia, el principio de la responsabilidad extendida del productor se ha integrado de forma paulatina a partir de la Ley N° 1672 del año 2013, la cual estableció los lineamientos de la REP en la política pública de gestión integral de los Residuos de Aparatos Electrónicos. En la actualidad la ley obliga a fabricantes e importadores de ciertos productos de consumo masivo organizar desarrollar y financiar la gestión integral de los residuos derivados de sus productos, una vez que el consumidor final los desecha.

e) Responsabilidad extendida del productor

En noviembre de 2018, con el fin de promover la innovación y la generación de valor en los sistemas de producción y consumo, fue presentada la Estrategia Nacional de Economía Circular. Durante su puesta en marcha y hasta el año 2020 se han suscrito 16 pactos regionales firmados por más de 230 organizaciones, instituciones académicas, alcaldías, gobernaciones, entre otras empresas, asociaciones gremiales y organizaciones civiles.

En palabras de Ricardo Lozano Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, la estrategia de Economía Circular, implica: “el trabajo conjunto de productores, proveedores, consumidores y otros actores de los sistemas productivos y de consumo, para desarrollar e implementar nuevos modelos de negocio que incorporen la gestión de los residuos el manejo eficiente de los materiales y el cambio en los estilos de vida de los ciudadanos”.

De esta forma la estrategia junto con ser un instrumento mediante el cual se propone un tratamiento de residuos sólidos en relación a sus características, incorpora a su vez, un mandato para la reincorporación de ciertos residuos como materiales de la cadena productiva.

En relación a la regulación del plástico, es posible constatar que los avances en dicha materia apuntan a limitar o prohibir el uso de plásticos de un solo uso. Al respecto cabe destacar la Ley N° 1819, mediante la cual se estableció un impuesto a la venta de bolsas plástica, lo cual ayudo significativamente (27%) al desincentivo en el uso de bolsas plásticas de un solo uso. El compromiso de las empresas ha empezado a mostrar resultados. A comienzos del mes de marzo de 2020, más de 200 empresas productoras de envases y empaques, en orden a una disposición del Ministerio de Medio Ambiente, comenzaron a gestionar sus residuos a través de 21 proyectos pilotos de aprovechamiento. Estos planes contemplan el respaldo al trabajo de los recicladores de base y cuentan con un componente pedagógico para motivar a la ciudadanía a separar adecuadamente los residuos. La meta que las empresas productoras de envases han establecido para el año 2021 contempla el aprovechamiento del 10% de los residuos, equivalente a cerca de 200.000 toneladas.

f) Proyectos de Ley

Si bien a mediados de junio de 2020, el Congreso colombiano postergó el estudio y la aprobación de un proyecto de ley con el que se busca prohibir en el país los plásticos de un solo uso, en diciembre del mismo año fue aprobado en primer debate en la Comisión Quinta de la Cámara de Representantes el Proyecto de Ley que busca prohibir los plásticos de un solo uso en el país, a partir del año 2025.

g) Iniciativas privadas

Sistema de recolección de residuos “Rutas de Recolección de Reciclaje” de Bogotá, que nace de la alianza entre empresas privadas y organizaciones sociales. A través de su sitio web, hogares y organizaciones comunitarias que separan residuos sólidos pueden ganar dinero entregando sus residuos reutilizables.

Perú

a) Normativa específica en relación al plástico

En este país desde el año 2018, existe una ley diseñada exclusivamente para el plástico, la Ley N° 30.884 que establece el marco regulatorio para promover la fabricación y consumo sostenible de plástico en el Perú. Posteriormente en el año 2019, se dictó su reglamento contenido en el Decreto Supremo N° 006-2019- MINAM, aprobado el 23 de agosto de 2019, instrumento que vino en:

- Desarrollar las disposiciones y prohibiciones incluidas en la Ley.
- Fabricación, importación, distribución y comercialización de plásticos de un solo uso.

- Registro de Fabricantes, Importadores y Distribuidores de los Bienes de Plástico.
- Gestión de Residuos de plástico y su reutilización. (desde el 2020 se implementó el registro).

En materia de residuos sólidos, las autoridades peruanas están obligadas por ley a adoptar medidas e incentivar la inversión pública y privada en limpieza pública y gestión de desechos. La legislación apunta a la promoción de la economía circular, la valorización de recursos, la responsabilidad extendida del productor, la responsabilidad compartida, y la protección del ambiente y la salud pública.

En lo tocante al plástico se establecieron diversas sanciones administrativas, las cuales apuntan como medidas restrictivas para evitar el uso de plásticos de un solo uso, plásticos no renovables, envases desechables de productos de comida y/o bebidas, sorbetes y utensilios de polietileno y poliestireno expandido (EPS). Las cuales han sido acompañadas con campañas mediáticas de concientización y según las cifras de propio ministerio del medio ambiente peruano, se ha logrado una reducción real del 30% en el uso de plástico de un solo uso.

b) Impuesto al plástico

El 02 de agosto de 2019 mediante el Decreto Supremo N°244-2019, se creó un nuevo impuesto de S/0.10 céntimos para la distribución de bolsas plásticas de un solo uso en los puntos de venta. El impuesto incrementará anualmente en S/ 0.10 céntimos hasta llegar a S/ 0.50 céntimos al año 2023.

c) Desarrollo tecnológico

Con fecha 2 de junio de 2019 se inauguró una plataforma digital, la cual mediante E-coins, permite a sus usuarios obtener descuentos por reciclar, el sistema surge como una respuesta al uso excesivo de plástico y fue creada por el Ministerio del Medio Ambiente como un intento de propiciar mayor economía circular.

d) Fiscalización y control

En diciembre 2020 se instaló la Comisión Multisectorial Técnica de la Gestión Integral del Plástico de un Solo Uso, organismo que se encargará de realizar el seguimiento y la evaluación de los resultados de la implementación de la Ley 30.884 (Gobierno de Perú, 2020).

e) Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos 2016-2024

El ministerio del Ambiente (en adelante MINAM) incorporó la gestión integral de residuos sólidos como parte de sus objetivos principales. Los resultados de la gestión integral de residuos sólidos en el año 2014 muestran que se generaron 7,5 millones de toneladas de residuos sólidos municipales, de los cuales menos del 50% fueron dispuestos adecuadamente en rellenos sanitarios. Según la legislación vigente las municipalidades provinciales deben regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial, así como las municipalidades distritales deben proveer el servicio de limpieza pública determinando áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y del aprovechamiento industrial de desperdicios.

En la actualidad, uno de los principales problemas identificados en el Perú para el manejo de sus residuos sólidos, es la escasez de lugares adecuados destinados a su disposición final, se estima que el país requiere de 190 infraestructuras para la disposición final de los residuos sólidos, sin embargo, al año 2014 existían sólo 11 rellenos sanitarios con todos los permisos y autorizaciones correspondientes y 10 instalaciones para la disposición de residuos del ámbito no municipal a nivel nacional.

Según información provista por los gobiernos locales mediante la plataforma SIGERSOL, se tiene una cobertura de 93,74% de la población urbana con sistema de recolección de residuos sólidos. Sin embargo, sólo 3.309.712 toneladas, correspondientes a menos del 50% fueron dispuestos en un relleno sanitario, dejando el restante de residuos sólidos dispuestos inadecuadamente en botadores u otras instalaciones de disposición final.

Esto demuestra que, aún brindándose una adecuada cobertura en el servicio de limpieza pública, estos carecen de un impacto real positivo en la población y el ambiente, si al final del ciclo del manejo de estos residuos, se desecha sin ningún control afectando la salud de la población e impactando negativamente al entorno.

México

a) *Antecedentes generales*

En la región de América Latina, este país se encuentra entre aquellos que presentan mayores problemas de contaminación por una inadecuada gestión de sus residuos sólidos. Lo anterior es especialmente sensible, toda vez que según datos oficiales del Senado, en este país se generan 44 millones de toneladas de residuos sólidos al año (Senado de la República de México, 2019). Proyectándose que esta cantidad aumente a 65 millones de toneladas para el año 2030.

Cabe destacar que la regulación actual de México en torno a los residuos, pareciera no concebirse en la lógica de una economía circular. En este contexto la "Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos" (en adelante Ley General de Residuos), se encarga de distribuir las competencias entre las autoridades federales, estatales y municipales de acuerdo a los criterios mostrados en el cuadro 7.

Cuadro 7
Criterios competencia autoridades

Clasificación	Definición	Jurisdicción
Peligrosos	CRETI + 1	Autoridades Ambientales Federales
Residuos de Manejo Especial	Residuos no peligrosos pero diferentes a los residuos domiciliarios.	Autoridades Ambientales Estatales.
Residuos sólidos urbanos	Residuos no peligrosos con características domiciliarias.	Autoridades Municipales.

Fuente: Elaboración propia a partir de Sturzenegger G., Plásticos y economía circular, regulación en tiempo de COVID-19, 2020 [En Línea] <https://blogs.iadb.org/agua/es/gestion-sostenible-del-plastico-diez-razones-para-adaptar-una-estrategia-regional/>.

Si bien esta división de poderes es muy compleja y la constitución mexicana no tiene un enfoque eminentemente ambiental, es posible encontrar disposiciones sobre el control de residuos sólidos municipales en el propio texto constitucional, estableciéndose así que dichas prestaciones corresponden a servicios públicos que debe realizar el municipio en la esfera de sus obligaciones.

Producto de las obligaciones asumidas en tratados internacionales, México ha mejorado su legislación ambiental nacional, particularmente en materia de comercio internacional y medio ambiente.

b) *Responsabilidad compartida*

Si bien en el país no existe consagrada de forma legal una Ley que establezca la Responsabilidad Extendida del Productor, es posible encontrar en la Ley General de Residuos, la figura de responsabilidad compartida, la cual mediante la implementación de Planes de Manejo de Residuos se proponen como un germen al principio de Responsabilidad Extendida del Productor, toda vez que se establecen las siguientes obligaciones y deberes de carácter ambiental: i) Los grandes generadores de residuos peligrosos, ii) Los productores, importadores, distribuidores y exportadores de productos que se convierten en peligrosos cuando se disponen de ellos, iii) Grandes generadores y productores, importadores, distribuidores y exportadores de residuos sólidos y de residuos de manejo especial y residuos de plástico y poliestireno. Dispongan adecuadamente de sus residuos mediante un plan de manejo que contemple principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, los cuales deben considerarse en el diseño de instrumentos, programas y planes de política ambiental.

c) *Prohibición plásticos de un solo uso*

No existe una Ley Federal que establezca la prohibición de plásticos de un solo uso en el territorio mexicano. No obstante, a la fecha 28 estados han prohibido o limitado de alguna forma; la venta, uso, producción o distribución de bolsas de plástico y otros plásticos de un solo uso. De esta forma tanto estados y ciudades mexicanas se han dado nuevos marcos legales hacia la prohibición de bolsas, bombillas, envases de styrofoam y plásticos de un sólo uso, entre ellos la Ciudad de México Sonora, Veracruz, Quintana Roo, Chihuahua, Durango, Jalisco, Tamaulipas, Baja California, Nayarit, Coahuila, Tlaxcala, Baja California Sur, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tabasco, San Luis Potosí, Nuevo León e Hidalgo. En la Ciudad de México existe una medida local, que combina prohibición y recaudación, al exigir que los comerciantes minoristas cobren una tarifa por las bolsas de plástico y además que estas sean biodegradables.

d) *Acuerdo Nacional para la Nueva Economía de los Plásticos*

En diciembre del año 2019, el Senado, el Sector Privado y el Gobierno Federal, firmaron el “Acuerdo por una nueva Economía del Plástico”, un compromiso de naturaleza no vinculante cuyos objetivos principales son los siguientes:

- Transición hacia una economía circular
- Eliminar plásticos innecesarios para el año 2030
- Reusar o reciclar todos los plásticos “necesarios”
- Para el año 2025 todos los productos plásticos comercializados deben contener 20% de material reciclado y el 30% para el año 2030.

e) *Nuevas iniciativas*

En la actualidad, el sector privado está impulsando reformas a la Ley General de Residuos Vigentes, y en el Senado se promueve un proyecto sin urgencia, para una nueva Ley General sobre Economía Circular, cuyo objetivo principal es reducir entre un 80% a un 90% del desecho industrial de sectores específicos. El proyecto esta inspirado en tres principios desarrollados por la fundación Ellen Mac Arthur, los cuales para un mejor entendimiento a continuación se transcriben:

- i) **Principio 1:** Preservar y mejorar los recursos naturales.
- ii) **Principio 2:** Optimizar el uso de recursos.
- iii) **Principio 3:** Promover la eficiencia del sistema al exponer y eliminar elementos externos negativos.

Si bien la iniciativa está inspirada en los principios de la Fundación Ellen Mac Arthur, ésta ha sido fuertemente criticada por la misma, ya que en el desarrollo de la Ley General de Economía Circular, no se estarían cumpliendo los principio de circularidad propuestos por la Fundación, a mayor abundamiento diversas organizaciones civiles han comentado que de publicarse la Ley en su estado actual, probablemente será inaplicable.

Paralelamente a la legislación, existe también el programa educativo “Residuos sólidos urbanos: la otra cara de la basura,” promovido por el Gobierno de la República de México y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México). Esta iniciativa enfatiza que la separación, reciclaje y aprovechamiento de los residuos plásticos, especialmente el PET, constituye una fuente de empleo.

Se destaca la importancia primordial de la segregación de residuos en el origen para el éxito del proceso de reciclaje.

Chile

a) Antecedentes generales

El marco normativo que rige al plástico, se encuentra vinculado a la normativa de residuos, cuyo origen es de carácter eminentemente sanitario, de esta manera para entenderlo, se hace necesario hacer referencia a las disposiciones generales relativas a residuos, dispuestas en el Código Sanitario y en los reglamentos de Higiene, Seguridad y de Residuos Peligrosos. Posteriormente en la década de los 90 se introduce la perspectiva ambiental y ya en la segunda década de los 2000 se introduce una normativa específica a la Ley REP y a la prohibición de bolsas plásticas. Evolucionando en los últimos años a un modelo de proyección de residuos con una perspectiva de carácter ambiental y economía circular.

b) Ley Responsabilidad Extendida del Productor

En América Latina, Chile es un país pionero en la lucha contra la contaminación provocada por los residuos plásticos y también es el que más se ha acercado a las políticas y modelos de gestión adoptados por Europa. En dicho orden de ideas, en mayo de 2016 se promulgó la Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (Ley REP) (Ministerio de Medio Ambiente, 2017), hecho que incluye Chile entre los países con las normativas más avanzadas y completas en la materia.

Según la Ley REP, los productores son responsables de la organización y financiamiento de la gestión de los residuos de los productos prioritarios que comercialicen en el país. El Decreto Supremo que establece metas de recolección y valorización y otras obligaciones asociadas a envases y embalajes (Ministerio de Medio Ambiente, 2020) establece las metas de reciclar el 45% de envases y embalajes plásticos domiciliarios que se introduzcan en el mercado a contar del duodécimo año de la vigencia del decreto y el 55% para los envases y embalajes no domiciliarios que se introduzcan en el mercado a contar del noveno. Para los residuos de procedencia industrial, el productor podrá decidir si encargarse directamente de su reciclaje o entregarlo al sistema. Los residuos de envases exportados se consideran valorizados por quien los haya vendido al extranjero; o, cuando dicho tratamiento sea acreditado de conformidad con lo que disponga la normativa.

Otro hito importante es la fiscalización de la Ley REP, la cual por mandato legal se encuentra radicada en la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), y cuyas sanciones por incumplimiento son bastante severas, pudiendo llegar en el caso de tratarse de faltas gravísimas, multas de hasta 8 millones de dólares por año.

c) Plásticos de un solo uso

En el año 2018, Chile se convirtió en el primer país en Latinoamérica en eliminar el consumo de bolsas plásticas con la Ley 21.100 (Ministerio de Medio Ambiente, 2018)¹⁹. La medida se aplicó de forma progresiva, a partir de los grandes establecimientos comerciales e incluye pequeñas y mediana empresa en un período de dos años a partir de su publicación.

¹⁹ Las empresas grandes, como supermercados y el retail tienen prohibición total de entregar bolsas plásticas desde el 3 de febrero de 2019. En el caso de las microempresas, pequeñas empresas y medianas empresas (como los almacenes de barrio), se da un plazo de dos años (contados desde el 3 de agosto de 2018), en el que deberán entregar un máximo de dos bolsas por compra.

d) *Proyectos de Ley en discusión*

En la actualidad existen 6 proyectos de ley que regulan de forma directa el uso y producción de plásticos de un solo uso, los cuales se espera se conviertan en ley durante el año 2021 y cuyas materias se transcriben a continuación:

- Prohibición y sanción por entrega de bombillas plásticas no degradables en el comercio.
- Prohíbe el uso de plásticos desechables en establecimientos comerciales
- Prohíbe la entrega y comercio de empaques, botellas y bolsas y otros productos plásticos de un solo uso.
- Prohíbe el uso de envases plásticos no degradables en el comercio.
- Obliga al uso de bioplástico en la industria y comercio para el embalaje de productos.
- Prohíbe el uso de envases plásticos en la comercialización de productos al consumidor final.
- En mérito de lo anterior es posible constatar que el uso y regulación de plásticos de un solo uso va en el sentido de limitar y/o prohibir su consumo y distribución.

e) *Pacto por los plásticos*

Chile se adhirió en Abril de 2019 al “Pacto por los Plásticos” (Ministerio del Medio Ambiente, 2019)²⁰ promovido por la Ellen MacArthur Foundation alineado con el “Compromiso Global” (ver capítulo I del presente documento).

C. Efecto pandemia

Según la International Solid Waste Association (ISWA) Producto de la Pandemia de COVID-19, el consumo de plástico de un solo uso debe haber incrementado en América en un 250 a un 300%. Lo anterior por efecto directo del incremento del comercio electrónico (empaquetado de plástico), servicios de deliveries, sumado a la reducción de la voluntad de reciclar por temor a un eventual contagio. Si bien todavía es muy temprano para caracterizar de forma certera la totalidad de efectos e implicancia que la Pandemia impactará en los sistemas de regulación de plástico estudiados en el presente capítulo. Creemos en la necesidad de entender esta época como una oportunidad para regular nuevas políticas ambientales y fortalecer las estrategias de economía circular en la región, de lo contrario los años invertidos en tratar de cambiar la actitud de la población podrían perderse y la Pandemia podría ser un incentivo perverso para un mayor uso de plásticos de un solo uso.

D. Necesidad de trazabilidad y contabilidad

Es en mérito de los temas propuesto en el presente capítulo, que vemos la necesidad de trazar y contabilizar mediante un sistema capaz de levantar información fidedigna, la totalidad de plásticos introducidos en la economía de la región. Lo anterior a objeto de verificar el cumplimiento de metas, prohibiciones y compromisos asociados a la gestión sostenible de plásticos en América Latina. Ya que mientras no exista un sistema certero de trazabilidad y contabilidad global, las distintas iniciativas que han sido revisadas, se mantendrán tan sólo en un plano local, lo cual a nuestro modo de entender la problemática puede ser un despropósito metodológico, toda vez que la gestión de residuos plásticos en América Latina, es un tema global que debe ser tratado de forma conjunta y mediante métodos globales y fidedignos para la verificación de información ambiental relevante para toda la región.

²⁰ Liderada por Ministerio de Medio Ambiente y Fundación Chile está apoyada por Corfo, Ministerio de Economía, Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, Asociación de Municipalidades para la Sustentabilidad Ambiental (AMUSA), Sistema de Gestión de Envases y Embalajes, Fundación Plastics Ocean Chile y empresas del mundo privado.

Recuadro 3
Clima, salud y la paradoja COVID-19

La pandemia COVID-19 puso en jaque los últimos años de políticas y educación para enfrentar la crisis de los residuos plásticos, los han cedido a las urgencias presentadas por la emergencia sanitaria mundial. Si bien por un lado las medidas de confinamiento alrededor del mundo han generado una portentosa caída de las emisiones de gases de efecto invernadero y la naturaleza se ha beneficiado en diferentes formas, por otro lado, el material vuelve a mostrar sus dos caras: mientras que en muchos países se tramita la aprobación de la ley de prohibición de plásticos de un solo uso, el plástico ha vuelto a instalarse como el material que soluciona los problemas derivados del riesgo de contagio.

La emergencia COVID-19, junto con la política de la OPEP, ha provocado el colapso del mercado del petróleo, reflejado en una enorme disminución de los precios del plástico virgen (Prata et al., 2020). Envases de todo tipo, películas de protección y bolsas de plástico han vuelto a instalarse, e incluso han aumentado en magnitud, en la cotidianidad de los ciudadanos en todo el mundo, junto con las mascarillas y guantes de látex.

Tuvieron un desmesurado aumento los PPE clínicos (*personal protective equipment* o equipo de protección personal), vestimentas y materiales hospitalarios compuestos de polímeros como poliuretano (PU), polipropileno (PP), policarbonato (PC), polietileno de baja densidad (PELD) y cloruro de polivinilo (PVC) (Parashar & Hait, 2021). Según indica Ana Patrício Silva, del Departamento de Biología del Centro de Estudios Ambientales y Marinos de la Universidad de Aveiro, en Cataluña (España) y China hubo un incremento del 350% y el 370% respectivamente. (Patrício Silva et al., 2021). Esta enorme masa de desechos está sobrecargando la capacidad de gestión y tratamiento de países y municipios (Patrício Silva et al., 2021).

Es necesario prestar atención especial a las mascarillas clínicas de filtración y protección de textil de polipropileno. Según estimaciones de la empresa de consultoría Grand View Research, mencionada en el Diario de las Naciones Unidas, su mercado global pasó de 800 millones de dólares en 2019 a 166.000 millones en 2020 (Naciones Unidas, 2020). A un año del comienzo de la crisis del COVID-19, mascarillas y guantes de vinilo, latex o nitrilo, a menudo desechados sin ningún cuidado, se están abriendo camino por los ríos hacia los océanos, tal como sucedía con los demás plásticos de un solo uso. Se calcula que a final de 2020, 1.560 millones de mascarillas han alcanzado los océanos (OceansAsia, 2020).

También en el sector del *retail* la demanda de plásticos se ha disparado, aumentando en un 40% (Patrício Silva et al., 2021) y alimentada por las preocupaciones de seguridad de los consumidores y su preferencia por los alimentos frescos envasados (para evitar riesgos de contaminación), por el consumo de envases de alimentos de un solo uso, así como de bolsas plásticas para transportarlos.

En este breve recorrido sobre el impacto del plástico provocado por el COVID-19 no pueden faltar los países en vía de desarrollo, que necesitan de políticas firmes y participativas. Por ejemplo, según un estudio del Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de la Universidad de Guyana, la población de Nigeria y Guyana es sensible a los problemas de gestión de los residuos en la propagación del virus y espera la formulación de un enfoque inclusivo en las políticas (Oyedotun et al., 2020). Sin embargo, el sistema de gestión de residuos en Nigeria y Guyana está plagado de prácticas cuestionables que preocupan a las comunidades, entre ellos la existencia de basureros ilegales, vertederos no supervisados y animales sueltos que entran en contacto con los residuos (Oyedotun et al., 2020) generando ulteriores medios para la propagación del virus.

Imagen 1

Las imágenes representan una reflexión: ahora a los residuos plásticos se unen las mascarillas y los insumos generados por la pandemia del COVID-19



Fuente: Elaboración propia en base a otros autores citados en el texto del recuadro. Las imágenes fueron elaboradas por la Unidad de Información Pública de la CEPAL

III. Trazabilidad y contabilidad de plásticos con la herramienta “Atributos para Almacenaje” – A.P.A.

“Ubicuos” tal vez sea la palabra que mejor define la condición de los residuos plásticos en el planeta. La solución propuesta A.P.A. radica en construir (Padrón de datos) que almacena la información sobre el plástico, ligándolo al código de barra de cada producto y ocupándolo como identificador. La aplicación propuesta emplea cadenas de bloques (*blockchain*), un sistema igualmente ubicuo, que permite hacer la trazabilidad de plásticos, pues registra y contabiliza información (los atributos) de los materiales plásticos: cantidad, peso y tipo de plástico que contienen los productos que entran a la circulación y subsecuentemente, en cada operación en su paso a través de la economía.

La tecnología de cadenas de bloque es usada exitosamente en múltiples campos, como por ejemplo, en el área de la salud para compartir información y registro electrónico (Leeming et al., 2019; Randall et al., 2017) Las cadenas forman una base de datos compartida que funciona como un libro de registro electrónico de transacciones, que permite llevar una “contabilidad” pública y transparente, casi sin posibilidad de fraude, congestión ni pérdida de datos, que resulta en trazabilidad (InfoTechnology, 2021). Gracias al uso de esta tecnología, la información de cada producto estaría disponible en todo momento, se tendría la posibilidad de conocer la cantidad total en peso por tipo de plástico y llevar estadísticas de las informaciones incluidas en el “Padrón”, (el cual se describe más adelante). Permite recolectar e interpretar eficientemente la información de cada producto disponible en el mercado, sin intervenir o modificar la configuración del código de barras (como era la propuesta inicial de Salina) y sus procesos actuales de codificación.

A. Más allá de las 7 categorías

En la clasificación de los plásticos ocupados en el consumo, se reconocen comúnmente 7 categorías; 6 se relacionan con un solo tipo de plástico, y la séptima corresponde a los “otros”, es decir todos los demás del sector del consumo. Sin embargo, el universo de los plásticos es extremadamente más amplio. Este sistema propone, en un futuro cercano, expandir el registro, trazabilizando y contabilizando también los plásticos que están afuera del consumo. Esos otros tipos de plástico se ejemplifican en el cuadro 8.

El cuadro 8, creado con datos de Real Time List (Plasticker)²¹ y de Professional Plastic (Professional Plastics, n.d.) muestra que Europa recicla los plásticos marcados en azul, rojo (6 categorías de plásticos reciclables relacionados con el consumo) y verde²² (de origen orgánico*). Los plásticos reciclados en Chile, según la página del Gobierno (Chile Recicla, n.d.), son los marcados en rojo.

Además de trazar y contabilizar los plásticos de las 6 categorías usuales, A.P.A. transparentaría y sistematizaría la presencia de los “otros” plásticos y su escala, lo que facilitaría las nuevas inversiones para su reciclaje.

B. La cadena de bloques y el padrón son los pilares del sistema A.P.A.

A fin de trazar y contabilizar los plásticos, junto con la *cadena de bloques*, se asociaría²³ a cada uno de los plásticos producidos (y que entrarán en el sistema A.P.A.) una ficha digital, un “Padrón”. En ésta, como muestra la siguiente imagen, se podrán almacenar no solo los datos de peso y tipo, sino toda aquella información útil o necesaria para dar seguimiento productivo, comercial, o legal; e incluso permitirá, por ejemplo, crear una categoría de “plástico oceánico” para el material retirado desde los océanos reintroducidos a la circulación o a la producción. Todo plástico puede ser incluido.

²¹ Se señalan algunos de los materiales reciclados ofertos en Plasticker a las fechas del 2020-11-03 y de 2021-04-01. La página muestra ulteriores tipos de PA (11, 12, 6, 6-3, 6.10, 6.12, 6.6), de PE (LLD, MD, PA, PP), de PET (A, G), de PP (Copo, GF, Homo, TV, EPDM) y de PVCw.

²² Bio-PE: Polietileno de fuente biológicas, PLA: Poliacido láctico.

²³ A este efecto se deberá contar con la colaboración voluntaria de los introductores a la circulación.

Cuadro 8
Plásticos que se reciclan de sus 280 tipos

ABA	BMI	CS	EEW	FF	HRR	NB	PASA	PEI	PFA	PPA	PVCA	SMC	TYS
ABS	BOPP	CSA	Elastómeros	FMQ	HVAR	NBR	PASU	PEK	PFPE	PPO	PVC-h	SMS	UF
ACM	BR	CSM	EMAAA	FPM	HVTR	NHFR	PBGA	PEKEKK	PI	PPOX	PVDC	SPS	TEO
ACS	CA	CTE	EMAC	FPVC	HWI	NHT	PBI	PEN	PIB	PPS	PVDF	SPU	UL
ACS	CAB	CTFE	EMI	FDA	IBS	NSF	PBT	PDSM	PIR	PPSU	PVK	TAIC	ULDPE
AES	CAP	CTI	EP	FR	IIR	OB	PBT/ASA	PE	PISU	PRF	PVOH	TEEE	UP
AMMA	CF	CVD	EPA	FVMQ	IM	ODP	PC	PE-HD	PLA	PS	PVP	RTPU	USDA
AN	CFR	DAM	EPDM	FZ	IMR	OEM	PC/ABS	PE-LD	PMMA	PSU	PZ	RTV	UTS
AO	CGE	DAP	EPM	GFR	HWI	OPP	PC/PBT	PE-LLD	PMP	PTFE	RH	SAN	UV
APET	CHDM	DDS	EPN	GP	ISO	OPS	PCB	PE-MD	PNR	PTMG	RIM	TES	VCE
API	CIIR	DGEB	EPS	GPO	LCP	OSHA	PCR	PE-PP	PO	PTT	RPVC	TFE	VCEMA
ARP	CM	DIN	ESCR	HAI	LMDPE	PA	PCT	PEO	POB	PU	RRIM	TM	VCMA
AS	CMC	DTUL	ETFE	HALS	MD	PA 12	PCTFE	PEOX	POM	PUR	RTI	TP	VCVDC
ASA	CN	EAA	ETPU	HDT	MDPE	PA 6	PCTG	PES	POP	PVAC	SB	TPE	VHMW
ASTM	CO	EBAC	EVA	HFP	MF	PA 6.6	PDAP	PESU	PP	PPE	SBC	TPO	WPE
BDMA	COF	EC	EVAC	HAI	MFD	PAI	PB	PET	PP-Copo	PPF	SBS	TPS	XLPE
BGE	CP	ECN	EVAL	HIPS	MFI	PAMS	PEBA	PET-A	PP-GF	PPG	SEBS	TPU	UHMW
BIIR	CPE	ECO	EVOH	HNBR	MVTR	PAN	PEEK	PETG	PP-Homo	PVAL	SI	TPUR	
Bio-PE	CPVC	ECTFE	FDA	HRE	MWD	PARA	PEF	PEX	PP-TV	PVB	SIS	TPV	
BMC	CR	EEA	FEP	HRM	NASA	PAS	PEG	PF	PP-EPDM	PVC	SMA	TS	

Fuente: Elaboración propia de un listado no definitivo de materiales plásticos (páginas consultadas: Plasticker y Professional Plastic).

Cuadro 9
Modelo de Padrón electrónico

Padrón ^a				
Categoría	Subcategoría	Definiciones de la subcategoría	Otros parámetros	
AMBIENTAL	Residuo	Micropástico/Objeto/Aparato		
TERRITORIAL	Origen del producto	País		
	Origen del producto	Región		
	Origen del producto	Ciudad		
	Origen del producto	OCÉANOS		
TÉCNICA	Tipo de plástico	LDPE - PP - PET - etc.		
	Oceánico	SIN DISTINGUIR		
	Peso	Múltiples valores		
	Color	Múltiples valores		
	Volumen m ³	Múltiples valores		
	Volumen comprimible	SI / NO		
	Derivación	Petróleo / Orgánica		
	Identidad producto	Envase, tubería, film, etc.		
		Multicapa o multiestructura		
	Procedencia	Industrial, agricultura, consumo, etc.		
	Peligroso	SI / NO		
	Reciclaje		Reciclaje químico	
			Recuperación energética	
			Tradicional	♻️ 1,2,3,4,5,6
		Vida útil (media presumible)	1D/1S - 1S/1M - 1M/1A -1A<	
		Aditivo - barniz - monómero - polímero	Líquido - Polvo	
		Nombre productor materia prima	
	País productor materia prima		
	Nombre patente		
	Nombre productor bien/residuo		
	País productor bien/residuo		
FISCAL	Carbon tax		
	Código arancelario		
LEGAL	Sujeto a medidas de mitigación	País		
	Sujeto a Ley REP	País		
	Convenio de Basilea	Código		
ECONÓMICO		

Fuente: Elaboración propia.

^a Formulación del Padrón A.P.A. en desarrollo.

C. Los actores del sistema A.P.A.

Los actores del sistema A.P.A. se pueden reunir en cuatro grandes familias, cada una con su forma particular de interacción con el sistema.

1. La industria

A nivel empresarial/industrial, en sectores (agrícola, minero, construcción, etc.) donde ocurre el punto de introducción a la circulación en la economía nacional. Este registro debiera equivaler a la cantidad total que se produce o se importa a la economía. Y posteriormente se continúa el registro en la cadena productiva, donde debido a su tamaño, la responsabilidad respecto del impacto ambiental es mayor y su trazabilidad es más simple. En las operaciones normales de intercambio (factura / boleta / recibo de caja) se podrán capturar las características de los productos adquiridos y vendidos. Se indicarán para cada producto los datos respecto del plástico contenido para facilitar su trazabilidad y luego, en el proceso de recolección y reciclado, quedando rastreados tanto el vendedor como el comprador. Este nivel de seguimiento podrá rastrear además a los "grandes consumidores de plástico", dejando en evidencia, por ejemplo, cuando una cierta cantidad de plástico haya quedado a cargo de un cierto productor sin haber sido usada o reciclada. Esto facilita la implementación de sistemas de fiscalización (por ejemplo, no permitir nueva compra hasta que el actor en cuestión no haya usado o reciclado el plástico adquirido previamente).

2. El comercio

En todas las instancias de distribución (tiendas o supermercados) el sistema capturará, a través de la lectura del código de barras para emitir la factura / boleta / recibo de caja, la información del plástico asociado a cada producto vendido ya sea que esté hecho en plástico o que vaya acompañado de material plástico en la forma de envases y/o embalajes. A partir de esta información consolidada se genera un cálculo que descuenta del stock inicial lo vendido e indica cuántos kilogramos de plástico se han despachado desde el comercio o han llegado al consumidor. Este cálculo permite estimar la cantidad de material plástico que está circulando, a la vez que le otorga una geolocalización por acumulación (este dato puede facilitar la optimización de la recolección segregada).

3. El consumidor

El consumidor podrá usar una aplicación para teléfono inteligente (*Smartphone*) que permitirá escanear el código de barra de los productos mismos o de la boleta o factura de los productos y enviar los datos directamente a la *cadena de bloques*, y también en el caso de que el establecimiento no esté afiliado al sistema de rastreo. La cantidad agregada en manos del consumidor se deduce a su vez del stock del comercio. Esta aplicación puede asociarse a incentivos que estimulen el compromiso de reciclar en el ciudadano común (aportes en la forma de dinero, boletos de red de transporte, entradas para el cine, descuentos, etc.).

4. El recolector

A nivel de cadena de recolección y reciclaje, se podrá rastrear la transferencia de los residuos de un actor a otro, ya sean estos recolectores, centros de acopio y hasta los recicladores finales. En el caso de la recolección de grandes volúmenes de material, será posible crear un generador de códigos para reagruparlos. La contabilidad del material en las diversas etapas debiera coincidir con el inicialmente incorporado a la economía, si se elimina del medio ambiente.

D. La API

La trazabilidad y la contabilidad del material transado estará garantizada por el uso de una API interfaz de programación de aplicaciones (Red Hat, n.d.) cuyo uso se promoverá donde se comercialicen productos. La API se encargará de enviar los datos recopilados en cada transacción, desde la introducción a la economía, y luego en el comercio o en la industria, a un servidor que hará el match entre la descripción del producto incluida en el código de barras y la información contenida en la cadena de bloques.

En el diagrama 5 se muestran los módulos de la solución:

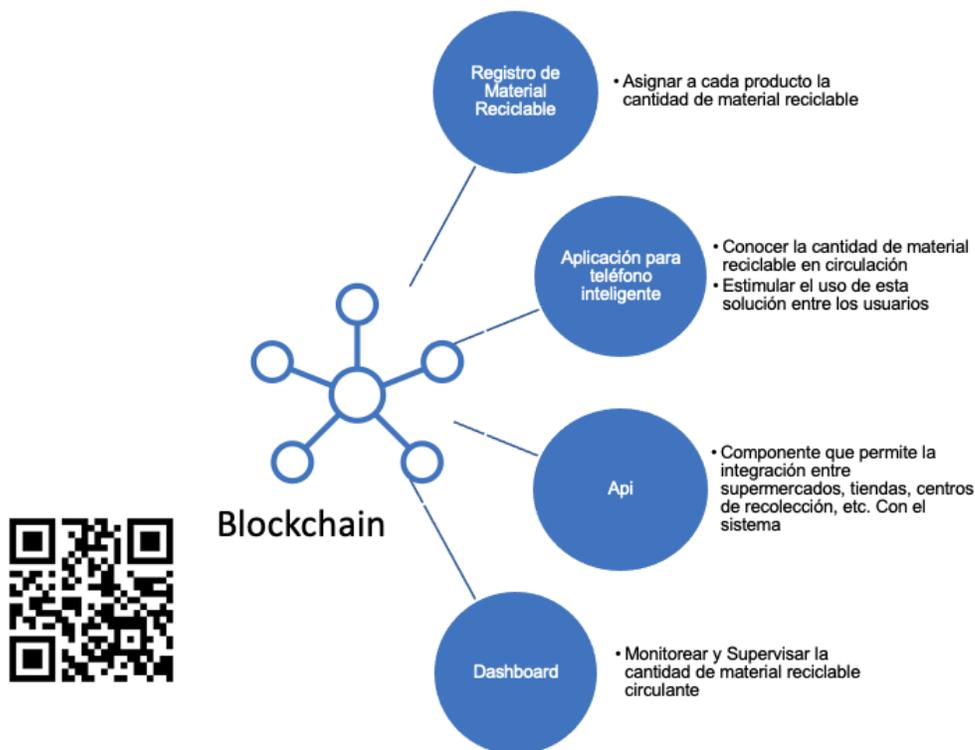
- *Cadena de bloques*: medio donde se almacena la información y se registra el material circulante a través de un sistema transaccional semejante al de las criptomonedas (explicada más adelante en el texto).
- Aplicación para teléfono inteligente: Estimula a los usuarios a participar en el registro del material reciclable, a través de descuentos y promociones al registrar la cantidad de material reciclable presente en sus compras.
- Dashboard: permite analizar las cantidades de material reciclable en circulación por región, tipo de material y actores que intervienen en la cadena hasta llegar al reciclaje, inclusive.

- Aplicación para registro del material reciclable: mediante teléfonos inteligentes el consumidor puede registrar el código de barras de los productos comprados y descartados (al escanear el código QR mostrado en el diagrama se puede ver un video del prototipo para teléfonos inteligentes). El código de esta aplicación será de "código abierto", de tal forma que, si otros actores desean crear versiones diferentes de la aplicación, lo puedan hacer.
- API: permite transmitir información entre los sistemas de los actores directamente a la base de datos.
- Trazar y contabilizar los plásticos.

El código de barras del producto descartado permite encontrar la información necesaria para el reciclaje de cada producto gracias al padrón asociado (implementado sobre la cadena de bloques), del mismo modo que el nombre de una persona permite encontrar en un directorio, su dirección y otros datos.

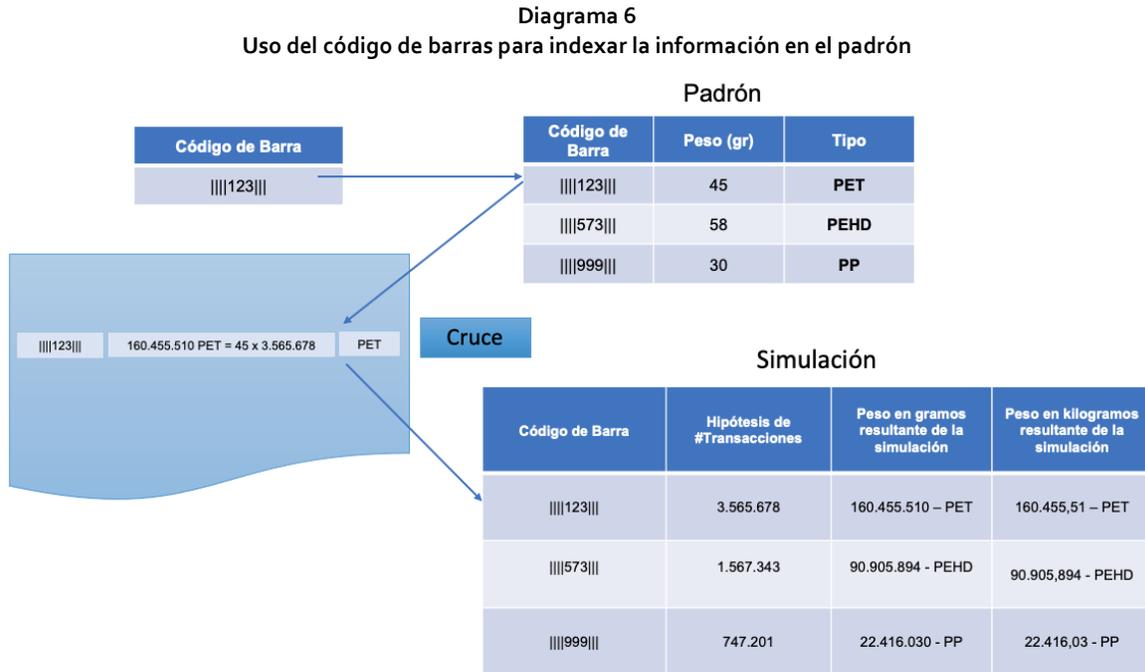
Esto permitiría cruzar la información en cada etapa de la circulación de los plásticos con los inventarios de productos introducidos en la economía y que posteriormente venden los entes comerciales. Una vez creado este Padrón de cada producto, empaque o insumo de plástico se suman o multiplican los datos almacenados en los códigos por cada transacción para obtener así información certera respecto del material circulante. La cadena de bloques permite que la información pueda ser compartida libremente, sin límites de tiempo, distribuida globalmente y descentralizada.

Diagrama 5
Componentes de la aplicación



Fuente: Elaboración propia.

El diagrama 6 muestra un código de barras. A su derecha, el padrón con la información de peso estimado y tipo de material asociado a dicho código de barras. En la esquina inferior derecha, se muestra la Tabla de Transacciones, registrado en cadena de bloques donde se observa la cantidad de material circulante de este producto. Estas dos tablas apuntan a un reporte que cruza el código de barra, el material circulante y su tipo que se puede ver en el tablero de control ya mencionado.



Fuente: Elaboración propia.

Las criptomonedas basadas en *cadena de bloques*, han revolucionado la manera de hacer negocios digitales. La *cadena de bloques* es comparable a un gran libro contable cuya información es pública, y cada modificación es aprobada registrada en consenso digital por todos los nodos que componen esta red y que comparten la información.

Se denominará RECY a la “*moneda*” (unidad de cuenta en el registro en la cadena de bloque) que se usará en las transacciones de esta aplicación. Una RECY equivale a un 1 kg, por ende, si alguien posee 1.5 RECY, posee 1.5 kg de plástico. Adicionalmente, no se podrá especular con estas criptomonedas, es decir, no se realizarán transacciones entre los monederos (*Monedero o cantidades transferidas*)²⁴ no autorizados, sólo se podrá transferir de un monedero a otro a través de la aplicación o aplicaciones autorizadas. Estas criptomonedas no pueden ser intercambiadas por otras criptomonedas, dinero *Fiat*, bienes o servicios.

²⁴ Un monedero o Wallet es un programa que almacena las criptomonedas. Un monedero/wallet es un software que almacena las claves públicas y privadas (siempre van juntas) y permite enviar y recibir criptomonedas a través de la cadena de bloques y almacenarlas. No están hechas para almacenar dinero, sino claves privadas y públicas. La propiedad y la conservación de las claves privadas otorga un control absoluto sobre las monedas que estén asociados a las claves públicas.

E. ¿Porqué usar el sistema de criptomoneda como un sistema de control y seguimiento para materiales reciclables?

Este sistema de control y seguimiento para plásticos/materiales reciclables manejará un alto volumen de transacciones. Si se desarrollara con las tecnologías tradicionales, se requeriría una infraestructura similar a la de los sistemas bancarios para soportarlas. Sin embargo, al instalarse sobre la infraestructura que aporta la tecnología de las criptomonedas, su implementación es posible a una fracción del costo, sus transacciones son transparentes, es totalmente auditable, puede implementarse en cualquier lugar del mundo. Es confiable y escalable.

En la información básica de cada producto se almacenará en el Padrón el nombre, descripción, componentes y cantidad de material reciclable. La transacción ocurre por medio de un Contrato Inteligente especialmente diseñado para almacenar dichos datos y registrar el transcurso del material.

Para almacenar la información sobre las transacciones (los movimientos de material reciclable entre un actor y otro) se creará una unidad de criptomoneda para cada tipo de plástico. Por ejemplo:

- RECYPET: Polietileno tereftalato o PET
- RECYPEHD: Polietileno de alta densidad o PEAD
- RECYPVC: Policloruro de vinilo o PVC

Al ser un sistema cerrado, solo se registrarán los movimientos del material reciclable. Sin embargo, esta información será de dominio público, ya que cualquiera podrá consultar los saldos de cada monedero/Wallet. En el sistema público de información que provee la plataforma sobre la cual se implementará las criptomonedas, se podrá ver información sobre saldos y transacciones.

Estas monedas representarán la cantidad de material reciclable que es intercambiado entre los intervinientes en el proceso de circulación hasta el reciclado. Por ejemplo, cada vez que se registre la salida de un producto de un supermercado, se consultará en el Contrato Inteligente la cantidad de material reciclable que contiene ese producto. En el sistema se pueden llevar fracciones. Los kilogramos se irán sumando al saldo en cada monedero/Wallet. A continuación, se ejemplifica una transferencia de criptomonedas entre los diferentes actores.

El ejemplo del diagrama 7 muestra los cinco actores que intervienen en el proceso de circulación hasta el reciclado.

Diagrama 7
Actores que intervienen en la trazabilidad



Fuente: Elaboración propia.

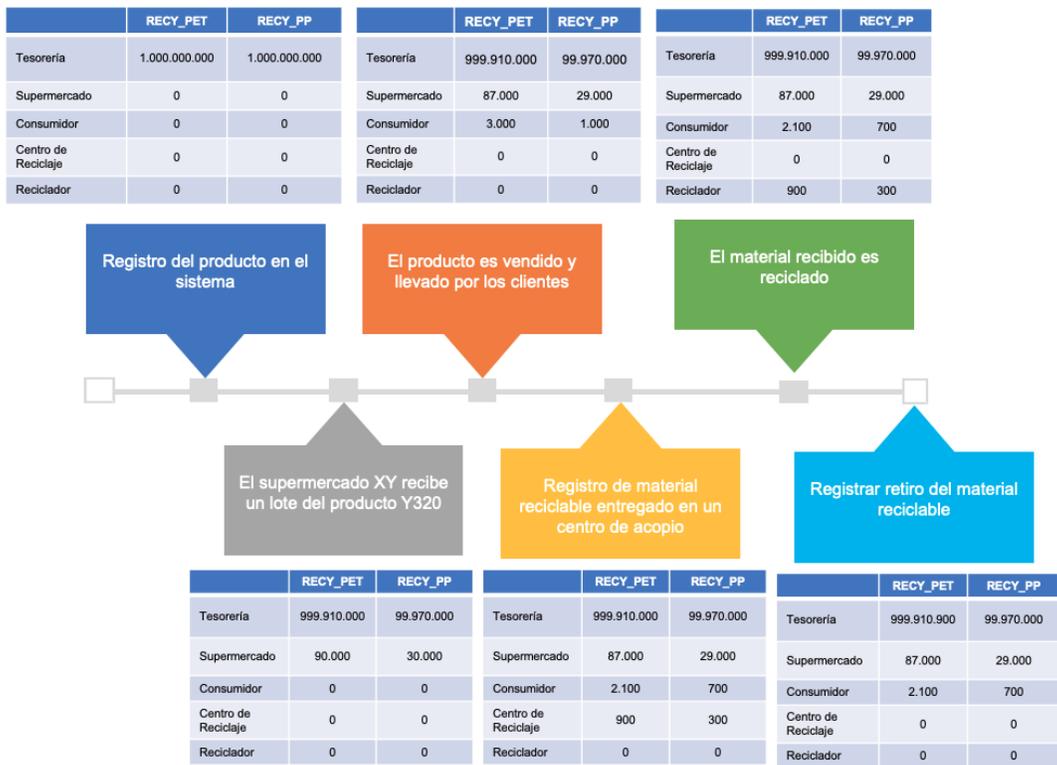
Al registrarse cada actor en el sistema, se le asignará un monedero que posee dos claves: una pública y una privada. La clave pública se puede compartir con todos y es como la cédula de identidad. La clave privada no se debe compartir con otros: es como la huella dactilar, y solo se usa para ciertas operaciones que requieren certificar la propiedad. Esta clave es requerida cuando se realiza una transacción y es necesario verificar la identidad del actor. Al registrarse cada actor, recibe las dos claves: la clave pública será el ID único del actor en el sistema, y la clave privada será usada cuando se transmita información a través del API.

Adicionalmente, existirá un monedero de Tesorería. Este funcionará como administrador de todas las criptomonedas creadas y circulantes dentro de la red. Este regente, además de organizar todas las criptomonedas, será el encargado de monitorear la cantidad de circulante en la plataforma y de garantizar que estas monedas sean otorgadas según las reglas establecidas.

Para mayor claridad, se emplea en el diagrama 8 donde cada casilla llevará el saldo de cada Monedero y las operaciones. Inicialmente cuando se crea la criptomoneda, el único Monedero que tiene saldo es Tesorería, equivalente a la primera introducción a la economía. Al crearse una criptomoneda, se puede emitir una cantidad exorbitante de ella, pero no todas estarán en circulación, pues Tesorería transfiere criptomonedas a otro actor dentro del sistema de trazabilidad solo equivalentes a la cantidad de plástico que posee el actor que introduce los materiales a la economía. Es esta economía no puede haber diferencia entre la cantidad de monedas circulantes y la cantidad de material reciclable introducido en la economía por fabricantes o por importadores.

El diagrama 8 muestra diferentes momentos en que el material reciclable cambia de manos y cómo son modificados los Monederos asociados a cada usuario, al usar la cadena de bloque para registrar estas transacciones, no pueden ser borrar y siempre puede ser auditadas.

Diagrama 8
Flujo y registros del material reciclable usando criptomonedas



Fuente: Elaboración propia.

Para describir el proceso, se propone un ejemplo a continuación.

El material trazado circulante pasa por varias fases, cada una de ellas reflejadas en los Monederos de los actores en este proceso.

- Registro del producto en el sistema por los fabricantes o importadores.
- El supermercado XY recibe un lote del producto.
- El producto es vendido y llevado por los clientes.
- Registro de material reciclable entregado en un centro de acopio.
- El material recibido es reciclado.

F. Registro del producto en el sistema

Una vez se accede a la A.P.A., el introductor o importador registra el producto, llamémoslo Y320, con el código 801620016111 con dos componentes: 0.3 kg de PET y 0.1 kg de PP por unidad. En este momento se registrarán estos datos en el padrón implementado sobre un *Contrato Inteligente* asociado a la aplicación de trazado. En el *Contrato Inteligente* estarán registrados todos los productos y sus componentes con sus pesos respectivos. Esta información será de dominio público. La Tesorería acredita esta cantidad en el monedero del introductor, registrado en Stellar, que cuenta con sus claves pública y privada. Este introductor vende al supermercado, en paralelo se registra la transacción que traspasa su equivalente del material reciclable en RECY del introductor al supermercado.

1. El supermercado XY recibe un lote del producto Y320

Una vez registrado en el sistema, el supermercado recibirá un ID único correspondiente a su cuenta. En este proceso se creará un *Monedero* en Stellar para este supermercado, el cual será asociado a un registro en la base de datos, y se le entrega un ID único: en este caso, la clave pública del *Monedero*.

Al supermercado XY se le ofrecen un conjunto de herramientas de integración con este sistema. Una de estas herramientas es un API (un conjunto de definiciones y protocolos que se utiliza para desarrollar e integrar el *software* de las aplicaciones) que será integrado al sistema de facturación del supermercado XY en su operación con su proveedor. Al comprar y320, se registrará en el monedero del supermercado XY que recibe digamos, 300.000 unidades del producto Y320. A través del API se envía la información para registrar la transacción desde el monedero del proveedor al *Monedero* del supermercado XY de 300.000 unidades del producto Y320. Al consultar el *Contrato Inteligente*, usando el ID del producto (801620016111) para buscar y recuperar la información sobre los componentes de este producto se constata que hay 0.03 kg. de PET y 0.01 kg. de PP por unidad. Este procedimiento se realizará de la misma forma para los otros actores. Esta misma operación se repetirá en cada uno de los otros procesos.

En el ejemplo, al ingresar 300,000 unidades, equivale a:

- $300.000 \text{ unidades} * 0,3 \text{ kg /unidad} = 90.000 \text{ kg de PET}$ que equivalen a 90,000 RECYPET que son abonados al Monedero del supermercado y descontados del Monedero del introductor, tal como se puede observar en la figura 1.
- $300.000 \text{ unidades} * 0,1 \text{ kg /unidad} = 30.000 \text{ kg de PP}$ que se traduce en 30,000 RECYPP. Stellar permite colocar una descripción a la transacción, y en esta se dará cuenta de que el supermercado XY recibió este material.

2. El producto es vendido y llevado por los clientes

El supermercado vende 10.000 unidades del producto Y320. Los consumidores son agrupados y representados por región geográfica y esta región tiene un *Monedero* propio, de manera tal que para saber cuántos kg de plástico están circulando en cada región tan solo se debe consultar qué saldos tiene asociado este *Monedero*. En este caso, la región a la que pertenece este supermercado, en el ejemplo, de Santiago es la Región Metropolitana: por lo tanto, el *Monedero* es *Región Metropolitana*.

Al vender 10.000 unidades del producto Y320:

- 10.000 unidades * 0.3 kg /unidad = 3,000 kg de PET equivalente a 3,000 RECYPET, abonado al *Monedero* de los consumidores de Región Metropolitana y descontados del *Monedero* del Supermercado XY.
- 10.000 unidades * 0.1 kg /unidad = 1,000 kg de PP equivalente a 10,000 RECYPP, abonando al *Monedero* de los consumidores de *Región de Metropolitana* y descontados del *Monedero* del Supermercado.

3. Registro de reciclable entregado en un centro de reciclaje

Al igual que los supermercados, cada centro de reciclaje será registrado y tendrá su propio *Monedero*. En el centro de reciclaje se han recibido 3000 unidades del producto Y320.

- 3.000 unidades * 0.3 kg /unidad = 900 kg de PET equivalente a 900 RECYPET, abonando al *Monedero* del centro de reciclaje y descontados del *Monedero* consumidores de Región Metropolitana.
- 3.000 unidades * 0.1 kg /unidad = 300 kg de PP equivalente a 300 RECYPP, abonando al *Monedero* del Centro de Reciclaje y descontados del *Monedero* consumidores de Región Metropolitana.

4. El material es recibido por el recolector/reciclador final

Al igual que los supermercados, el recolector/reciclador final será registrado y tiene su propio *Monedero*. Si existe un recolector diferenciado del reciclador se añade un paso en la cadena de bloques.

El material almacenado en el centro de acopio reciclaje es enviado al reciclador.

Se registra una transacción desde el Centro de Reciclaje que posee 900 RECYPET y 300 RECYPP al *Monedero* del reciclador final.

Adicionalmente, el Reciclador Final tiene que retirar el material reciclado de circulación debido a que es el último proceso en la cadena. Este proceso termina cuando comienza el proceso de reciclaje, la transformación de material recopilado en nuevos materiales. En este paso se transfiere la cantidad de kg de material reciclado desde el *Monedero* del Reciclador Final al *Monedero* de Tesorería y con esto se cierra el ciclo de trazado, una cantidad de criptomonedas equivalente en kilogramos al material reciclado es sacado de circulación.

5. Como analizar los resultados y los saldos en los monederos

Estudiando el último cuadro, se puede observar que:

- En el supermercado hay 87.000 kg PET y 29.000 kg PP de material reciclable.
- En circulación en la Región Metropolitana, hay 1.800 kg. PET y 600 kg. PP de material reciclable.
- Ya el Centro de Reciclaje no tiene material que entregar porque está en cero.
- Y se han reciclado 900 kg de PET y 300 kg de PP.

Al monitorear se podrá observar los movimientos de los materiales reciclables en tiempo real de manera simultánea para todos los circuitos que estén operando en un mismo momento. El material que no logre acreditarse será el que permanece indebidamente en el medio ambiente y dependerá del marco jurídico quién asume la responsabilidad por el faltante en la cadena de introducción y circulación.

Este es un modelo innovador que utiliza las bondades que la tecnología de punta ofrece actualmente. En el pasado un sistema como el que se propone habría sido prácticamente inviable. Ahora es posible pues se cuenta con las herramientas, el conocimiento técnico, la conciencia y el sentido de urgencia del implementar acciones concretas y efectivas para controlar el cambio climático y sus efectos nocivos para el planeta y la humanidad, donde los plásticos juegan un papel deletéreo en materia de salud, calentamiento global y otros daños ambientales.

G. Aspectos jurídicos propios de la investigación

En Chile es posible clasificar los distintos tipos de leyes y normativas en el Derecho a partir del escalafón que ocupen en el siguiente listado:

- Constitución Política de la República (CPR).
- Leyes Orgánicas Constitucionales (LOC) – Leyes de Quórum Calificado (LQC).
- Leyes comunes - Decreto con Fuerza de Ley (DFL) - Decretos Leyes (DL).
- Decretos supremos (reglamentos, resoluciones).
- Decretos - Ordenanzas - Circulares – Instrucciones – Oficios – Guías.
- Sentencias Judiciales.

En este contexto se torna necesario precisar el bien jurídico tutelado mediante la trazabilidad y contabilidad del plástico en América Latina. De forma preliminar se evidencia que el sistema tiene múltiples beneficios, y que el bien jurídico tutelado por la figura jurídica que operativice el sistema A.P.A. apuntala la garantía fundamental contenida en el artículo 19 N° 8 de la Constitución Política de la República de Chile, que se transcribe:

Artículo 19.- *"La Constitución asegura a todas las personas:*

Nº8 El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar por la preservación de la naturaleza.

La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente".

Ahora bien, de las normas generales es necesario resolver la mejor forma de implementar el sistema A.P.A. como herramienta para la tutela del medio ambiente; si fuera a través de un decreto supremo o una resolución, disposiciones que podrían tener a su vez un carácter normativo o reglamentario (se descarta la promulgación de una Ley en atención a sus largos plazos de discusión y tramitación). La gestión de residuos vista desde lo jurídico, depende de distintos cuerpos normativos. Tiene fundamento en la Constitución Política de la República, en la Ley Orgánica de Municipalidades, en la Ley de Bases Generales de Medio Ambiente, y en la Ley REP, entre otras disposiciones.

Parece apropiado, pues, que sea entonces una disposición administrativa de carácter general del poder ejecutivo a través del Ministerio del Medio Ambiente la norma que obligue a los productores, comerciantes y/o importadores a llenar los datos para la implementación de la herramienta A.P.A. No obstante, el Plan de Acción Nacional de Consumo y Producción Sustentable del Ministerio del Medio Ambiente (PANPCS) reconoce tanto a las carteras de Medio Ambiente y Salud como aquellos

organismos llamados a dar solución normativa en materia de residuos. Este Plan contempla para el periodo 2017-2022 “el desarrollo de políticas públicas integrales que permitan el complemento virtuoso de instrumentos de fomento económico y normas ambientales que aseguren la protección de ecosistemas, crecimiento verde y cohesión social”.

Por lo tanto, es razonable proponer que el vehículo jurídico idóneo para dar respuesta normativa al tratamiento ambiental de la totalidad de los productos plásticos producidos e importados a nivel nacional es un Decreto Supremo del Ministerio del Medio Ambiente, que clasifique al plástico como producto prioritario dentro de la Ley REP, para que con posterioridad se dicte un reglamento señalando las distintas obligaciones de los productores, importadores o envasadores de tales productos a fin de implementar un sistema de economía circular, a partir de la herramienta A.P.A., para la totalidad de productos plásticos que se producen, importan o envasan en Chile.

Aún cuando los estudios en Chile del impacto del plástico en la salud de las personas son escasos y acotados, existe también un camino normativo viable para establecer la obligación del llenado del padrón A.P.A. a partir de las facultades que el Código Sanitario reconoce a la autoridad de salud. De esta forma también es posible que el Ministerio de Salud, previo informe del Instituto de Salud Pública, dicte un reglamento específico para la disposición y tratamiento de plásticos.

Dicho reglamento, al igual que el que emanare del Ministerio de Medio Ambiente, deberá ser firmado por el presidente y por los ministros correspondientes, cumpliendo con el trámite de toma de razón de la Contraloría General de la República, para posteriormente ser publicado en el Diario Oficial.

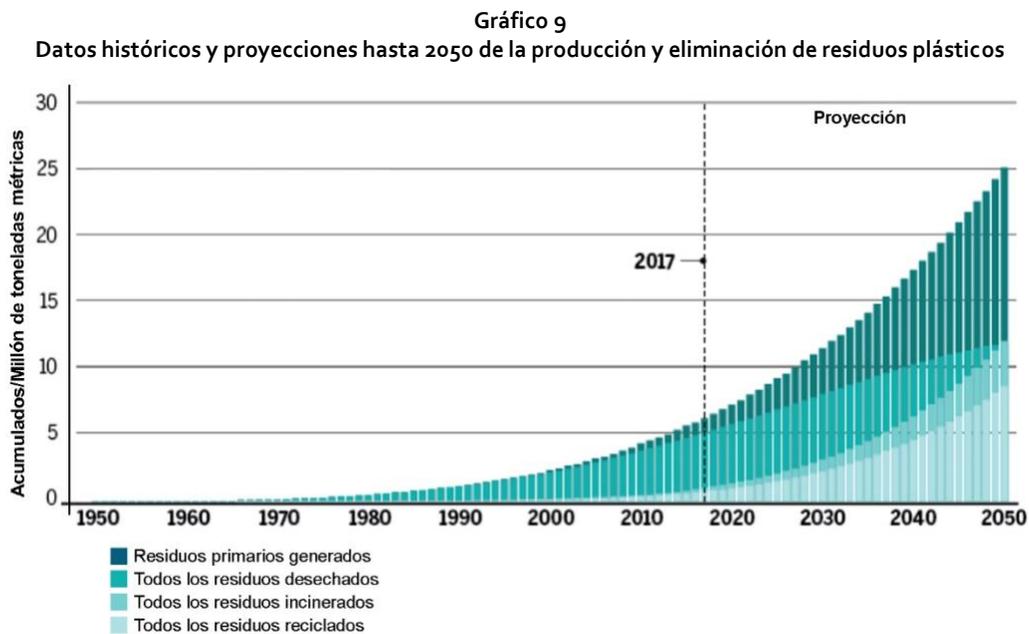
Otra alternativa para la obligatoriedad del llenado del padrón A.P.A. es el Decreto N° 747 de 1953, que contiene el Reglamento Orgánico de la Subsecretaría de Comercio e Industrias del Ministerio de Economía, que en su artículo tercero letra h, reconoce como facultad de la Subsecretaría de Comercio e Industrias el dictado de resoluciones para el cumplimiento de las actividades que le corresponde supervisar. De esta forma, si el Ministerio de Economía establece que la trazabilidad del plástico es una actividad esencial para el desarrollo de la economía circular, con la diversificación productiva y la ampliación de la base tributaria que conllevan, el subsecretario de dicha cartera podría dictar una resolución estableciendo la obligación del llenado del padrón.

H. Aspectos tributarios de la herramienta

El Servicio de Impuestos Internos (SII) señala en su ordinario N°963 de 2018 que el Bitcoin es un: “Activo digital o virtual, que es soportado en un registro digital único denominado Cadena de bloques, está desregulado, desintermediado y no controlado por un emisor central cuyo precio está determinado por la oferta y la demanda”. Siendo así, ni el Bitcoin ni ningún otro activo digital (criptomonedas) se consideran en Chile como una moneda de curso legal ni como moneda extranjeras o divisas. Por lo antes expuesto, las rentas obtenidas en la compra y venta de bitcoins o de otros activos virtuales o digitales, se clasifican en el N° 5 del artículo 20 de la Ley sobre Impuesto a la Renta (LIR), debiendo pagar los impuestos generales que dicha ley contempla, es decir el Impuesto de Primera Categoría, y el Impuesto Global Complementario o Impuesto Adicional, según sea el caso. Respecto al Impuesto al Valor Agregado (IVA), la autoridad tributaria ha determinado que el bitcoin, al igual que cualquier otro activo digital o virtual, carece de corporalidad, y por tanto su venta no se encuentra afectada a IVA.

IV. El reciclaje químico como una oportunidad y la urgencia de establecer un marco teórico y legal

De acuerdo con *Science* (Guglielmi, 2017), de los 34 mil millones de plásticos que se habrán acumulado en 2050 (ver capítulo I), unos 26 mil corresponderán a residuos. El gráfico 9, evidencia que las estrategias de recolección y las técnicas de reciclaje actualmente utilizadas son incapaces de hacer frente a este desmesurado incremento en la producción, y a su consiguiente impacto medioambiental.



Fuente: Science, credito del grafico G. Grullón/Science; (Datos) Geyer et al., Science Advances, [En Línea] <https://www.science.org/news/2017/07/next-30-years-we-ll-make-four-times-more-plastic-waste-we-ever-have>.

Junto a esta proyección, en 2018, el plan “*National Sword*” del gobierno chino, impuso la necesidad ineludible de abordar el problema de los residuos plásticos en todos sus aspectos. De esta forma, la disposición final de estos desechos realizada por países del primer mundo, que por años había conseguido invisibilizarse gracias a su indiscriminada exportación, ahora resulta imposible y surge la necesidad de reciclar los residuos más complejos en sus países de origen, en forma doméstica. En respuesta a lo anterior, a nivel mundial han aumentado las metas de reciclaje y la inversión en nuevas tecnologías, mano a mano con nuevas políticas en materia de residuos (su inclusión en la economía circular, prohibiciones, mejoramiento de los sistemas de recolección segregada, etc.).

A los sistemas de reciclaje mecánico (o termo-mecánicos) actual y comúnmente en uso, que transforman “desechos plásticos en materia prima o productos secundarios **sin cambiar significativamente la estructura química del material**” (Rodríguez D., 2020) deberían asociarse otras tecnologías. Lo anterior debido a que, si bien el reciclaje mecánico tiene un menor impacto, su proceso tiene las siguientes limitaciones:

- Aunque está aumentando el uso de materiales reciclados en nuevos productos, la mayoría de las veces se transforma en otro (*downcycled* o *upcycled*²⁵) que, antes o después, terminará desechándose.
- Para que un residuo se pueda reciclar mecánicamente, éste tiene que ser puro. Antes de llegar a ser reciclados, los residuos dejan atrás partes contaminadas por suciedad, etiquetas o materiales mezclados. Los residuos sucios o de plásticos compuestos quedan fuera del proceso.
- Una enorme cantidad de residuos postconsumo se pierden con el reciclaje mecánico sin poder ser aprovechados, ni económicamente ni en el ciclo productivo, lo que implica un éxito limitado para la mitigación de la contaminación (Tullo, 2019).

El reciclaje químico o feedstock recycling, en cambio, amplía la esfera y posibilidades de reciclaje pues “cambia la estructura química de los desechos plásticos, convirtiéndolos en moléculas más cortas, listas para usarse en nuevas reacciones químicas. Por ejemplo, procesos como la gasificación y la pirólisis descomponen los desechos plásticos para producir gas de síntesis, así como otros productos líquidos y semilíquidos.” (Rodríguez D., 2020). En el mismo orden de ideas, existen diversas investigaciones acerca del reciclaje químico (Tullo, 2019) que apuntan a una auténtica circularidad del material, trascendiendo al ámbito meramente económico. Así, es posible constatar que, a la fecha, existen empresas operando en el sector del reciclaje químico con diferentes tecnologías (véase en el cuadro 10).

Cuadro 10
Empresas de reciclaje químico

Plásticos mezclados: empresas que se dedican a su descomposición en combustibles o nafta (pirólisis u otros procesos)		
Empresa ^a	Sede Central	País
Agile Process Chemical	Mumbai, India	India
Agilyx	Tigard (OR)	Estados Unidos
Anhui Oursun Resource Tech.	Hefei	China
Arcus Grencycling	Ludwisburg	Alemania
BASF Chemrecycling	Ludwigshafen am Rhein	Alemania
Braven Environmental	Yonkers (NY)	Estados Unidos
Brightmark	San Francisco	Estados Unidos
Clariter	Luxembourg	Luxembourg
Climax Global Energy	Summit (NJ)	Estados Unidos
EcoFuel Technology	Livonia (MI)	Estados Unidos
Enval	London	Inglaterra
Fuenix Ecology	Weert	Países Bajos
Integrated Green Energy Solutions	Chatswood	Australia

²⁵ Los conceptos se refieren a la posibilidad de reciclar mecánicamente un material en otro producto de mayor o menor valor económico.

Plásticos mezclados: empresas que se dedican a su descomposición en combustibles o nafta (pirólisis u otros procesos)		
Empresa	Sede Central	País
JBI	Niagara Falls (NY)	Estados Unidos
Klean Industries	Vancouver (BC)	Estados Unidos
Licella	Sydney	Australia
Neste	Espoo	Finlandia
New Hope Energy	Tyler (TX)	Estados Unidos
Nexus Fuels	Atlanta (GA)	Estados Unidos
Plastic Energy	London	Inglaterra
Poly Cycl	Kalka	India
Quantafuel	Oslo	Noruega
Ravago	Arendonk	Belgica
Recycling Technologies	Swindon	Inglaterra
Renasci	Oostende	Belgica
ReNew ELP	Redcar	Inglaterra
Renewlogy	Salt Lake City (UT)	Estados Unidos
Resynergi	Rohnert Park (CA)	Estados Unidos
Shell	The Hague	Países Bajos
Sumitomo Chemical	Tokyo	Japón
Vadxx	Cleveland (OH)	Estados Unidos
Empresas que se dedican a la despolimerización de polímeros en sus monómeros y materias primas		
Empresa	Sede Central	País
Agilyx	Tigard (OR)	Estados Unidos
Axens	Rueil-Malmaison	Francia
Carbios	Saint-Beauzire	Francia
DuPont Teijin Films	Chester (VA)	Estados Unidos
Eastman Chemical	Kingsport, Tennessee	Estados Unidos
Garbo	Cerano	Italia
Gr3n	Castagnola	Suiza
Ioniqa	Eindhoven	Países Bajos
Jeplan	Tokyo	Japón
Loop Industries	Terrebonne	Canada
LyondellBasell	Rotterdam	Países Bajos
Pyrowave	Oakville (ON)	Estados Unidos
Sabic	Riyadh	Arabia Saudita
Sekisui Chemical	Osaka	Japón
Versalis	San Donato Milanese	Italia

Fuente: Elaboración propia.

^a Se ha verificado la existencia de cada una de las empresas en línea el 21 de enero de 2021.

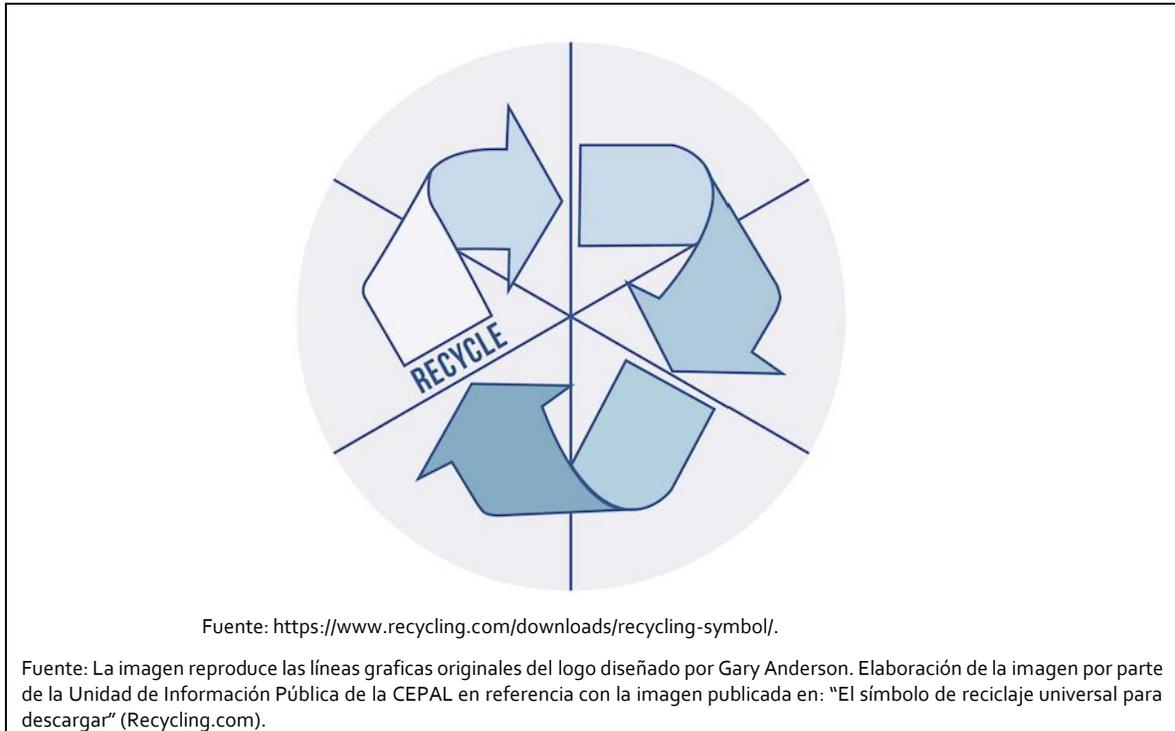
Si bien se reportan algunos hitos del avance del reciclaje químico en distintas partes del mundo, resulta evidente el potencial que se le está atribuyendo para dar un destino a aquellos residuos plásticos que no tienen cabida en los procesos de reciclaje mecánico. A continuación, se presentan datos de varios países y empresas más avanzados en la materia, a fin de reflexionar sobre cómo debería desarrollarse el reciclaje químico y la legislación que lo promueva.

Recuadro 4 El logo del reciclaje

En 1970, la CCA (Container Corporation of America), para honrar el primer Día de la Tierra que se celebró ese mismo año, convocó a concurso para la creación de un símbolo gráfico que se utilizaría en los productos de papel reciclado y que demostraría el compromiso y la sensibilidad ambiental por parte de cualquier productor que se dedicase al reciclaje.

El ganador resultó ser Gary Anderson, que elaboró la cinta de Moebius transformándola en el triángulo hoy reconocido mundialmente y que, en el caso de los plásticos, indica la categoría a la cual pertenecen con el propósito de facilitar su identificación en pos del reciclaje.

La geometría de una sola cara y un solo borde de la cinta de Moebius otorga la sensación de circularidad infinita. Las tres flechas representan las primeras tres R: Reducción, Reutilización, Reciclaje. Hoy en día, a esas tres se les añaden también Reparar y Recuperar.



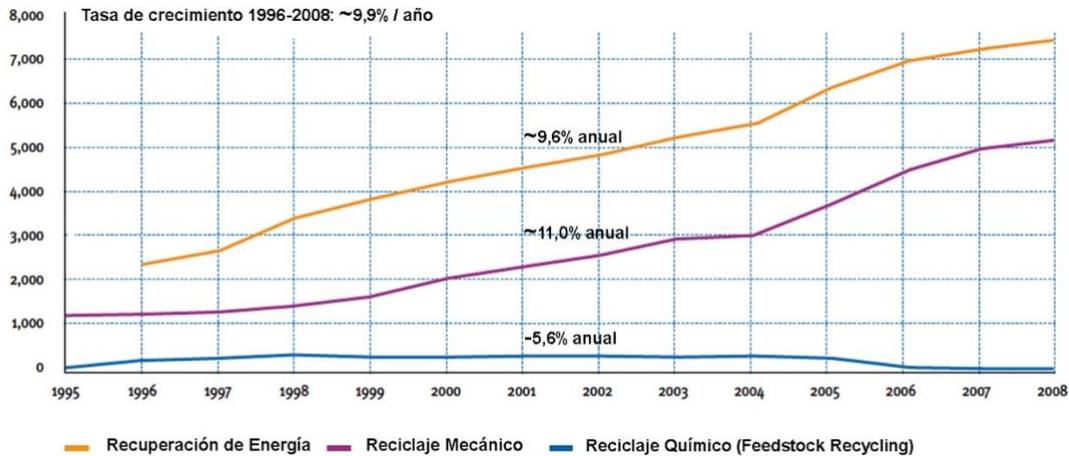
A. Europa

Desde hace algunos años, Europa impulsa el desarrollo de proyectos del reciclaje químico como complemento al reciclaje mecánico. Mientras que en 2011, el informe "*Plastic Waste in the Environment*" (Mudgal et al., 2011) constataba que "*después del modesto crecimiento inicial y la estabilización entre 1995 y 2005, el reciclaje químico disminuyó a cantidades casi insignificantes después de 2005, debido a una combinación de razones tecnológicas y económicas*" (pág. 94). En 2017, Europa lanzó DEMETO (DEMETO), proyecto de reciclaje químico con tecnología de microondas, coordinado por Italia (Comisión Europea, 2018b)²⁶.

El referido informe muestra el crecimiento del reciclaje mecánico y la recuperación de energía, así como el estancamiento del reciclaje químico desde 1996 hasta 2008. (EU-15, Noruega y Suiza hasta 2004; EU-27, Noruega y Suiza desde 2005 en adelante).

²⁶ El interés europeo se sitúa más allá del material mismo y se enfoca en la tecnología, estimando en ella un mercado potencial mundial de unos 5.400 millones de euros. Esto, considerada la potencialidad de instalación de unas 270 plantas de las que, sólo en Europa, 60 instalaciones podrían generar un valor de mercado de hasta 1.200 millones de euros. DEMETO tiene un costo de: € 9 9 millones al cual contribuye EU con € 7,8 millones. El proyecto reúne 13 socios de toda Europa, Italia (coordinador), España, Suiza, Reino Unido, Dinamarca, Suecia, Bélgica, Lituania, incluyendo el gigante sueco H&M.

Gráfico 10
Opciones de recuperación de plásticos en la EU entre 1996 y 2008: todavía no consideraba determinante el reciclaje químico
(En millones de toneladas)



Fuente: PlasticsEurope, The Compelling Facts About Plastics 2009. An analysis of European plastics production, demand and recovery for 2008, 2009.

En 2018, un nuevo documento titulado *“A European Strategy for Plastics in a Circular Economy”*, (Comisión Europea, 2018a) se refiere al reciclaje químico, definiéndolo como una tecnología *“de particular interés cuando se trata de residuos plásticos contaminados y mixtos”* (Pág. 7), y EuRIC²⁷ declara que en la jerarquía de reciclaje debe *“insertarse por debajo del reciclaje mecánico y por encima de la recuperación de energía”* (Kalapos, 2019).

En 2020, *ChemRecycling* gremio de las industrias europeas del reciclaje químico, requirió agilizar el reconocimiento de la validez del sistema y la revisión de la legislación para desbloquear su potencial (ChemRecEurope, 2020).

B. Alemania

En cuanto a la incertidumbre legal respecto al reciclaje químico, es interesante la evolución de la visión de éste en Alemania. La Agencia Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear afirmaba en 2018 que, con relación a las cuotas de reciclaje del material establecidas por la Ley de Envases, el reciclaje químico de los plásticos no constituía una recuperación de material (EUWID Recycling und Entsorgung, 2018).

En julio de 2020, el documento *“Reciclaje Químico”* ofrece una nueva mirada, afirmando que *“El reciclaje químico tiene el potencial de reforzar el reciclaje de materiales aprovechando nuevos residuos que no son recuperables por medios mecánicos, facilitando así el logro de las cuotas reglamentarias para el reciclado de plásticos”* (Vogel et al., 2020). Afirma que *“La utilización del carbono contenido en los desechos plásticos como fuente secundaria de carbono, abre la posibilidad de una circularidad real y contribuye así a la descarbonización de la industria”*. No obstante, *“la idoneidad técnica, así como las ventajas ecológicas y económicas de los procesos de reciclaje químico aún no se han demostrado de manera irrefutable”* (Vogel et al., 2020).

²⁷ La Confederación Europea de Industrias del Reciclaje es la organización que agrupa a las industrias europeas del reciclaje.

Las conclusiones del documento enmarcan esta postura e ilustran los roles de los dos tipos de reciclaje. Coincide con la posición de EuRIC declarando que en la jerarquía el reciclaje mecánico debe privilegiarse por sobre el químico, dado que: “Sobre la base de la situación actual de los datos, hay que suponer que el reciclaje mecánico es en principio más ventajoso desde el punto de vista ecológico y económico que el reciclaje químico, ya que se utilizan procesos de recuperación menos costosos (por ejemplo, menor uso de aditivos y energía). Esto se refleja en la Ley de envases en el diseño de las cuotas de recuperación” (Vogel et al., 2020).

C. BASF

Desde 2018, BASF, una de las empresas químicas más grandes en Alemania y el mundo, invierte en el “proyecto ChemCycling con el objetivo de fabricar productos a escala industrial a partir de residuos plásticos reciclados químicamente” (BASF). En dicho proyecto, la empresa trabaja con socios tecnológicos que utilizan el proceso de pirólisis para convertir los residuos plásticos en materias primas (aceite de pirólisis). En 2019, invirtió además en Quantafuel, una start-up noruega especializada en la pirólisis de residuos plásticos mixtos y en la purificación del aceite resultante.

Como parte del proyecto piloto *ChemCycling*, en 2019, BASF presentó prototipos de elementos transparentes para el refrigerador, cajas aislantes de protección y envases multicapa de mozzarella (BASF, 2019b), en colaboración con *Borealis*, *Südpack* y *Zott*, empresa de productos gourmet con base en material proveniente de reciclaje químico. BASF se ha asociado también, al proyecto conjunto para promover el reciclaje químico (BASF, 2019) de la red CE100²⁸ de la *Ellen MacArthur Foundation*.

No obstante, la empresa afirma que *“cualquier nuevo proceso de reciclaje debe ser reconocido tanto por el mercado como por los reguladores. En la actualidad, muchas cuestiones técnicas, económicas y reglamentarias siguen sin resolverse. Estamos trabajando estrechamente con las partes interesadas para abordar estos desafíos”* (BASF). De esta forma aún cuando en el sector del reciclaje químico se hayan producido numerosas y cuantiosas inversiones, todavía falta el marco legal para comercializar los productos derivados y aún no definen los criterios ambientales pertinentes para este tipo de reciclaje.

D. Finlandia

Se analiza el caso de Finlandia dado que la empresa NESTE se coloca entre las primeras grandes refinerías que declararon su interés en invertir en investigación sobre el reciclaje químico. En 2018, el Ministerio de Medio Ambiente de Finlandia (Ministry of the Environment, 2018) afirmaba que, si bien es necesario mejorar la segregación en la recolección, es vital “evaluar la idoneidad y el impacto del reciclaje químico” y destaca otros puntos:

- “En Finlandia se necesitarían una o dos refinerías de plástico a gran escala y una unidad o dos unidades de reciclaje químico”.
- “El desarrollo de la experiencia en materia de plásticos beneficia además las exportaciones de las empresas finlandesas”.
- “Finlandia debería incluir el desafío del plástico en un lugar destacado de su agenda internacional”.

En cuanto a los aspectos legales, “La hoja de ruta del plástico” (Muovitiekartta Suomelle, 2019) señala que “la falta de una legislación clara al respecto parece ser la causa principal de que no se haya visto un real desarrollo del sector.” Un estudio especializado (Teittinen et al., 2020) resalta la hipótesis

²⁸ CE100 es la plataforma única de un programa de innovación en la economía circular que reúne a empresas, gobiernos y ciudades, instituciones académicas, innovadores.

que a la espera de una ley marco europea: “una regulación nacional para el aceite de pirólisis de residuos plásticos a partir de la EoW (End of Waste, n.d.r.), lograría los objetivos de la Directiva Marco sobre residuos, promovería la pirólisis de los residuos plásticos y apoyaría el uso sostenible de los recursos naturales, ya que el aceite de pirólisis se puede utilizar para reemplazar las materias primas fósiles”.

E. NESTE desarrolla reciclaje químico

NESTE, refinera y comercializadora de petróleo finlandesa, desarrolla el reciclaje químico como parte de las soluciones de reciclaje de los plásticos. En 2018, en un artículo titulado “Plástico, la solución al problema: hacer que el reciclaje sea económicamente atractivo” (Loikkanen, 2018) la empresa petrolera anunció nuevas inversiones y declaró que “*el reciclaje químico es una pieza que falta en la estrategia del plástico*”.

En su informe anual de 2019, titulado “Más rápido, más audazmente y juntos” (Neste, 2019a) la compañía describe la estrategia de alianzas que ha puesto en marcha para recorrer este camino: “*en la cadena de valor del material, necesitamos socios downstream que nos ayuden con la producción de polímeros y productos químicos renovables y reciclables. En el reciclaje químico, son necesarios socios upstream para recolectar, clasificar y procesar los desechos plásticos. Además, las tecnologías necesarias para procesar nuevas materias primas pueden ser desarrolladas por socios y en colaboración con ellos*” (Neste, 2019a).

El informe menciona la cooperación estratégica con *Borealis* (Neste, 2020), líder en soluciones innovadoras en poliolefinas, para iniciar la producción de polipropileno renovable (Neste, 2019a), además del desarrollo del reciclaje de residuos plásticos a escala industrial en colaboración con Ravago (Neste Corporation, 2019a) (importante distribuidor y reciclador de polímeros en el mundo), y finalmente la cooperación con *Remondis* (Neste, 2019b) (expertos en recolección y clasificación de residuos) en el desarrollo del reciclaje químico de residuos plásticos.

En octubre de 2020, *Unilever* (Neste, 2020) se unió a la alianza entre NESTE y *Recycling Technologies* para la producción de *Plaxx*, producto derivado del reciclaje químico de envases de plástico, que actualmente son mayormente incinerados, enterrados en vertederos o exportados desde el Reino Unido.

F. Francia

También Francia tiene su proyecto de reciclaje químico. El informe “La conversión química de plásticos. ¿Hacia un regreso a las fuentes?” (Gauthier 2018) del Instituto Francés de Petróleo (Nueva Energía) en la óptica de reciclar químicamente los residuos plásticos, muestra como la nafta (que se puede obtener con el reciclaje químico de los plásticos) de un valor inicial de 475 €/t, aumenta su valor a 700 €/t, en sus sucesivas etapas de refinación hacia su transformación en PET. Mientras que la misma nafta, transformación en hidrocarburo, pasaría de los 475 €/t, hasta un máximo 530 €/t al final de su refinación como bencina (Pag. 8). Gauthier observa que, no obstante, la incertidumbre sobre los procesos consolidados, una subestimación de los costos de operación, o el hecho que el costo del petróleo no alcance el nivel del 2012 (600 €/t) (que calcula ser el piso mínimo para que el proyecto de reciclaje químico sea viable económicamente), es plausible que el reciclaje químico tenga un futuro. Una de las motivaciones que destaca, sería además la movilización social a propósito de la necesidad de reciclar los residuos plásticos y el hecho que se podrían alinear las expectativas de los representantes de la cadena de valores. (pag. 9 y 10) (Gauthier, 2018).

G. Alianzas de TOTAL y de Veolia

TOTAL empresa francesa de petróleo, tiene intereses en el reciclaje de los plásticos. Su intención es que el 30% de los polímeros producidos para 2030 sea de procedencia de plásticos reciclados. Para lograr su objetivo, se ha involucrado además en el reciclaje mecánico con la adquisición de *Synova*, líder francés

en la producción de polipropileno reciclado de alto rendimiento para la industria automotriz, con el propósito de alcanzar las 40.000 toneladas para 2021.

En el área de reciclaje químico, más afín a la compañía, se aliaron con *Citeo, Recycling Technologies* (ya en colaboración con NESTE), *Nestlé* y *Mars* para desarrollar el reciclaje químico de plásticos en Francia.

Además, TOTAL ha firmado un acuerdo de colaboración estratégica con la empresa estadounidense *PureCycle Technologies*, que utiliza un proceso patentado por *Procter & Gamble* para producir polipropileno virgen (TOTAL, 2020). *PureCycle* comenzó la construcción de su primera planta en Ohio (EE.UU.) durante 2020, con el objetivo de producir 48.000 toneladas de polipropileno a partir de plástico reciclado químicamente. En 2019, también *Nestlé* anunció una colaboración (Nestlé, 2019) con *PureCycle Technologies* para producir polipropileno reciclado (PP) de calidad alimentaria con una tecnología de reciclaje que puede eliminar el color, el olor y los contaminantes de las materias primas derivadas de los residuos plásticos para transformarlas en resina virgen.

En 2019, *Veolia*²⁹, empresa francesa de gestión de residuos, firmó con *Nestlé* un acuerdo global para lograr un incremento en el reciclaje de plástico. Según un artículo de *Le Figaro* (Bodescot, 2019) que describe los contenidos de este acuerdo, *Nestlé* y *Veolia* declararon su interés en desarrollar una cadena de economía circular completamente nueva en once países de Asia, África, América Latina e incluso Europa, y la creación de al menos diez fábricas en las que se explorarían "procesos de reciclaje químico, como la pirólisis, que permiten devolver el plástico a sus polímeros originales y por tanto, obtener una materia prima pura".

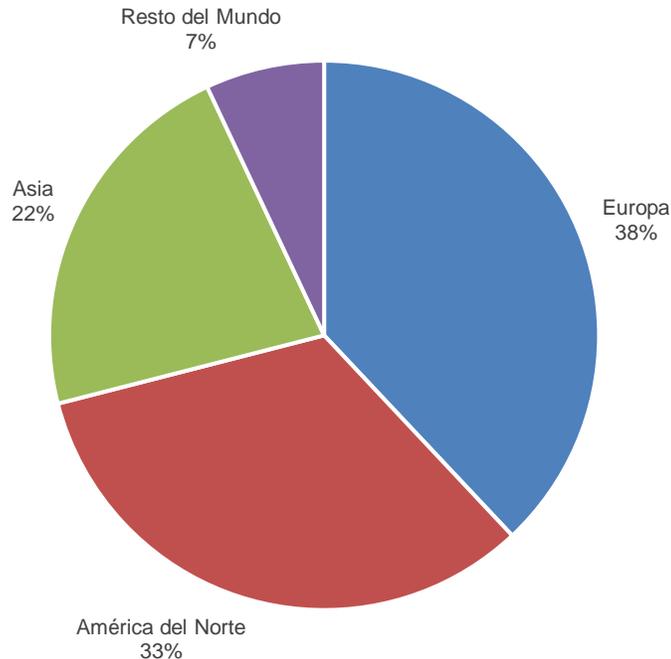
H. América Latina

Emprendedores privados y empresas multinacionales como *Veolia* están considerando a América Latina para invertir en reciclaje químico tal como en Europa, lo cual debería considerarse en horizontes de mediano plazo, en lo posible con anuncios de políticas de estado y alineación con los tratados internacionales regionales. Las oportunidades de negocio y las ventajas medioambientales quedan bien resumidas por *Zero Waste Europe* en un documento de 2019 titulado "El Dorado of Chemical Recycling - State of play and policy challenges" (Simon & Martin, 2019): "En contraste con el reciclaje mecánico, el reciclaje de productos químicos es una industria en su infancia y la mayoría de las plantas en el mercado están en una etapa piloto. La posible implantación de estas tecnologías a escala industrial sólo puede esperarse entre 2025 y 2030, y esto es un factor importante a la hora de planificar la transición a una economía circular y, en particular, en la agenda de descarbonización.

América Latina se halla ante una gran oportunidad en un sector que todavía no se considera relevante en la región, como demuestra la siguiente gráfica de AMI Consulting (Interempresas, 2020).

²⁹ Empresa internacional francesa de gestión de residuos que presta particular atención a los plásticos.

Gráfico 11
Reciclaje químico por región en la previsión para el 2030 y la ausencia de América Latina
en las previsiones mundiales del sector
(En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con base a AMI Consulting, *Reciclaje químicos – Situación Mundial en 2020*, 2020.

I. Chile

Cristián Rodríguez (Rodríguez D., 2020) propone un posible camino para Chile al incluir el reciclaje químico en la cadena productiva y de valores de la Empresa Nacional Petróleo (ENAP). Tras analizar las etapas del proceso de refinación y la factibilidad para su implementación se pudo constatar lo siguiente.

J. El proceso ENAP

En el anexo se muestra el comienzo del proceso con el abastecimiento de petróleo crudo que llega a las refinerías de ENAP por 2 vías: Marítima ENAP refinerías Bío Bío, y ENAP Refinerías Aconcagua (ENAP Educa, n.d.)³⁰.

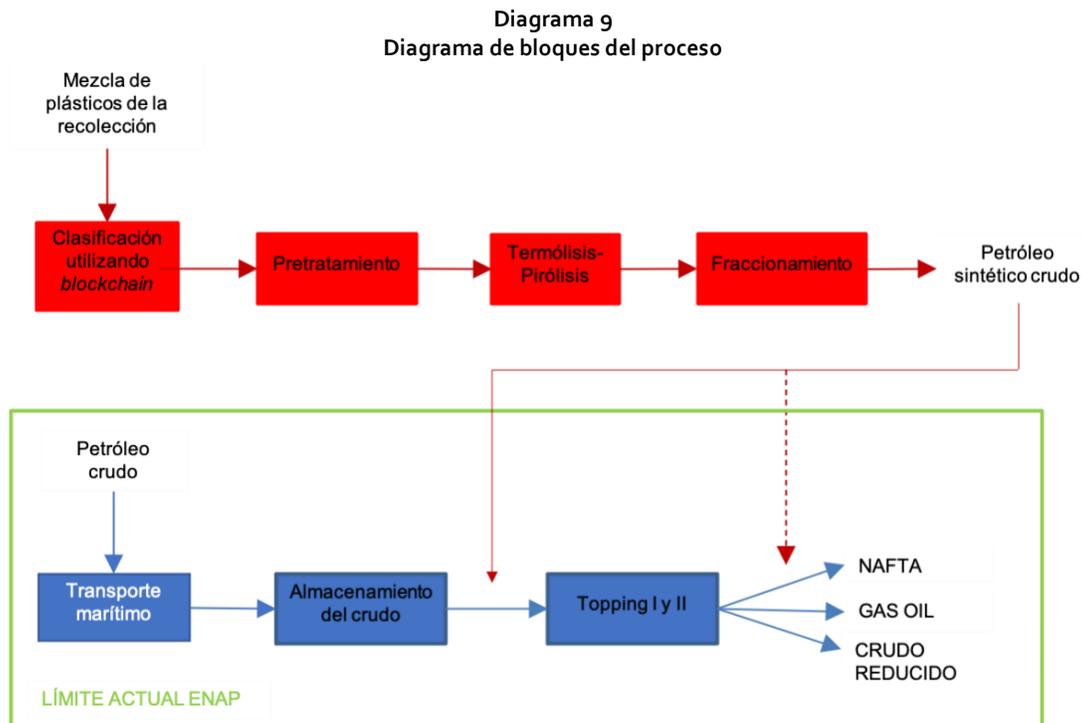
En cada etapa del proceso de refinación de petróleo crudo en ENAP se obtienen productos de interés comercial. Según Rodríguez, hipotéticamente, para incluir un aceite derivado de un proceso de reciclaje químico de residuos plásticos procedente de una planta especializada, lo viable es que “*sea una mezcla de moléculas similares a las encontradas en el petróleo crudo*” (Thiounn & Smith, 2020). La hipótesis es que el reciclaje químico se complete con la entrada del aceite plástico al proceso de pirólisis/cracking en la línea de producción de la empresa ENAP como una suerte de “*integración vertical hacia atrás*” puesto que se articularía con etapas previas al proceso de refinación (Galán, 2015)”.

³⁰ Todas las imágenes han sido reproducidas fielmente según lo publicado en la página ENAP Educa: Flujo general de la producción de ENAP.

Al evaluar la factibilidad del ingreso de ENAP en el negocio del petróleo sintético, Rodríguez observa que entre los propósitos de la empresa (declarados en su página) se halla: "Impulsar un **futuro energético sostenible** para el país y los territorios en donde estamos presentes" (Empresa Nacional de Petróleo (ENAP), n.d.). Los residuos plásticos podrían ser parte de ese futuro energético para ENAP³¹. Con relación al segundo concepto, el de la sostenibilidad, se trata de una fuente de energía que se puede utilizar sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras (Ecrowd!, 2016). La circularidad del reciclaje químico de residuos plásticos va en la dirección de ese concepto.

En línea con Rodríguez, ENAP podría innovar su proceso de fabricación de petroquímicos a través de "la creación de una planta de reciclaje químico mediante termólisis/pirólisis/cracking para remonomerizar los residuos plásticos, mayoritariamente poliolefinas (HDPE- LDPE- LLDPE-PP-etc. registrados en APA), para producir aceite sintético "crudo" o crudo sintético, el cual se unirá al proceso de refinación de petróleo crudo a partir de la etapa topping I y II en las plantas de refinación de ENAP" (ver anexo 1 relativo al proceso de producción de ENAP para los insumos y productos del topping 1 y 2).

El diagrama de bloques del proceso de refinación quedaría conformado de la manera que se visualiza en el diagrama 9.



Fuente: Elaborado por Cristian Rodríguez.

Nota: La línea punteada es una alternativa dependiendo de la composición del producto de la pirólisis.

La inclusión del reciclaje químico de residuos plásticos en el modelo de negocios de ENAP, hechas las debidas consideraciones técnicas, podría beneficiarse de la rigurosa clasificación de los residuos que APA hace posible. Según Rodríguez (Rodríguez D., 2020): "la tecnología de blockchain facilitará la identificación, trazabilidad y clasificación de residuos plásticos" y "la reducción de costos desde el punto de vista de la

³¹ El 28/10/2009 expertos chilenos e internacionales reunidos en la conferencia 'El reciclaje energético en la sociedad europea del reciclado', celebrada en Madrid, España, analizaron el papel de las energías renovables y el potencial energético de los residuos. Una de sus conclusiones fue que la Tercera Revolución Industrial va a necesitar el concurso de las distintas fuentes de energía, y la mayor parte de ellas están en todos lados: el sol, el viento, el agua, el suelo y los residuos.

optimización de la logística.” Por tanto, según ese planteamiento, sería factible la hipótesis de incluir en ENAP la producción de petróleo sintético crudo a partir de la pirolisis del plástico en mezcla con el petróleo crudo en la refinación, para obtener productos de valor comercial y alinearse a las tendencias mundiales del sector. Se trata de utilizar el petróleo sintético crudo como materia prima para ser procesada en la industria química. La sugerencia de producir petróleo sintético permite usar los residuos plásticos tanto en la producción de plásticos vírgenes como en su transformación en combustible.

Eso conduce al debate en pro y contra de esta segunda opción, conocida como “*plastic to fuel*”, a la cual se acusa de no eliminar el uso de fósiles en la cadena energética y de no reducir la demanda de plástico virgen (Simon & Martin, 2019). No obstante, los comentarios anteriores, no hay duda que su alternativa reduce la demanda de petróleo crudo. Adicionalmente en América Latina, la transformación de plástico en combustible puede ayudar a paliar el grave problema contaminación de los ecosistemas y amenazas a salud y biodiversidad, el efecto perjudicial del plástico en los océanos, como también derrames de petróleo (Deutsche Welle, 2020).

Recuadro 5

7 pasos para legislar de manera efectiva sobre el reciclaje químico

En julio de 2020, Zero Waste Europe (ZWE) y la Rethink Plastic Alliance (RPa) emitieron una declaración conjunta sobre los aspectos que deberían evaluarse al momento de legislar sobre el reciclaje químico.

La declaración se produjo “en un momento en que el reciclaje de productos químicos se está promoviendo cada vez más como solución a la actual crisis debida a los residuos plásticos” (Zero Waste Europe, 2020). Las dos organizaciones destacan que no hay certeza absoluta sobre los procesos productivos y su impacto ambiental, por lo cual recomiendan:

1. Revisar la legislación de la UE sobre residuos para introducir definiciones armonizadas de las tecnologías de reciclaje químico.
2. Aclarar la situación jurídica de las tecnologías de reciclado de productos químicos en la jerarquía de los desechos.
3. Limitar el reciclaje químico a los plásticos duraderos contaminados y degradados.
4. Evaluar los impactos ambientales y de salud del reciclaje químicos a nivel industrial.
5. Establecer una metodología sólida para calcular el impacto climático del reciclaje químico.
6. Desarrollar un estándar para establecer cualitativa y cuantitativamente el reciclado real.
7. Limitar el financiamiento de la UE a los procesos de reciclaje químico que tengan una menor huella de carbono en comparación con la producción de plástico a partir de materia prima virgen.

Fuente: Zero Waste Europe, 7 steps to effectively legislate chemical recycling in the EU, 2020.

K. Aspectos legales en Chile

En esta sección se hace una revisión de la legislación habilitante del reciclaje químico en Chile.

1. Legislación para plantas de reciclaje químico en Chile

Los proyectos que busquen desarrollar iniciativas masivas de reciclaje químico en Chile deberán cumplir al menos con las siguientes disposiciones legales y normativas:

a) Constitución política de la República

Artículo 19 N° 8: “La Constitución asegura a todas las personas (...) N° 8 El derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza. La ley podrá establecer restricciones específicas al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger al medio ambiente”.

El ejercicio de este derecho de rango constitucional está regulado por las disposiciones de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia.

b) Ley N° 19.300/1994 (modificada por la Ley N° 20.417/2010) sobre Bases Generales del Medio Ambiente (LBGMA) del Ministerio Secretaría General de la República

La LBGMA constituye el marco legal para dar cumplimiento a la garantía constitucional señalada en el punto anterior, estableciendo los instrumentos de gestión ambiental y la institucionalidad asociada a ellos. El artículo 10 de esta ley define los tipos de proyectos que deberán ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y en su letra "o" indica el ingreso de plantas de tratamiento de residuos sólidos de origen domiciliario y los sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos en los siguientes términos:

"Artículo 10. - Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, son los siguientes:

o) Proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de aguas o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos".

Por ello, toda planta de reciclaje químico deberá ingresar al SEIA, al menos con la elaboración y desarrollo de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA); y, si además se dan las condiciones y características del artículo 11 de la LBGMA, deberá ingresar al sistema de evaluación con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

c) DS. N° 40/2012 del Ministerio Secretaría General de la República que contiene el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (reglamento SEIA)

El Reglamento SEIA desarrolla las normas de evaluación ambiental de proyectos y actividades. Entre otras disposiciones pertinentes, describe en detalle, en su artículo 3ª, los proyectos que deberán someterse al SEIA. Asimismo, en sus artículos 5º y siguientes se establecen las circunstancias o efectos que obligarán a la realización de un EIA. En su artículo 19º, el reglamento establece los contenidos mínimos de una DIA.

d) DFL N° 458/ 1976, Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC) y DS N° 47 de 1992, Ordenanza General de Urbanismo y Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (OGUC)

La LGUC establece disposiciones relativas a la planificación urbana, urbanización y construcción, las se aplicarán a todo el territorio de la República. De esta forma, cualquier proyecto que signifique la construcción, instalación y/u operación de plantas de tratamiento (junto con sus respectivas instalaciones como oficinas, servicios higiénicos, etc.) deberán necesariamente cumplir con la LGUC y la OGUC, además de los instrumentos locales de planificación territorial, y los estándares técnicos de diseño y de construcción exigibles.

e) Decreto Supremo N° 144/1961 que Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza. Ministerio Secretaría de la Presidencia, Ministerio de Salud, sobre emisiones atmosféricas

Este decreto contiene un mandato general, al imponer en su artículo primero que: "los gases, vapores, humos, polvo, emanaciones o contaminantes de cualquier naturaleza, producidos en cualquier establecimiento fabril o lugar de trabajo, deberán captarse o eliminarse en forma tal que no causen peligros, daños o molestias al vecindario."

f) Decreto N°19/2013 del Ministerio del Medio Ambiente que estableció la norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP 2,5

La norma señala que: "El MP 2,5 se produce por emisiones directas de los procesos de combustión de combustibles fósiles, a partir de la condensación de gases, de reacciones químicas en la atmósfera a partir de gases como el dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno".

g) Decreto Supremo N° 59/1998 (modificado por Decreto Supremo N° 45/2001) que Establece Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable MP10, en especial, de los Valores que Definen Situaciones de Emergencia. Ministerio Secretaría General de la Presidencia

Esta normativa establece la calidad primaria para material particulado respirable, además de definir los niveles que determinan las situaciones de emergencia ambiental para dicho elemento y establece metodologías de pronóstico y mediciones para todo el territorio chileno.

h) Decreto Supremo N°115/2002 que establece Norma Primaria de Calidad de Aire para Monóxido de Carbono de Ministerio Secretaría General de la Presidencia

Este decreto fija la norma de calidad primaria para monóxido de carbono, la cual como concentración de 8 horas no podrá ser superior a 10 microgramos por metro cúbico normal (mg/3N), y como concentración de 1 hora no podrá sobrepasar los 30 mg/m³N. Al respecto la norma señala que: "según la OMS (1999), no debiera ser excedido el nivel de 2,5% de carboxihemoglobina (COHb) en la sangre de las personas expuesta a CO".

i) Decreto Supremo N° 114/2003 Norma Primaria de Calidad de Aire para Dióxido de Nitrógeno. Ministerio Secretaría General de la Presidencia

Esta norma de calidad ambiental tiene por objetivo proteger la salud de la población contra aquellos efectos agudos y crónicos generados por la exposición a ciertos niveles de concentración de dióxido de nitrógeno en el aire. La norma primaria de calidad para dióxido de nitrógeno como concentración anual será de 53 partes por billón de 100 microgramos por metro cúbico normal (ppbv- µg/m³N). Por su parte, la norma primaria de calidad de aire para dióxido de nitrógeno como concentración de una hora será de 213 ppbv (400µg/m³N).

j) Decreto Supremo N° 104/2018 Norma Primaria de Calidad de Aire para Dióxido de Azufre (SO₂). Ministerio del Medio Ambiente

El objetivo de la norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre es proteger la salud de las personas contra los efectos agudos y crónicos generados por la exposición a concentraciones en el aire de SO₂. Tanto la norma anual como la de 24 horas se orientan a proteger la salud contra los efectos crónicos, mientras que la norma de 1 hora se orienta a proteger la salud de los efectos agudos.

k) Decreto Supremo N° 138/2005 Establece Obligación de Declarar Emisiones de Fuentes Fijas. Ministerio de Salud

Esta norma establece que todos los titulares de fuentes fijas de emisión de contaminantes atmosféricos establecidos por el antedicho decreto deberán entregar a la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Salud competente los antecedentes necesarios para estimar las emisiones provenientes de cada una de sus fuentes. La normativa expresamente señala que estarán obligados a declarar emisiones aquellos proyectos de carácter petroquímico.

Esta es la normativa básica que debería contemplar cualquier proyecto que proponga desarrollar una planta de reciclaje químico de plásticos en Chile. Todo esto con el objetivo de incluir al plástico en la economía circular. Dependiendo de la naturaleza y particularidades de cada proyecto de reciclaje

químico, se deberá adicionar la normativa correspondiente. Para el caso de estudio de ENAP antes expuesto, deberá contemplarse lo siguiente:

l) Normativa específica para combustibles a base de crudo sintético

No existe normativa ni legislación que regule la materia en Chile. No obstante, cabe destacar que, para su almacenamiento, distribución y venta, serán aplicadas las disposiciones del Decreto Supremo Nº 160 del año 2009 del Ministerio de Economía, que contiene el Reglamento de seguridad para las instalaciones y operaciones de producción y refinación, transporte, almacenamiento, distribución y abastecimiento de combustibles líquidos derivados del petróleo, aprobado por DS 90 de 1996, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Lo anterior implica la necesidad de trabajar en conjunto con la Comisión Nacional de Energía (CNE) y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) a fin de proponer y desarrollar un estándar específico para este nuevo producto, toda vez que los estándares referidos en los cuerpos legales antes citados dan cuenta de las conclusiones dadas para los derivados del petróleo de origen fósil. Para lo anterior se deberá tener presente que el diésel sintético presenta una baja concentración de azufre en su composición (Escudero, 2011), lo que lo convierte y posiciona como una alternativa limpia, capaz de reducir las emisiones de efecto invernadero a la atmósfera, tales como las de material particulado (Escudero, 2011), dióxido de azufre y dióxido de carbono. Asimismo, el atractivo de su valor y la posibilidad de producir combustible dentro el país pueden ser características que incentiven el desarrollo de este producto, permitiendo la disminución de importaciones y de precios, la reducción de la emisión de gases a la atmósfera y la reducción de la cantidad de plástico desechado en vertederos.

m) Tributación del crudo sintético

En Chile, los principios generales que rigen al sistema tributario son los siguientes:

- Principio de Reserva legal
- Principio de Igualdad Tributaria
- Principio de no Confiscatoriedad
- Principio de no afectación Tributaria

De estos, el primero puede ser traducido bajo el conocido aforismo "*nullum tributum sine lege*", expresión que en español puede traducirse como: "*no hay, ni existe tributo sin ley*". Para el caso particular de Chile, su Constitución Política de la República dispone en el artículo 65 nº1, que los impuestos sólo podrán fijarse por ley, cuya iniciativa exclusiva corresponderá al Presidente de la República. De esta forma, al revisar las normativas relacionadas al establecimiento de impuestos a los combustibles, es posible constatar que la primera ley data del año 1947 y que actualmente se encuentran regidos por la Ley Nº 18.052 de 1986 que norma el impuesto específico a los combustibles (IEC). Esta norma ha sido modificada a la fecha en alrededor de 10 oportunidades y en la actualidad grava las gasolinas, el petróleo diésel y el gas licuado de origen fósil para automóviles, tal como se colige de la revisión del establecimiento fidedigno de la norma. Como herramienta de recaudación, es el tercer tributo que recauda más dinero en el país (después del IVA y del Impuesto a la Renta), lo que a su vez genera controversias entre la ciudadanía por incrementar el precio de los combustibles y por sus efectos sobre los costos del transporte público y de carga, entre otros usos que se les da a dichos combustibles.

A objeto de comprender el contexto en que se ha desarrollado el IEC, se debe tener presente que casi todo el crudo (98%) refinado por la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) es importado. La producción nacional representa menos del 2% del consumo nacional. Por lo tanto, para la determinación del precio de los productos derivados del petróleo crudo se consideran los siguientes gravámenes:

- Derechos de Aduana.
- Impuesto al Valor Agregado (IVA)
- Impuestos Específicos (IEC)

En el mismo orden de ideas, el artículo sexto de la Ley IEC fija un impuesto específico sobre gasolinas automotrices y petróleo diésel de origen fósil, gravámenes que se devengarán (es decir, serán exigibles) al momento de la primera venta o importación de tales productos en Unidades Tributarias Mensuales (UTM) por metro cúbico del producto. Dichas tasas han variado a través del tiempo, ya sea porque se ha querido aumentar la recaudación de ingresos o bien para atenuar los incrementos en los precios de estos productos debidos al aumento internacional del precio del petróleo crudo, cuyo mercado experimenta cambios significativos, creando mercados muy intervenidos para evitar la volatilidad de los productos refinados, pues parte importante de la producción y reservas de petróleo crudo se encuentra en pocos países con frecuentes conflictos. A fin de atenuar los efectos de estas variaciones de precio en el mercado nacional, el legislador ha contemplado una herramienta conocida como MEPCO, la cual fue creada por la Ley N° 20.765 (publicada el 9 de julio de 2014), cuyo fin es establecer un mecanismo de estabilización de los precios de venta internos en los combustibles refinados incluidos en la Ley N° 18.502. Este mecanismo opera mediante incrementos y rebajas a los impuestos específicos a los combustibles refinados establecidos en la Ley. Por consiguiente, el sistema de imposición a los combustibles refinados en Chile funciona bajo la premisa de estabilización de los precios internos frente a la fluctuación de los valores del petróleo crudo importado a nuestro país.

Así pues, ¿Los impuestos establecidos en la Ley N° 18.052 sobre impuestos específicos a los combustibles refinados, aplican o no a un insumo como el aceite sintético proveniente del plástico? A nuestro parecer, la respuesta es negativa. Ya que debido al principio de reserva legal, en Chile no existe una ley particular que grave al crudo sintético (aceites derivados del plástico), y por consiguiente al revisar la historia fidedigna de la ley N° 18.502 en la biblioteca del congreso es posible concluir que la ley de impuesto específico al diésel y gasolinas automotrices es un sistema que opera en el entendido de importación de petróleo de origen fósil, tanto en su sistema de estabilización de precios, como en los combustibles que dicha ley señala.

Lo anterior este documento considera que en el caso que ENAP desarrolle una planta de reciclaje químico capaz de producir crudo sintético a partir de residuos plásticos, a dicha iniciativa no se le aplicarían los aranceles aduaneros de importación del petróleo de origen fósil, como asimismo tampoco se deberían aplicar el impuesto específico al diésel al producto que se obtenga del crudo sintético, o al menos al porcentaje que se pueda fundamentar ha sido elaborado a partir de crudo sintético. Lo anterior en atención a que dicho tributo específico tiene su origen legal en el tratamiento y utilización de petróleo de origen fósil, y tal como ha sido explicado antes, los impuestos en Chile se rigen por el principio de reserva legal y por tanto para que se pudiera aplicar un impuesto específico al diésel o bencinas provenientes del crudo sintético, debe existir una ley específica que norme la materia, la cual a la fecha no existe.

V. Conclusiones y recomendaciones

Este documento ofrece algunas conclusiones que resultan de la investigación realizada, así como algunas recomendaciones respecto de la herramienta propuesta. Habiendo dado cuenta de la escala del problema que los residuos plásticos representan para la humanidad y para el planeta, se constata la urgencia de encontrar soluciones eficientes y eficaces.

Este problema tiene una de sus facetas más dramáticas en los residuos ya desechados en vertederos o esparcidos en el medio ambiente, pero también resulta evidente que las exigencias del mercado harán que la producción de plástico en el futuro no decaiga, sino que crezca.

Por lo tanto, es indispensable encontrar lograr que una cantidad cada vez mayor de residuos plásticos permanezca en el ciclo productivo mediante el reciclaje. Como se ha visto en los ejemplos de Europa, Asia y América Latina, son muchas las iniciativas (públicas, privadas y mixtas) que se han emprendido con este fin. Hasta la fecha, estas han apuntado a perfeccionar los sistemas de recolección, crear conciencia cívica y medioambiental en las sociedades, buscar estrategias de valorización de los materiales reciclados y desincentivar la producción de plásticos de un solo uso. A este efecto, se han creado organizaciones técnicamente preparadas, se han implementado políticas públicas de variado tipo, se han aprobado leyes y se han suscrito tratados multilaterales.

No obstante, un problema que queda sin aparente solución es el de la trazabilidad y contabilidad del plástico circulante, como destaca también PRE Europe (véase capítulo I). Sin una herramienta que permita rastrear y contabilizar el material que se tranza en productos, envases y embalajes (en la industria, el comercio y y la agricultura, más allá de las 6 categorías específicas indicadas por el consumo), resulta difícil (cuando no imposible) que las diferentes estrategias tengan éxito.

Pero quizás el problema de fondo radica en que hasta el momento se han buscado soluciones para optimizar la recolección y el reciclaje, y no se ha abierto el debate respecto de una posible solución a la crisis. ¿Es posible contabilizar el plástico? En otras palabras, ¿es posible dar cuenta de la totalidad del material plástico que circula en la economía? Si la respuesta fuera afirmativa, se abre la posibilidad de controlarlo realmente, con los consiguientes beneficios medioambientales y también económicos.

La herramienta A.P.A. se plantea como una solución factible para este efecto. Mediante el uso del blockchain, se conseguiría incorporar y dinamizar toda la información relevante respecto al plástico circulante en productos, envases y embalajes plásticos. Una vez inscritos en un Padrón por parte de sus fabricantes, cada producto y subproducto tiene asignado un valor equivalente en bitcoin. Las

transacciones realizadas entre los diferentes actores (productores, comercio, usuarios y recicladores) va quedando registrada en sus respectivos monederos. Si bien existen otras iniciativas que se le asemejan, A.P.A. (cuya tecnología ya se encuentra desarrollada como "demo" y está lista para entrar en la segunda fase de su desarrollo) permite articular la participación de los diferentes actores como ninguna otra.

La implementación de la herramienta A.P.A., ya viable como "demo", permite que los diferentes actores interesados dimensionen la escala de inversión necesaria para la gestión de los residuos. Los ciudadanos y consumidores, por su parte, pueden beneficiarse de su participación en el sistema mediante incentivos de diferente tipo, según esta vaya quedando registrada en el sistema. Pero, como se ha dicho, esto también representa una oportunidad económica para el futuro: la trazabilidad, identificación y contabilidad del plástico tranzado permiten que se desarrolle un sector económico basado en el reciclaje, cuyo tamaño corresponde al del desperdicio actual.

Asimismo, otorga la capacidad crear estadísticas con un nivel de exhaustividad y detalle nunca antes alcanzado. Se trata de una solución ambiental que crea una nueva economía. El desarrollo de la tecnología de reciclaje químico, que permite aumentar enormemente la cantidad de los residuos plásticos reciclados en comparación con lo que ocurre con el reciclaje mecánico tradicional, abre sin duda nuevos horizontes de inversión y ganancia.

Finalmente, se ofrecen algunas recomendaciones para la implementación de esta herramienta:

- Para que sea realmente efectiva, es necesario adoptar soluciones armonizadas regionalmente regulatorias y habilitantes. De cara a la magnitud del problema de los residuos plásticos, estas deben tener un carácter simultáneo, urgente y de largo plazo, como políticas de estado.
- Para su implementación a nivel regional, el código de la herramienta propuesta debe ser abierto y parte del instrumental de política pública, de modo que los avances en trazabilidad y su información sea de libre disposición. Esto permitirá que diversos actores interesados en la trazabilidad y el reciclaje puedan participar en el marco de un entorno económico libre y diverso.
- Un entorno regulatorio ágil, flexible y evolutivo evitaría la creación de oligopolios, capaces de afrontar por más tiempo que empresas de menor tamaño, los periodos de incertidumbre e incluso de ausencia regulatoria.
- La trazabilidad permitirá una participación más ordenada entre actores y dimensionar la inversión necesaria para aumentar la porción de material recuperado para su remanufactura.

El complemento del reciclaje químico puede desacoplar las economías de la intensidad del material dando mayor permanencia a los materiales en los circuitos económicos.

Bibliografía

- ANCI-COREPLA. (2014), *Allegato Tecnico Imballaggi in Plastica 2014 (Anexo técnico Envases de plástico 2014)*. https://www.corepla.it/corepla/raccolta/Allegato_Tecnico.pdf.
- BASF. (2019, May), *Driving circular economy with the mass balance approach: BASF joins forces with members of the Ellen MacArthur Foundation's CE100 network for White Paper publication*. <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/sustainability/whats-new/sustainability-news/2019/EllenMacArthurfoundation-White-Paper-Mass-balance.html>.
- BMU. (2020), *Gesetz zur Umsetzung von Vorgaben der Einwegkunststoffrichtlinie und der Abfallrahmenrichtlinie im Verpackungsgesetz und in anderen Gesetzen (Ley para la implementación de los requisitos de la directiva de plásticos de un solo uso y la directiva marco de . BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety)*. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Glaeserne_Gesetze/19._Lp/umsetzung_richtlinien_verpackungsg/Entwurf/umsetzung_richtlinien_verpackungsg_refe_bf.pdf.
- _____. (2018), *"Nein zur Wegwerfgesellschaft" 5-Punkte-Plan des Bundesumweltministeriums für weniger Plastik und mehr Recycling ("No a la sociedad del desecho". Plan de 5 puntos del Ministerio Federal de Medio Ambiente para menos plástico y más reciclaje)*. BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety). https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/5_punkte_plan_plastik_181123_bf.pdf.
- Bodescot, A. (2019), *Veolia et Nestlé s'associent pour le recyclage des plastiques (Veolia y Nestlé se unen para reciclar plásticos)*. In *Le Figaro Economie*. <https://www.lefigaro.fr/societes/2019/03/18/20005-20190318ARTFIG00067-veolia-et-nestle-s-associent-pour-le-recyclage-des-plastiques.php>.
- Brooks, A. L., Wang, S., & Jambeck, J. R. (2018), *The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade*. *Science Advances*, 4(6). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat0131>.
- Buchholz, K. (2020, June), *Asia Produces Half the Plastic in the World*. Statista Infographics. <https://www.statista.com/chart/17564/annual-per-capita-production-of-plastic-by-region/>.
- _____. (2019), *How Many Countries Have Banned Plastic Items?* In *Statista Infographics*. <https://www.statista.com/chart/17318/share-of-countries-that-have-enacted-plastic-bans-restrictions-and-the-types-of-restrictions/>.

- Cámara de Diputados Italiana. (2006), *Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"* (*Decreto Legislativo 3 de abril 2006, n. 152 "Norma en materia ambiental"*).
- _____(1997), *Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 "Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio"* (*Decreto Legislativo 5 de febrero 1997, n.22 "Aplicación de las dire.*
- ChemRecEurope. (2020), Call for faster recognition & legislation review to unlock the potential of chemical recycling. In *ChemRecEurope*. <https://www.chemicalrecyclingeurope.eu/post/potential>.
- Chile Recicla. (n.d.). *Conceptos relacionados*. Retrieved December 16, 2020, from <https://rechile.mma.gob.cl/conceptos-relacionados/>.
- Choi Hee-seok, & Kim Hyo-jin. (2019), Korea to make companies pay for hard-to-recycle packaging. In *Maeil Business*. [//pulsenews.co.kr/view.php?year=2019&no=100940](http://pulsenews.co.kr/view.php?year=2019&no=100940).
- Comisión Europea. (2020a). *Circular Plastics Alliance - Design-for-Recycling Workplan* (Issue Version 4 March 2020). <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/43688>.
- _____(2020b). *Circular Plastics Alliance: A step closer to 10 million tonnes of recycled plastics*. https://ec.europa.eu/growth/content/circular-plastics-alliance-step-closer-10-million-tonnes-recycled-plastics_en.
- _____(2018a). *A European Strategy for Plastics in a Circular Economy*. <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/plastics-strategy.pdf>.
- _____(2018b). *Breakthrough paves way for better plastics recycling*. https://ec.europa.eu/research/infocentre/article_en.cfm?artid=48976.
- _____(2014). *Development of Guidance on Extended Producer Responsibility (EPR)*. DG Environment. [https://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/target_review/Guidance on EPR - Final Report.pdf](https://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/target_review/Guidance%20on%20EPR%20-%20Final%20Report.pdf).
- CONAI. (n.d.), *Consorzio Nazionale Imballaggi (Consorcio Nacional de Envases y Embalajes)*. Retrieved December 14, 2020, from <https://www.conai.org/>.
- COREPLA. (2019), *Relazione sulla gestione 2019 (Relación sobre la gestión 2019)*. <https://www.corepla.it/documenti/060bbd18-7fbf-4b76-b9b8-.28f4a973607/RELAZIONE+SULLA+GESTIONE+2019.pdf>.
- _____(n.d.), *Consorzio Nazionale per la Raccolta, il Riciclo e il Recupero degli imballaggi in Plastica (Consorcio Nacional de Recogida, Reciclaje y Recuperación de Envases de Plástico)*. Retrieved December 14, 2020, from <https://www.corepla.it/>.
- DEMETO. Launch of the new European Project on Chemical Recycling DEMETO. In *DEMETO*. <https://www.demeto.eu/post/2017/10/15/launch-of-the-new-european-project-on-chemical-recycling-demeto>.
- Der Grüne Punkt. (n.d.-a), Design for Recycling – Recyclability can be planned. In *Der Grüne Punkt*. Retrieved December 14, 2020, from <https://www.gruener-punkt.de/en/sustainable-packaging/about-design4recycling>.
- _____(n.d.-b), *Lizenzrechner (Calculadora de Licencia)*. Retrieved December 14, 2020, from https://portal.gruener-punkt.de/online/dsd/f?p=200:81:::81:1H81_P1:EB6D8AE6F20283755B339CoDC273988B&.
- _____(n.d.-c), *SYSTALEN – THE REGRANULATE FROM DER GRÜNE PUNKT*. Retrieved December 14, 2020, from <https://www.gruener-punkt.de/en/systalen-recyclate/about-systalen>.
- _____(n.d.-d), *The new German packaging act is here and it's particularly important for online retailers*. Retrieved December 14, 2020, from <https://www.gruener-punkt.de/en/packaging-licensing/packaging-act>.
- Deutsche Welle, D. (2020, May), *Derrames de petróleo en América Latina: el Golfo de México solo fue el comienzo*. DW.COM. [https://www.dw.com/es/derrames-de-petróleo-en-américa-latina-el-golfo-de-méxico-solo-fue-el-comienzo/a-53364260](https://www.dw.com/es/derrames-de-petr%20leo-en-am%20rica-latina-el-golfo-de-m%20xico-solo-fue-el-comienzo/a-53364260).
- Dikgang, J., & Visser, M. (2010), *Behavioral Response to Plastic Bag Legislation in Botswana*. <http://www.jstor.org/stable/resrep14935>.
- DIW Econ. (2017), *Die Ökonomie der Getränkeverpackung (Economics of beverage packaging)*. <https://diw-econ.de/en/publications/the-economy-of-beverage-packaging/>.

- Dos Muchangos, L. (2018). China's Waste Ban is a Wake-up Call for Japan. In *Our World, United Nation University*. <https://ourworld.unu.edu/en/chinas-waste-ban-is-a-wake-up-call-for-japan>.
- Ecrowd! (2016). La energía sostenible: ¿{Que} significa exactamente? In *Blog de ECrowd! Crowdlending, Información sobre financiación colectiva*. <https://www.ecrowdinvest.com/blog/energia-sostenible-que-significa/>.
- Ellen MacArthur Foundation, & UN Environment Programme. (2020). *The Global Commitment 2020. Progress Report* (Ellen MacArthur Foundation & UN Environment Programme (eds.)). <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Global-Commitment-2020-Progress-Report.pdf>.
- Ellen MacArthur Foundation. (2016), *The new plastics economy. Rethinking the future of plastics*. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/EllenMacArthurFoundation_TheNewPlasticsEconomy_Pages.pdf.
- _____(n.d.-a), *Global Commitment*. Retrieved December 2, 2020, from <https://www.newplasticseconomy.org/projects/global-commitment>.
- _____(n.d.-b), *Plastics Pact*. Retrieved December 15, 2020, from <https://www.newplasticseconomy.org/projects/plastics-pact>.
- _____(n.d.-c), *Plastics Pact*. Retrieved December 15, 2020, from <https://www.newplasticseconomy.org/projects/plastics-pact>.
- Embassy of Switzerland in Japan. (2019). Plastic recycling attracts investment in Japan after China ban. In *Science & Technology Office Tokyo - CH*. <https://www.stofficetokyo.ch/news/environment/plastic-recycling-attracts-investment-in-japan-after-china-ban>.
- Empresa Nacional de Petróleo (ENAP). (n.d.), *Nuestro propósito - La Empresa*. Retrieved December 17, 2020, from https://www.enap.cl/pag/1/775/nuestro_proposito.
- ENAP Educa. (n.d.), Proceso de Refinación. *La Empresa Nacional de Petróleo*. Retrieved December 17, 2020, from https://www.enap.cl/pag/248/1556/proceso_refinacion.
- EuCertPlast. (n.d.), *European Certification of Plastics Recyclers*. Eucertplast. Retrieved January 8, 2021, from <https://www.eucertplast.eu>.
- Europea, C. (2015), *Assessment of separate collection schemes in the 28 capitals of the EU*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2c93de42-a2fa-11e5-b528-01aa75ed71a1>.
- European Council. (2020), *Special meeting of the {European} {Council} (17, 18, 19, 20 and {21 July 2020})*. <https://www.consilium.europa.eu/media/45109/210720-euco-final-conclusions-en.pdf>.
- European Parliament. (2019), *DIRECTIVE (EU) 2019/904 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment (Text with EEA relevance)*. Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904>.
- _____(1994), *European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 on packaging and packaging waste: Vol. OJ L*. <http://data.europa.eu/eli/dir/1994/62/oj/eng>.
- EUWID Recycling und Entsorgung. (2018), *Chemisches Recycling von Verpackungen aus Kunststoff ist keine werkstoffliche Verwertung (El reciclaje químico no es un reciclaje mecánico en el sentido de la Ley de Envases)*. <https://www.euwid-recycling.de/news/politik/einzelansicht/Artikel/chemisches-recycling-von-verpackungen-aus-kunststoff-ist-keine-werkstoffliche-verwertung.html>.
- Galán, J. S. (2015), Integración vertical. In *Economipedia*. <https://economipedia.com/definiciones/integracion-vertical.html>.
- Gauthier, T. (2018), *La conversion chimique des plastiques usagés :vers un retour aux sources...? (La conversión química de plásticos usados: ¿hacia un retorno a las fuentes ...?)*. [https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/sites/ifpen.fr/files/inline-images/Innovation et industrie/Recyclage des plastiques/plastic-to-fuel_2018.pdf](https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/sites/ifpen.fr/files/inline-images/Innovation%20et%20industrie/Recyclage%20des%20plastiques/plastic-to-fuel_2018.pdf).
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017), Production, use, and fate of all plastics ever made, {Producción}, uso y destino de todos los plásticos fabricados. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.
- Gobierno de Perú. (2020), *Se instala Comisión Multisectorial Técnica de la Gestión Integral del Plástico de un Solo Uso*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/322701-se-instala-comision-multisectorial-tecnica-de-la-gestion-integral-del-plastico-de-un-solo-uso>.
- GreenPeace Italia. (2020), Traffico illecito di rifiuti tra Italia e Malesia: cosa abbiamo scoperto Tráfico ilegal de residuos entre Italia y Malasia: lo que hemos descubierto. In *Greenpeace Italia*. <https://www.greenpeace.org/italia/>

- peace.org/italy/storia/6874/traffico-illecito-di-rifiuti-tra-italia-e-malesia-ecco-cosa-abbiamo-scoperto.
- Guglielmi, G. (2017), In the next 30 years, we'll make four times more plastic waste than we ever have. In *Science* [textbar] AAAS. <https://www.sciencemag.org/news/2017/07/next-30-years-we-ll-make-four-times-more-plastic-waste-we-ever-have>.
- Hamilton, L. A., Fiet, S., Muffett, C., Kelso, M., Malone Rubright, S., Bernhardt, C., Schaeffer, E., Moon, D., Morris, J., & Labbé-Bellas, R. (2019), *Plastic & Climate: The Hidden Costs of a Plastic Planet*. <https://www.ciel.org/plasticandclimate/>.
- InfoTechnology. (2021), *¿Qué es blockchain, la tecnología que viene a revolucionar las finanzas?* <https://www.infotechnology.com/online/Que-es-blockchain-la-tecnologia-que-viene-a-revolucionar-las-finanzas-20160810-0001.html>.
- Interempresas. (2020), Buenas previsiones para el sector del reciclaje químico en todo el mundo. In *Interempresas*. <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/317695-volumen-global-residuos-plasticos-post-consumo-fue-215-Mt-2019-cuales-algo-mas-10-por.html>.
- Kalapos, N. (2019), EuRIC Position Paper on Chemical Recycling. In *EuRIC*. <https://www.euric-aisbl.eu/position-papers/item/322-euric-position-paper-on-chemical-recycling>.
- Larsen, J., & Venkova, S. (2014). *The Downfall of the Plastic Bag: A Global Picture*. <https://grist.org/article/the-downfall-of-the-plastic-bag-a-global-picture/>.
- Lee, S., & Paik, H. S. (2011), Korean household waste management and recycling behavior, {Gestión} de residuos domésticos y comportamiento de reciclaje en {Corea}. *Building and Environment*, 46(5), 1159–1166. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.005>.
- Leeming, G., Cunningham, J., & Ainsworth, J. (2019), A Ledger of Me: Personalizing Healthcare Using Blockchain Technology. *Frontiers in Medicine*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmed.2019.00171>.
- Loikkanen, S. (2018, October). *Muovi, ongelmasta ratkaisuksi – kierrätyksestä tehtävä taloudellisesti kiinnostavaa (Plástico, la solución al problema: hacer que el reciclaje sea económicamente atractivo)*. Neste Worldwide. <https://www.neste.com/fi/blogi/circular-economy/muovi-ongelmasta-ratkaisuksi-kierrätyksestä-tehtävä-taloudellisesti-kiinnostavaa>.
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Ohtake, C., & Kaminuma, T. (2001), Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/es0010498>.
- McCarthy, N. (2016). Infographic: The countries winning the recycling race. In *Statista Infographics*. <https://www.statista.com/chart/4470/the-countries-winning-the-recycling-race/>.
- Ministerio de Ecología y Medio Ambiente-China. (2018), *关于调整《进口废物管理目录》的公告 Anuncio sobre el ajuste del "Catálogo de gestión de residuos importados."* http://www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/sthjbgg/201804/t20180419_434911.htm.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2020), *Aprueba propuesta de Decreto Supremo que establece metas de Recolección y Valorización y otras obligaciones asociadas de Envases y Embalajes*. <https://rechile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/05/68-Resolucion-379-propuesta-DS-REP-envases.pdf>.
- _____. (2019), Ministra Schmidt convoca a grandes empresas a unirse a pacto para combatir contaminación por plásticos. In *mma.gob.cl*. <https://mma.gob.cl/fundacion-chile-sera-el-articulador-del-inedito-acuerdo-ministra-schmidt-convoca-a-grandes-empresas-a-unirse-a-pacto-para-combatir-contaminacion-por-plasticos/>.
- _____. (2018), *Ley 21100 Prohíbe la entrega de bolsas plásticas de comercio en todo el Territorio Nacional*. <https://www.bcn.cl/leychile>.
- _____. (2017), *Ley 20920, Establece marco para la gestión de residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894>.

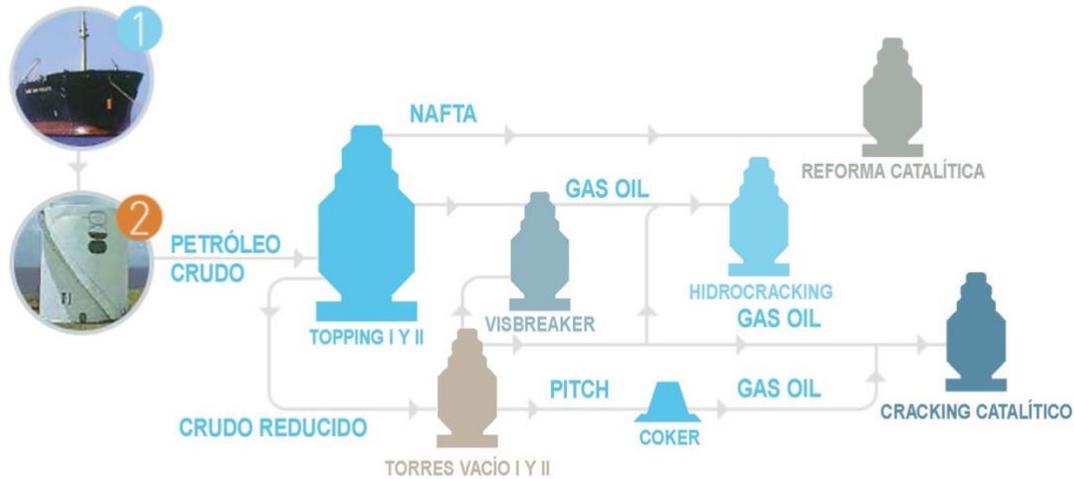
- Ministry of Environment. (2016), *Introduction of the Framework Act on Resource Circulation toward Establishing a Resource-Circulating Society in Korea* (Issue Vol. 42). [https://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/policy-database/Introduction of the Framework Act on Resource Circulation toward Establishing a Resource-Circulating Society in Korea.pdf](https://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/policy-database/Introduction%20of%20the%20Framework%20Act%20on%20Resource%20Circulation%20toward%20Establishing%20a%20Resource-Circulating%20Society%20in%20Korea.pdf).
- Ministry of Legislation. (1998), *Foreign Investment Promotion Act (Republic of Korea)*. https://legal.un.org/avl/pdf/lS/Shin_RelDocs.pdf.
- Ministry of the Environment. (2018, October), *Reduce and Refuse, Recycle and Replace – Plastics Roadmap for Finland*. https://ym.fi/-/vahenna-valta-kierrata-ja-korvaa-muovitekarta-suomelle?languageId=en_US.
- Mudgal, S., Lyons, L., Bain, J., Dias, D., Faninger, T., Johansson, L., Dolley, P., Shields, L., & Bowyer, C. (2011), *Plastic Waste in the Environment* (Issue 07.0307/2009/545281/ETU/G2). <https://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/plastics.pdf>.
- Muovitekarta Suomelle. (2019, March), *Otetaan muovin monipuoliset kierrätysratkaisut käyttöön (Presentar soluciones versátiles de reciclaje de plástico)*. <https://muovitekarta.fi/toimenpiteet/otetaan-talteenotetun-muovin-monipuoliset-kierratysratkaisut-kayttoon/>.
- NABU. (2016), *Der Weg der PET-Einwegflasche Immer mehr Plastik – kein voller Kreislauf (El camino de la botella PET desechable/Más plástico sin circulación completa)*. https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/abfallpolitik/170104_nabu-pet_kreislauf.pdf.
- Naciones Unidas. (2020, July), *La marea de plástico causada por el COVID-19 también es un peligro para la economía y la naturaleza*. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2020/07/1478011>
- Neste. (2020), Neste, Recycling Technologies and Unilever combine expertise to test and validate systems to chemically recycle waste plastics. In *Neste worldwide*. <https://www.neste.com/releases-and-news/plastics/neste-recycling-technologies-and-unilever-combine-expertise-test-and-validate-systems-chemically>.
- _____. (2019a), *Nopeammin, rohkeammin ja yhdessä (Más rápido, más audaz y juntos)* (Issue 2019). https://www.neste.com/sites/neste.com/files/release_attachments/nesteen_vuosikertomus_2019.pdf.
- _____. (2019b), Neste ja REMONDIS kumppaneiksi muovijätteen kemiallisen kierrätyksen kehittämisessä (Neste y REMONDIS como socios en el desarrollo del reciclaje químico de residuos plásticos). In *Neste worldwide*. <https://www.neste.com/fi/tiedotteet-ja-uutiset/neste-ja-remondis-kumppaneiksi-muovijatteen-kemiallisen-kierratyksen-kehittamisessa>.
- Nestlé. (2019), Nestlé accelerates action to tackle plastic waste. In *Nestlé Global*. <https://www.nestle.com/media/pressreleases/allpressreleases/nestle-action-tackle-plastic-waste>.
- Ng, D. (2018), In South Korea, a lesson to be learned from a plastic waste crisis. In *Channel News Asia*. <https://www.channelnewsasia.com/news/cnainsider/south-korea-plastic-waste-crisis-reducing-recycling-china-10805292>.
- nippon.com. (2019, June), *La basura de plástico japonesa no tiene dónde ir tras la prohibición de China*. Nippon.Com. <https://www.nippon.com/es/japan-data/h00473/>.
- OceansAsia. (2020, December), *COVID-19 Facemasks & Marine Plastic Pollution. Estimated 1.56 billion face masks will have entered oceans in 2020 - OceansAsia Report For Immediate Release: December 7, 2020*. OCEANS ASIA. <https://oceansasia.org/covid-19-facemasks/>.
- OECD. (2018), *Improving Markets for Recycled Plastics Trends. Prospects and Policy Responses*. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264301016-en>.
- Oficina del Consejo de Estado-China. (2017), *国务院办公厅关于印发禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案的通知 (国办发〔2017〕70号) _政府信息公开专栏*. (Aviso de la Dirección General del Consejo de Estado sobre Emisión del Plan de Implementación para Prohibir la Entrada de Residuos Extranjeros y Promover la Reforma). China, Oficina del Consejo de Estado. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/27/content_5213738.htm.

- Oltermann, P. (2018), Has Germany hit the jackpot of recycling? The jury's still out. In *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/world/2018/mar/30/has-germany-hit-the-jackpot-of-recycling-the-jurys-still-out>.
- ONU Medio Ambiente. (2018), *Plásticos de un solo uso: una hoja de ruta para la sostenibilidad*. <http://www.unep.org/es/resources/informe/plasticos-de-un-solo-uso-una-hoja-de-ruta-para-la-sostenibilidad>.
- Oyedotun, T. D. T., Kasim, O. F., Famewo, A., Oyedotun, T. D., Moonsammy, S., Ally, N., & Renn-Moonsammy, D.-M. (2020), Municipal waste management in the era of COVID-19: Perceptions, practices, and potentials for research in developing countries. *Research in Globalization*, 2, 100033. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2020.100033>.
- Parashar, N., & Hait, S. (2021), Plastics in the time of COVID-19 pandemic: Protector or polluter? *Science of The Total Environment*, 759, 144274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144274>.
- Patrício Silva, A. L., Prata, J. C., Walker, T. R., Duarte, A. C., Ouyang, W., Barcelò, D., & Rocha-Santos, T. (2021), Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. *Chemical Engineering Journal*, 405, 126683. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126683>.
- Plastic Oceans Limited. (2016), *A Plastic Ocean*. <https://aplasticocean.movie/>.
- Plasticker. (, November), *Real Time Price List*. https://plasticker.de/preise/pms_en.php?show=ok&make=ok&aog=A&kat=Reggranulat.
- Plastics Recyclers Europe. (n.d.), Who we are, {Quien} somos. In *PRE website*. Retrieved December 14, 2020, from <https://www.plasticsrecyclers.eu/who-we-are>.
- PlasticsEurope. (2020), *Plastics – The Facts 2020*. https://www.plasticseurope.org/application/files/5716/0752/4286/AF_Plastics_the_facts-WEB-2020-ING_FINAL.pdf.
- Prata, J. C., Silva, A. L. P., Walker, T. R., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020), COVID-19 Pandemic Repercussions on the Use and Management of Plastics. *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02178>.
- PRO Europe. (n.d.), *PRO Europe - Packaging Recovery Organization Europe*. Retrieved January 8, 2021, from <https://www.pro-e.org/about-us/who-we-are>.
- Professional Plastics. (n.d.), Siglas para los plásticos - (abreviaturas). In *Professional Plastics*. Retrieved December 16, 2020, from <https://www.professionalplastics.com/es/ACRONYMS.html>.
- Randall, D., Goel, P., & Abujamra, R. (2017), Blockchain Applications and Use Cases in Health Information Technology. *Journal of Health & Medical Informatics*, 08(03). <https://doi.org/10.4172/2157-7420.1000276>.
- Red Hat. (n.d.), ¿QUÉ ES UNA API? Qué son las API y para qué sirven. Red Hat. Retrieved December 16, 2020, from <https://www.redhat.com/es/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>.
- Rodríguez D., C. E. (2020), *Reciclaje químico de plásticos y management analysis de su implementación en una refinería (ENAP)*.
- Roth, S., & Heine, S. (2017), *Das Geschäft mit dem Einweg- pfand (El negocio del depósito desechable)*. Naturschutzbund Deutschland (NABU). https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/abfallpolitik/170207_nabu_infopapier_einwegpfand.pdf.
- Royer, S.-J., Ferrón, S., Wilson, S. T., & Karl, D. M. (2018), Production of methane and ethylene from plastic in the environment, {Producción} de metano y etileno a partir del plástico en el medio ambiente. *PLOS ONE*, 13(8), e0200574. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200574>.
- Senado de la República de México. (2019), *Iniciativa con proyecto de decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos, en materia de plásticos*. Mexico, Senado de la Republica. https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/64/1/2019-04-29-1/assets/documentos/Ini_lgpgir_plasticos_230419.pdf.
- Simon, J. M., & Martin, S. (2019), *El Dorado of Chemical Recycling, State of play and policy challenges*. <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/knowledge/el-dorado-chemical-recycling-state-play-and-policy-challenges>.

- Teittinen, T., Wahlström, M., Pohjakallio, M., & Vaajasaari, K. (2020), *CHEMPLAST. Kansallisten EoW-asetusten mahdollisuudet muovijätteen kemiallisen kierrätyksen edistämässä (CHEMPLAST. Posibilidades de las regulaciones nacionales EoW para promover el reciclaje químico de residuos) plásticos* (Issue VTT Asiakasraportti N.º VTT-CR-01281-19). https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/27257473/VTT_CR_01281_19.pdf.
- Thiounn, T., & Smith, R. C. (2020), Advances and approaches for chemical recycling of plastic waste. *Journal of Polymer Science*, 58(10), 1347–1364. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/pol.20190261>.
- Thompson, R. C., & Gall, S. C. (2014), *Impacts of marine debris on biodiversity: current status and potential solutions, {Impacto} de los desechos marinos en la biodiversidad: situación actual y posibles soluciones* (Issue 67). <http://www.deslibris.ca/ID/242832>.
- Tullo, A. (2019, August), *Plastic has a problem; is chemical recycling the solution?* Chemical & Engineering News. <https://cen.acs.org/environment/recycling/Plastic-problem-chemical-recycling-solution/97/i39>.
- UN Environment. (2018), *Putting the environment at the heart of people's lives. Annual Report 2018*. <http://www.unenvironment.org/annualreport/2018/annualreport/2018/index.php>.
- UNEP. (2017), *Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Informe sobre las deliberaciones de la Asamblea de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente en su tercer período de sesiones*. Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://papersmart.unon.org/resolution/uploads/k1709370.spanish.pdf>.
- United Nations-Department of Economic and Social Affairs. (2017), *World Population Prospects*. https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/files/documents/2020/Jan/un_2017_world_population_prospects-2017_revision_databooklet.pdf.
- United Nations, & Statista. (n.d.), *Development of the world population until 2050*. Retrieved January 7, 2021, from <https://www.statista.com/statistics/262875/development-of-the-world-population/>.
- University of Georgia. (2017), *Global cumulative production of plastic 1950-2050*. <https://www.statista.com/statistics/1019758/plastics-production-volume-worldwide/>.
- UNWTO - United Nations World Tourism Organization. (n.d.), *Global Tourism Plastics Initiative*. Retrieved December 15, 2020, from <https://www.unwto.org/sustainable-development/global-tourism-plastics-initiative>.
- Vogel, J., Krüger, F., & Fabian, M. (2020), *Chemisches Recycling*. Umweltbundesamt.
- Zero Waste Europe. (2020), *7 steps to effectively legislate chemical recycling in the EU*. <https://zerowasteurope.eu/2020/07/chemical-recycling-legislation-should-take-a-precautionary-approach/>.

Anexo

Flujo general de la producción de ENAP

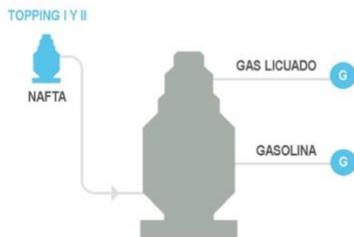


Topping I y II



Topping I y II: En estas plantas el petróleo se calienta a 370 °C] para lograr un correcto fraccionamiento del crudo (Valenzuela y Antonio, 2009). Una vez vaporizado parcialmente el petróleo pasa a una torre de fraccionamiento que lo separa o fracciona en productos. Por la parte superior de la torre se obtienen gases livianos como el gas licuado del petróleo (GLP) y la gasolina. Luego se obtiene la nafta que se utiliza como carga petroquímica para otras unidades. Le siguen los llamados productos intermedios: kerosene y petróleo diésel. Casi al fondo de la torre se obtiene *gas oil*, producto que alimenta las unidades de cracking catalítico e hidrocraqueo, y al fondo se produce el llamado crudo reducido, que alimenta las plantas de vacío. (ENAP Educa)

Reformación catalítica

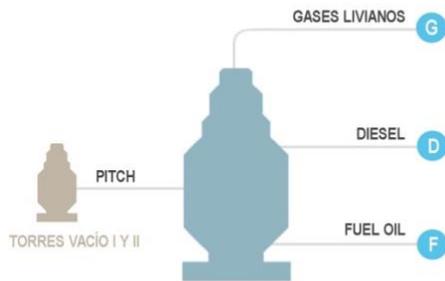


Reformación catalítica: Es un proceso de refinación que utiliza condiciones controladas de calor y presión junto con catalizadores para reordenar ciertas moléculas de hidrocarburos, convirtiendo los hidrocarburos del tipo parafínico y nafténico (por ejemplo, fracciones en ebullición de la gasolina de bajo octanaje) en carga petroquímica³² y cargas de mayor octanaje adecuadas para mezclar la gasolina acabada (OPIS Spanish, 2020). La nafta, que es la materia prima de esta planta, se transforma en gasolina de 97 octanos. Además, se producen gas licuado (GLP) y gases livianos. (ENAP Educa)

Continuación

³² Los productos petroquímicos incluyen todas las sustancias químicas superiores.

Viscoreducción o visbreaker



Viscoreducción o Visbreaker: La unidad de “visbreaker” tiene como objetivo procesar el *pitch* (producto del fondo de la torre de vacío) proveniente de las unidades de vacío para reducir su viscosidad, con lo que se consigue disminuir el consumo de diésel que se ocupa para ajustar la viscosidad final del petróleo combustible. En esta unidad se obtiene el *fuel oil* y una pequeña cantidad de gases livianos y diésel. (ENAP Educa)

Hidrocracking



Hidrocracking: La unidad de hidrocracking tiene como objetivo producir diésel con bajos niveles de azufre, nitrógeno y aromáticos. Se logra mediante el rompimiento molecular, o craqueo, de las largas cadenas de hidrocarburos y de compuestos aromáticos a través de un proceso catalítico en dos etapas que se realiza a alta presión y temperatura en presencia de hidrógeno. Esta planta transforma principalmente el *gas oil* en diésel bajo en azufre. Se obtienen además gasolina y gases livianos. (ENAP Educa)

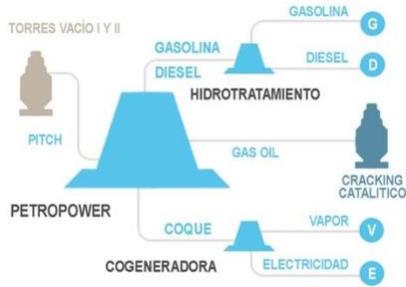
Torres de vacío



Torres de vacío: En estas unidades se fracciona el crudo reducido para obtener cantidades adicionales de *gas oil* y *pitch*. El *gas oil* va a las plantas de fractura o cracking catalítico y de hidrocracking. El *pitch*, por otra parte, alimenta a la unidad de visbreaker que se utiliza para obtener *fuel oil* y además constituye el *pitch* asfáltico para la pavimentación de caminos y carreteras. También, parte del *pitch* o fondo de vacío se envía al complejo Petropower, donde es transformado en un diésel de muy buena calidad (bajo en azufre) y gasolina. Además, permite producir vapor de agua y generar electricidad. (ENAP Educa)

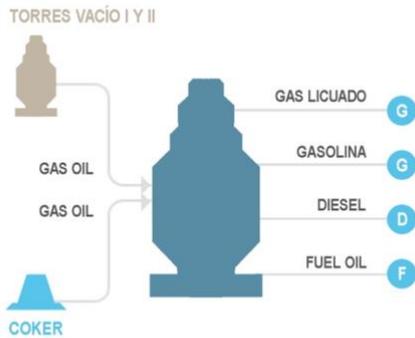
Continuación

Coquización retardada (coker)



Coquización retardada (coker): Esta planta procesa los fondos que provienen de las torres de vacío y los convierte en gases livianos, gasolina, diésel, *gas oil* y coque. Este último lo envía a la cogeneradora para producir vapor y energía eléctrica. (ENAP Educa)

Cracking catalítico



Cracking catalítico: Recibe el *gas oil* de las torres de vacío y *coker* para transformarlo principalmente en gasolina de alto octanaje. También se obtienen gas licuado (GLP), gasolina, diésel y algo de *fuel oil*." (ENAP Educa)

Fuente: Elaboración propia con base en ENAP Educa [En línea] https://www.enap.cl/pag/248/1556/proceso_refinacion.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco del programa EUROCLIMA+ y con el apoyo de la Presidencia del 25º período de sesiones de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 25), Chile, estudió una propuesta para trazar y contabilizar el plástico en las economías de América Latina y el Caribe. La trazabilidad y contabilización del plástico permitirá dar mejores respuestas a aquellos que participan en la producción, distribución, uso, consumo, recolección y hasta el reciclaje de este material. La propuesta, que ya cuenta con un producto mínimo viable, se basa en una herramienta informática: el sistema A.P.A. (Atributos para Almacenaje). Este registrará el peso y el tipo de plástico almacenado, entre otros datos, en un padrón digital asociado al código de barras de los productos comercializados. Los datos almacenados, incorruptibles y públicos, permitirán generar estadísticas útiles para la economía, las responsabilidades legales y tributarias y la fiscalización. El sistema puede ser ampliado para rastrear otros objetos, insumos y productos en el comercio y en los distintos sectores. Además del uso de esta herramienta de registro de datos, se estudia la posibilidad de reciclaje químico de los plásticos, lo que permitiría el cierre de su circularidad.