



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



# **“INVESTIGACIÓN COMPARATIVA ENTRE EL SISTEMA DE RECICLAJE DE RESIDUOS DOMICILIARIOS DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO Y EL DE LA REGIÓN DE EMILIA-ROMAÑA EN ITALIA”**

POR

**Consuelo Isidora Matus Fuentes**

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción  
para optar al título profesional de Ingeniera Civil Industrial

Profesora Guía:

Dra. María Magdalena Jensen Castillo

Septiembre 2024

Concepción (Chile)

© 2024 Consuelo Isidora Matus Fuentes

© 2024 Consuelo Isidora Matus Fuentes

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Agradecimientos:

A mis amigas de la u, que sin ellas no estaría aquí; a mi hermana Amanda, por siempre creer en mí; a mi hermano Benja, que me cuida desde el cielo; y a mis papás por su apoyo incondicional.

## Resumen

El presente estudio se enfoca en una comparación de los sistemas de reciclaje de residuos domiciliarios en las regiones del Biobío en Chile y Emilia-Romaña en Italia, con el objetivo de identificar las características del sistema de Emilia-Romaña que podrían ser implementadas en la región del Biobío. Para ello, se llevó a cabo un análisis del funcionamiento de ambos sistemas, abarcando aspectos técnicos, operativos y de gestión.

Debido a limitaciones en la obtención de información, el estudio se centró en tres características específicas: la infraestructura de recolección, los procesos de separación y tratamiento de residuos, y las estrategias de educación y concienciación ciudadana. En el análisis del sistema de Emilia-Romaña, se describen detalladamente las tecnologías empleadas, la logística de recolección y las políticas públicas que han contribuido a su éxito. Por su parte, se recopiló información clave sobre el sistema de reciclaje del Biobío, identificando sus principales características y áreas de mejora.

La comparación entre ambos sistemas revela diferencias significativas en el porcentaje de residuos recuperados entre ambas regiones. Para el año 2023, se observó una diferencia del 74%. Esto se debe a que la región de Emilia-Romaña cuenta con un sistema más desarrollado y eficiente que el de la región del Biobío. El sistema del Biobío, actualmente, enfrenta desafíos en términos de infraestructura, organización y participación ciudadana.

El estudio aborda consideraciones legales, sistemáticas y de recursos necesarios para la implementación de un sistema similar al de Emilia-Romaña en el Biobío. Se proponen las consideraciones tanto nivel local como nacional para que el actual sistema sea mejor. Estas recomendaciones incluyen el fortalecimiento del marco legal, la inversión en infraestructura y tecnología, y la implementación de programas educativos para fomentar la participación ciudadana en el reciclaje.

## **Abstract**

This study focuses on a comparison of household waste recycling systems in the Biobío region in Chile and Emilia-Romagna in Italy, with the objective of identifying the characteristics of the Emilia-Romagna system that could be implemented in the Biobío region. To this end, an analysis of the functioning of both systems was carried out, covering technical, operational and management aspects.

Due to limitations in obtaining information, the study focused on three specific characteristics: collection infrastructure, waste separation and treatment processes, and citizen education and awareness strategies. In the analysis of the Emilia-Romagna system, the technologies employed, collection logistics and public policies that have contributed to its success are described in detail. In turn, key information was gathered on the Biobío recycling system, identifying its main characteristics and areas for improvement.

The comparison between the two systems reveals significant differences in the percentage of waste recovered between the two regions. For the year 2023, a difference of 74% was observed. This is due to the fact that the Emilia-Romagna region has a more developed and efficient system than the Biobío region. The Biobío system currently faces challenges in terms of infrastructure, organization and citizen participation.

The study addresses legal, systematic and resource considerations necessary for the implementation of a system similar to that of Emilia-Romagna in Biobío. Considerations are proposed at both the local and national levels to improve the current system. These recommendations include strengthening the legal framework, investing in infrastructure and technology, and implementing educational programs to encourage citizen participation in recycling.

# Índice

|           |                                                                                     |           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>  | <b><i>Introducción</i></b>                                                          | <b>1</b>  |
| 1.1       | Antecedentes generales                                                              | 1         |
| 1.1       | Objetivos y descripción general del proyecto                                        | 2         |
| 1.1.1     | Objetivos                                                                           | 2         |
| 1.1.2     | Aspectos generales de Metodología                                                   | 3         |
| <b>2</b>  | <b><i>Marco Teórico</i></b>                                                         | <b>4</b>  |
| 2.1       | Sistemas de reciclaje                                                               | 4         |
|           | Procesos posteriores a la clasificación                                             | 5         |
| 2.2       | Economía circular                                                                   | 7         |
| 2.3       | Sistemas de reciclaje en otros países                                               | 7         |
| <b>3.</b> | <b><i>Marco Legislativo</i></b>                                                     | <b>9</b>  |
| 3.2       | Normativa y legislación gestión de residuos en Italia                               | 9         |
| 3.2       | Legislación gestión de residuos en Chile                                            | 10        |
| <b>4</b>  | <b><i>Metodología</i></b>                                                           | <b>13</b> |
|           | Métodos de investigación                                                            | 13        |
| 4.1       | Revisión sistemática de literatura                                                  | 13        |
| 4.2       | Consultas y entrevistas semi estructuradas a agentes relevantes                     | 13        |
| 4.3       | Información proveniente de municipalidades                                          | 15        |
| 4.4       | Método comparativo                                                                  | 15        |
| <b>5</b>  | <b><i>Resultados</i></b>                                                            | <b>16</b> |
| 5.1       | Sistema reciclaje Región Emilia-Romaña (Italia)                                     | 16        |
| 5.1.1     | Sistema general de recolección de residuos diferenciados                            | 17        |
| 5.1.2     | El compostaje doméstico                                                             | 18        |
| 5.1.3     | Residuos indiferenciados                                                            | 19        |
| 5.1.4     | Residuos urbanos totales                                                            | 20        |
| 5.2       | Sistema reciclaje Región del Biobío (Chile)                                         | 21        |
| 5.2.1     | Puntos limpios gestionados por municipalidades                                      | 22        |
| 5.2.2     | Puntos limpios gestionados por empresas                                             | 24        |
| 5.2.3     | Residuos domiciliarios totales en la Región                                         | 25        |
| 5.3       | Comparación sistemas de reciclaje (Emilia-Romaña y Biobío)                          | 28        |
| 5.4       | Consideraciones para el futuro del reciclaje en la Región del Biobío                | 29        |
| 5.4.1     | Sistema tratamiento residuos no orgánicos                                           | 31        |
| 5.4.2     | Sistema tratamiento residuos orgánicos                                              | 31        |
| 5.4.3     | Áreas de mejora en la legislación chilena para la gestión de residuos domiciliarios | 32        |
| 5.5       | Fomento de cultura reciclaje en población                                           | 32        |
| <b>6</b>  | <b><i>Discusión y conclusiones</i></b>                                              | <b>36</b> |
| <b>7</b>  | <b><i>Referencias</i></b>                                                           | <b>42</b> |

## **Lista de Gráficos**

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1: Composición de los residuos urbanos en E-R el año 2022 .....                             | 18 |
| Gráfico 2: Distribución porcentual plantas gestión de residuos en la Región de E-R en 2022<br>..... | 20 |
| Gráfico 3: Composición de los residuos domiciliarios recuperados en Biobío el año 2023 ...          | 28 |

## **Lista de Figuras**

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Proceso de formación de una ley en Chile .....                | 11 |
| Figura 2: Diagrama de Flujo Sistema Reciclaje E-R.....                  | 21 |
| Figura 3: Diagrama de flujo proceso reciclaje Región del Bio-bío .....  | 27 |
| Figura 4: Flujo información para lograr una cultura del reciclaje ..... | 34 |
| Figura 5: Diagrama de Flujo para la Región del Bío-Bío .....            | 37 |



## Lista de tablas

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Tipos de plásticos reciclados en Chile.....                                 | 5  |
| Tabla 2: Puntos de Reciclaje en la Región del Biobío.....                            | 22 |
| Tabla 3: Residuos domiciliarios totales Región Biobío .....                          | 25 |
| Tabla 4: Comparación Sistemas de Reciclaje.....                                      | 29 |
| Tabla 5: Comunas que disponen de composteras domiciliarias en la Región Biobío ..... | 31 |
| Tabla 6: Empresas recicladoras .....                                                 | 49 |

# 1 Introducción

## 1.1 Antecedentes generales

La acumulación de residuos afecta diversos aspectos del medio ambiente a nivel global. Entre los principales contribuyentes al calentamiento global y la crisis climática que estamos viviendo hoy en día se encuentra la acumulación de residuos. Todos los residuos generan consecuencias negativas para el medio ambiente, pero en esta investigación se discutirán principalmente la gestión de los residuos domiciliarios <sup>1</sup>.

El ciclo de vida del plástico, desde su producción hasta su eliminación produce emisiones significativas de metano y etileno (Royer et al., 2018). Los plásticos tienen múltiples usos, siendo el principal los envases de comida. Estos envases tienen impactos medioambientales insostenibles, tales como el agotamiento de recursos, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la emisión de residuos sólidos (Accorsi et al., 2014). Además, la contaminación plástica tiene impactos en la biodiversidad y en la cadena alimentaria, afectando el bienestar animal y la salud humana (Thompson, 2015).

Por otro lado, los residuos orgánicos constituyen el 50% de la basura generada por los hogares en Chile (Ministerio del Medio Ambiente, 2018). Estos residuos causan diversos impactos ambientales, tales como la generación de lixiviados<sup>2</sup>, olores, gases de efecto invernadero (principalmente metano), y la proliferación de vectores<sup>3</sup>. La gestión inadecuada de los desechos orgánicos puede provocar la filtración de contaminantes en cuerpos de agua y afectar la fertilidad del suelo y la calidad de las tierras de cultivo (Ministerio del Medio Ambiente, 2019).

En este contexto, cabe mencionar que la Unión Europea cuenta con la legislación sobre residuos más avanzada del mundo (SPG, 2021). En Italia, país miembro de la Unión Europea, se ha mejorado significativamente la tasa de reciclaje en las últimas décadas. Por ejemplo, en 2020 se recicló el 72 % de la basura generada, en comparación con 1997, cuando el 80% de la basura terminaba en vertederos (Expatica, 2024). En la Región de Emilia-Romaña, al norte de Italia, la recolección selectiva de residuos domiciliarios alcanzó el 74% en 2022, superando el

---

<sup>1</sup> Los residuos domiciliarios corresponden a los residuos generados por las personas, por lo que no solo son los que se acopian en los hogares, sino también en establecimientos como colegio, universidades, escuelas, o restaurantes, bares, etc.

<sup>2</sup> Líquidos formados por los residuos orgánicos. Contaminan suelos y estos pierden la capacidad de sostener sus ecosistemas (Cedeño, 2022).

<sup>3</sup> Organismos vivos que pueden transmitir patógenos infecciosos entre personas, o de animales a personas (OMS, 2020).

umbral del 65% establecido como obligación normativa nacional en el art. 205 del Decreto Legislativo núm. 152/2006 (La gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna, 2023).

Emilia-Romaña es una región conocida por la eficiencia de su sistema de reciclaje. Por ejemplo, en 2017, la mayor parte de los residuos (alrededor de 322.714 toneladas) se procesaron mediante operaciones de reciclaje y/o valorización. Unas 58.270 toneladas de residuos fueron almacenadas para ser recicladas o recuperadas posteriormente, y 62.261 toneladas se valorizaron para la producción de combustible o energía (Foschi et al., 2021). Estas cifras demuestran la eficiencia de la región en su compromiso con la sostenibilidad.

En Chile, se generaron 7,7 millones de toneladas de residuos domiciliarios en 2019. De estos, el 80,1% fueron enviados a rellenos sanitarios, el 13,6% a vertederos y solo el 0,9% fue a algún tipo de valorización (Ministerio del Medio Ambiente, 2020). Estos porcentajes reflejan una urgente necesidad de mejorar la gestión de residuos.

La implementación del reciclaje de residuos urbanos en una comunidad implica considerar tanto aspectos técnicos como económicos. Además, requiere un esfuerzo colectivo que involucra a toda la sociedad, por lo que realizar una investigación sobre los actuales sistemas es un inicio para implementar un sistema de reciclaje viable y eficiente, promoviendo así una economía amigable con el medio ambiente.

La elección de centrar la investigación en la Región de Emilia-Romaña se debe principalmente a las similitudes culturales entre la población italiana y chilena. Al comparar los sistemas, el objetivo es utilizar las características del sistema italiano como una guía para las posibles aplicaciones de estas mismas en el sistema del Biobío.

## **1.1 Objetivos y descripción general del proyecto**

### **1.1.1 Objetivos**

#### **Objetivo general**

Investigar sobre el sistema de reciclaje de residuos domiciliarios en la Región de Emilia-Romaña y basándose en este proponer un sistema de gestión para residuos domiciliarios en la Región del Biobío.

#### **Objetivos específicos**

- O.E. 1: Analizar el funcionamiento del sistema de reciclaje de residuos domiciliarios en la Región de Emilia-Romaña.

- O.E. 2: Investigar sobre el sistema actual de reciclaje de residuos domiciliarios en la Región del Biobío.
- O.E. 3: Proponer consideraciones para mejorar el sistema de puntos de residuos domiciliarios de la Región del Biobío basadas en el sistema de Emilia-Romaña.

### **1.1.2 Aspectos generales de Metodología**

Para la realización de la presente memoria de título, primero se llevó a cabo una revisión de la literatura con el objetivo de comprender, por un lado, las principales características del reciclaje y la economía circular y, por otro lado, conocer el funcionamiento del sistema de reciclaje en la Región de Emilia-Romaña, en Italia y también el de otros países.

Posteriormente, se recopiló información específica del sistema de reciclaje de residuos domiciliarios en la Región del Biobío, incluyendo detalles tales como su alcance, recursos y materiales reciclados. Esto se realizó a través de la recopilación de datos mediante entrevistas a distintos agentes y la petición de información por la Ley de Transparencia. Además, se investigó qué sucede con los distintos materiales luego de su acopio.

Finalmente, se desarrolló una propuesta viable de características para gestionar los residuos domésticos en la Región del Biobío. Estas abordan aspectos como recursos disponibles y necesarios, la logística necesaria y los materiales que pueden ser reciclados. De esta manera, este estudio podrá servir de base en un futuro para la actualización del sistema actual de reciclaje de residuos domiciliarios de la Región del Biobío.

## **2 Marco Teórico**

El objetivo de este capítulo es proporcionar contexto sobre la creciente problemática del tratamiento de residuos. Es fundamental conocer las características y beneficios principales del reciclaje, los procesos posteriores a la selección de los residuos, las características de una economía circular y de qué manera se lleva a cabo el reciclaje en otros países.

### **2.1 Sistemas de reciclaje**

El reciclaje juega un papel fundamental en la reducción del volumen de residuos generados, siendo crucial tanto para el medio ambiente como para el bienestar de las personas. Adoptar un enfoque de economía circular beneficia tanto a nivel ambiental como económico, ya que al evitar que los productos y materiales se conviertan en desechos, se recupera un porcentaje considerable de los recursos utilizados para producirlos.

El agotamiento de los recursos naturales es una preocupación creciente, especialmente a medida que la población mundial aumenta y la actividad económica se expande. Desde la década de 1970 a la fecha, la población global se ha duplicado, mientras que el Producto Interno Bruto (PIB) mundial se ha cuadruplicado, lo que ha generado una demanda sin precedentes de recursos. La extracción mundial de recursos ha aumentado drásticamente, pasando de 27.000 millones de toneladas en 1970 a 92.000 millones de toneladas en 2017, es decir, se extraen tres veces más recursos (IRP, 2019).

El reciclaje también desempeña un papel crucial en la mitigación del cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Las emisiones asociadas con la producción de materiales como los metales, minerales, madera y plásticos constituyen aproximadamente el 25% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Además, se ha demostrado que el reciclaje de 1 tonelada de plástico puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> hasta en 3 toneladas, en comparación con la producción de la misma cantidad de plástico a partir de materias primas fósiles (National Geographic, 2023).

Por último, es importante destacar que la transición hacia una economía circular no solo tiene beneficios ambientales y económicos, sino que también puede ser una fuente significativa de empleo y mejora en las condiciones laborales. La adopción de medidas en el sector energético para limitar el calentamiento global a 2 grados centígrados para fines de siglo podría generar aproximadamente 24 millones de empleos. Sin embargo, es crucial asegurar que esta transición

proteja los derechos laborales y mitigue los impactos negativos sobre los trabajadores, ya que la degradación ambiental puede amenazar los puestos de trabajo y empeorar las condiciones laborales (ILO, 2018).

**Procesos posteriores a la clasificación**

Lo primero y más sencillo del reciclaje es la clasificación de los residuos y su acopio, luego deben ser procesados de acuerdo con su origen y al uso que se les dará. Por ejemplo, los papeles y cartones se incorporan a las líneas de producción para hacer cajas, envases y otros productos. Las latas se funden nuevamente para manufacturar nuevas latas, y el plástico se convierte en telas, botellas u otros elementos (Henríquez, 2023).

Existen 7 tipos de plásticos, y como norma general, cuanto más bajo es el número, más fácil es reciclar el plástico. En 2022, se reciclaron 106.870 toneladas de plástico en Chile, siendo el Polietileno (HDPE o número 2) y el Polipropileno (PP o número 5) los más frecuentemente reciclados, sumando un 71% de la producción total, seguidos por el PET, que concentra un 25% (Asipla, 2024). Si los segmentamos por valorización de residuos domiciliarios, estos se componen principalmente de PET, que concentran un 52% (Pacto Chileno de los plásticos, 2020). En la Tabla 1 se encuentran las características y ejemplos de los plásticos mencionados.

Tabla 1: Tipos de plásticos reciclados en Chile

| <i>Número</i> | <i>Tipo de plástico</i>             | <i>Ejemplos</i>                                        |
|---------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <i>1</i>      | PET (Tereftalato de polietileno)    | Botellas, vasos y contenedores de comida.              |
| <i>2</i>      | HDPE (Tereftalato de alta densidad) | Bidones y botellas de champús, detergentes y tuberías. |
| <i>5</i>      | PP (Polipropileno)                  | Envases cremas cosméticas, vasos, y envases de comida. |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede afirmar que el reciclaje de plásticos es particularmente difícil, ya que no todos los 7 tipos de plásticos se reciclan fácilmente. En Chile no todos los plásticos se pueden reciclar, solo se reciclan los plásticos 1 PET, 2 PEAD, 4 PEBD Y 5 PP rígido. Los que actualmente no se reciclan en Chile son 3 PVC, 5 PP flexible, 6 PS y 7 otros (García, 2022). Aun así, hay

algunas empresas dedicadas al reciclaje de plástico. En Chile, la mayoría de ellas se concentra en la Región Metropolitana, con un 64% ubicadas allí (Pacto Chileno de los plásticos, 2020). En la Región del Biobío, se encuentran las empresas Green Bricks y Cicla 3D las cuales usan plástico industrial para crear productos a partir de este material.

Green Bricks, empresa que produce bienes sustentables para la construcción, utiliza plástico reciclado en los adoquines de cemento y otros insumos para mejorar las propiedades de aislamiento térmico y acústico de estos productos (Henríquez, 2023).

Cicla 3D es una empresa que utiliza plástico para impresiones 3D a través de filamentos compuestos de PLA, un plástico que se basa en almidón de maíz y es biodegradable en condiciones industriales (V.Meza, comunicación personal, 28 de mayo 2024).

Además del plástico, otra área compleja de manejar en Chile es la gestión de residuos orgánicos. La adopción de un modelo de economía circular, que incluye estrategias como el compostaje, podría reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en 5,600 millones de toneladas, lo cual bajaría casi a la mitad las emisiones de este sector para el año 2050 (Ellen MacArthur Foundation, 2019; National Geographic, 2023). Para lograr el aprovechamiento de los residuos orgánicos se pueden utilizar plantas de compostaje, como la cual está ubicada en Santa Juana.

El compostaje es un proceso de transformación de residuos orgánicos, del cual se obtiene compost, un aditivo para el suelo rico en nutrientes. El compost o materia orgánica añadida al suelo mejora su estructura, textura, aireación y retención de agua. Mejora el crecimiento de las plantas, la capacidad de retención de agua y nutrientes de los suelos arenosos y aumenta los nutrientes esenciales de todos los suelos. Mezclar compost con la tierra también contribuye a controlar la erosión y a equilibrar el pH del suelo (Bradshaw-Rouse, 2023).

Además de proporcionar compost, los residuos orgánicos pueden crear energía, ya que la emisión del biogás proveniente de los residuos orgánicos al descomponerse se puede utilizar para propulsar generadores para producir electricidad. Esto se puede hacer a través de biodigestores. Un biodigestor es un recipiente o tanque (cerrado herméticamente) que se carga para propulsar generadores con lo que son los residuos orgánicos. En su interior se produce la descomposición de la materia orgánica para generar biogás, un combustible con el cual se puede cocinar, calentar agua y producir energía eléctrica, mediante un generador a gas (Fundación Aquae, 2021).

A través de la fermentación de los residuos orgánicos y en ausencia de oxígeno, se obtiene un gas combustible llamado “biogás”, que se puede utilizar para propulsar generadores para producir electricidad. Este biogás mencionado está compuesto principalmente por metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

## **2.2 Economía circular**

Como se mencionó anteriormente, el objetivo como sociedad es alcanzar una economía circular. La economía circular sigue los principios de reducir el uso de materias primas, reutilizar materiales para fabricar nuevos productos y reciclar los productos existentes (Sheposh, 2023).

Un modelo de economía circular requiere una nueva modalidad de producción, desde el origen de la idea y el diseño hasta la distribución, basándose en el crecimiento económico de la sociedad y la sustentabilidad ambiental (MacArthur, 2013).

En la práctica, la economía circular es un término que engloba una gran variedad de políticas infraestructurales, sociales y económicas que buscan minimizar los residuos (Blomsma y Brennan, 2017; Fitch-Roy, Benson, y Monciardini, 2019).

Políticamente se deben establecer legislaciones y normativas que apoyen esta economía; infraestructuralmente se deben organizar sistemas que aprovechen los productos reciclados en sus cadenas de producción; socialmente, la población debe estar informada sobre como reciclar y económicamente, se genera un aprovechamiento de las materias primas utilizadas para hacer los productos que se reciclarán.

## **2.3 Sistemas de reciclaje en otros países**

El reciclaje se ha convertido en una práctica global, y varios países son ejemplos destacados por los sistemas que han implementado. Dentro de la gestión de residuos están la exportación de ellos, el tratamiento de los residuos domiciliarios, la aplicación de multas y finalmente la creación y gestión de sistemas altamente eficientes. A continuación, se mencionarán algunos ejemplos.

En Japón, se trata el 85% de los residuos, ya que es un país que se centra en la incineración debido al reducido espacio para rellenos sanitarios (Rojas et al., 2020). Japón es uno de los países con mayor número de plantas de incineración, con aproximadamente 1,172 plantas y una capacidad de 182,683 toneladas por día, generando en 2013 cerca de 1,770,000 kilovatios.



La mayoría de estas plantas usan esta electricidad para su auto sostenimiento (EU-Japan Centre for Industrial Cooperation, 2015).

Otro país líder en el reciclaje es Bélgica, donde se utilizan bolsas oficiales para depositar los residuos y no está permitido usar otra bolsa. Bélgica utiliza el sistema de pago por generación de residuos denominado Pay-As-You-Throw (PAYT). En este sistema, las tasas que pagan los usuarios se modulan en función de la cantidad de residuos que entregan al sistema de gestión de residuos. El objetivo es aplicar el principio de "quien contamina, paga" (European Environment Agency, 2016a).

Por último, Los Países Bajos busca prevenir la generación de desechos, reciclarlos y reutilizarlos dentro de cada eslabón de la cadena de producción, con el fin de enviar la menor cantidad de residuos a los vertederos (European Environment Agency, 2016b). La infraestructura para la gestión de residuos sólidos consta de sistemas de recogida, una red de puntos de transbordo y separación, y un número limitado de opciones de desecho (Rojas et al., 2020). En 2022, el 79% de los residuos generados por la población de los Países Bajos fueron reciclados, siendo este uno de los más altos porcentajes de reciclaje de la Unión Europea.

### 3. Marco Legislativo

La base de una economía circular radica en el cumplimiento de las leyes que regulan el tratamiento de los residuos. Estas normativas buscan no solo la reducción de residuos sino también la promoción de prácticas más sostenibles y responsables, asegurando un manejo adecuado de los residuos. En este capítulo se mencionarán las normativas fundamentales para la industria del reciclaje y la gestión de residuos tanto en Italia como en Chile.

#### 3.2 Normativa y legislación para la gestión de residuos en Italia

Como Italia pertenece a la Unión Europea, debe seguir directrices impuestas por el Parlamento Europeo y el Consejo Europeo. Las siguientes siete directivas y reglamentos son las principales que se deben tomar en consideración para entender cómo se gestionan los residuos (ordenadas por fecha de antigüedad):

**1. Directiva 2008/98/CE sobre los residuos:** Establece un marco jurídico para el tratamiento de los residuos, anulando determinados reglamentos anteriores y promoviendo la jerarquía de residuos (reducción, reutilización, reciclaje, compostaje, valorización y eliminación).

**2. Directiva 2012/19/UE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE):** Regula la gestión de residuos provenientes de dispositivos eléctricos y electrónicos, abordando desafíos específicos como el diseño de productos y la recogida selectiva.

**3. Directiva (UE) 2015/720 sobre la reducción del consumo de bolsas de plástico:** Incluye medidas como objetivos nacionales de reducción del consumo de bolsas de plástico y restricciones de su comercialización. Desde 2019, no se entregan bolsas de plástico gratuitas en ningún establecimiento comercial.

**4. Directiva (UE) 2018/850 sobre el vertido de residuos:** Establece medidas, procedimientos y orientaciones para impedir los efectos negativos del vertido de residuos. Incluye la adopción de medidas para impedir que los residuos recogidos por recolección selectiva puedan ser admitidos en vertederos (Parlamento Europeo, 2018).

**5. Reglamento (UE) 2019/904 sobre la reducción del impacto de determinados productos plásticos:** Abarca medidas que incluyen objetivos nacionales de reducción del consumo, y asegura que se ofrezcan alternativas reutilizables a los productos de plástico de un solo uso y que estos no se ofrezcan de forma gratuita.

**6. Reglamento (UE) 2023/1542 sobre pilas y baterías:** Regula la gestión de pilas y baterías, incluyendo la disposición a la recogida de residuos de este tipo.

**7. Reglamento (UE) 2024/1157 sobre traslado de residuos:** Aborda el comercio justo y sostenible de materias primas recicladas para un mercado competitivo para los recicladores europeos, buscando prevenir los traslados ilegales de residuos (García-Franco, 2023).

Italia tiene facultades para promulgar leyes regionales. Las principales normas que regulan la gestión de residuos en la Región de Emilia-Romaña son las siguientes (ordenadas por fecha de antigüedad):

- 1. Resolución n° 135 del Consejo Regional de 11 de febrero de 2013:** Disposiciones sobre la determinación de la tasa tarifaria por eliminación de residuos urbanos.
- 2. Ley regional n° 16 de 5 de octubre de 2015:** Disposiciones de apoyo a la economía circular, la reducción de la producción de residuos urbanos, la reutilización de bienes al final de su vida útil y la recogida selectiva de residuos.
- 3. Resolución del Consejo Regional n° 2000 de 11 de noviembre de 2019:** Estrategia regional para la reducción del impacto de los plásticos en el medio ambiente.
- 4. Resolución n° 2347 del Consejo Regional de 22 de noviembre de 2019:** Primera aplicación de los criterios técnicos para la mitigación de los impactos ambientales y territoriales de las plantas de valorización energética de residuos para la producción de biogás y biometano.

### **3.2 Normativa y legislación para la gestión de residuos en Chile**

Primero, de acuerdo con el Decreto Supremo N° 189, se refiere a residuos sólidos domiciliarios como “residuos sólidos, basuras, desechos o desperdicios generados en viviendas y en establecimientos tales como edificios habitacionales, locales comerciales, locales de expendio de alimentos, hoteles, establecimientos educacionales y cárceles” (Vivanco, 2022).

Luego, hay que mencionar que la primera ley de protección del medioambiente que se dictó en Chile fue la ley 19.300. Esta fue promulgada en 1994 y tiene por objeto darle un contenido concreto y un desarrollo jurídico adecuado a la garantía constitucional que asegura a todas las personas el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación (Biblioteca del Congreso Nacional, 1994).

Ahondando en lo que respecta la regulación de gestión de residuos, en Chile se destaca la siguiente legislación (ordenada por fecha de antigüedad):

- 1. Decreto Supremo N° 7/2017. Reglamento del Fondo para el Reciclaje:** Indica que el Ministerio del Medio Ambiente contará con un fondo para la prevención de la generación, el fomento de la reutilización y la valorización de residuos. El objeto será

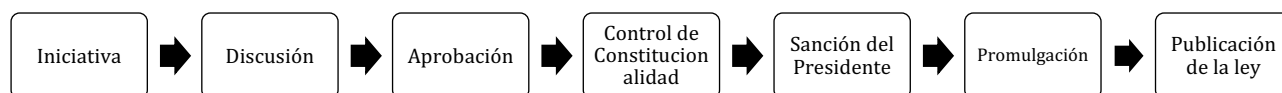
financiar total o parcialmente proyectos, programas y acciones para prevenir la generación de residuos, fomentar su separación en origen, recolección selectiva, reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, ejecutados por municipalidades o asociaciones de éstas (Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, 2018).

2. **Política Nacional de Residuos Sólidos 2018 – 2030:** Actualmente Chile cuenta con este documento que establece las directrices para la gestión integral de los residuos.
3. **Ley 21.100 (2018):** Prohíbe la entrega de bolsas plásticas de comercio en todo el territorio nacional (Biblioteca Del Congreso Nacional, 2018).
4. **Ley de Reciclaje y Responsabilidad Extendida del Productor (REP) (2020):** Obliga a los fabricantes e importadores a recuperar un porcentaje de los productos al finalizar su vida útil (Gobierno de Chile, 2020). Esta ley se discutirá más adelante ya que hay varias aristas de ella que se cuestionan hoy en día.
5. **Ley 21.368 (Ley PUSU) (2021):** Regula la entrega de plásticos de un solo uso y las botellas plásticas, con el objetivo de proteger el medio ambiente y reducir la generación de residuos (Biblioteca Del Congreso Nacional, 2021).

### 3.3 Proceso de formación de una Ley en Chile

En lo que respecta al proceso de formulación de una ley, observar la Figura 1.

*Figura 1: Proceso de formación de una ley en Chile*



Fuente: Elaboración propia, según información obtenida en Biblioteca del Congreso Nacional.

1. Iniciativa: corresponde al acto por el cual se presenta un proyecto de ley ante alguna de las dos cámaras del Congreso, la Cámara de Diputados o el Senado. En Chile, tienen iniciativa legislativa el presidente de la República (por mensaje) y los parlamentarios mediante una moción, que debe ser firmada por al menos un parlamentario y máximo por 5 senadores o 10 diputados.

2. **Discusión:** Es el estudio y análisis del proyecto de ley que llevan a cabo los parlamentarios sobre el mismo, incluyendo el pertinente debate a que da lugar. Puede ser en comisiones especializadas o en la sala. Debe existir una discusión general y luego una discusión en particular de cada uno de los artículos del proyecto.

3. **Aprobación:** las cámaras prestan su conformidad al proyecto, luego de agotada la discusión. El proyecto, con las modificaciones introducidas durante la etapa anterior, debe ser aprobado por ambas cámaras. El quórum depende de la clase de proyecto de ley que se trate. Por ejemplo, si se regulara la materia por una ley simple o común, requeriría del voto favorable de la mayoría de los presentes en la cámara respectiva.

4. **Control de Constitucionalidad:** se refiere a aquel control de constitucionalidad que se efectúa sobre un proyecto de ley, antes de su promulgación por parte del Tribunal Constitucional. No todos los proyectos de ley pasan por esta etapa, para algunos es un trámite obligatorio, pero para otros es simplemente facultativo, si así lo solicita el presidente de la República, una de las cámaras o una  $\frac{1}{4}$  parte de sus miembros en ejercicio.

5. **Sanción del presidente:** presta su conformidad al proyecto ya aprobado por el Congreso, debe pronunciarse dentro de 30 días contados desde que recibió el proyecto.

6. **Promulgación de la ley:** el presidente de la República deja constancia de la existencia de la ley, fija su texto y ordena cumplirla, a través de un decreto supremo (decreto promulgatorio).

7. **Publicación de la ley:** se da a conocer la ley a todas las personas y se realiza mediante su inserción en el Diario Oficial. A partir de la fecha de publicación se entiende que la ley es obligatoria para todos, a menos que la propia ley indique una fecha o fechas distintas de entrada en vigencia. Nadie podrá alegar ignorancia de la ley después de que esta haya entrado en vigencia (art. 8 Código Civil).

Desde 2016, con respecto al reciclaje y la gestión de residuos en Chile, está vigente la Ley REP (20.920). Esta ley estipula en su Artículo 1º que su objetivo es disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016).

## **4 Metodología**

En este capítulo se presenta la estrategia y los métodos utilizados para realizar el presente estudio.

En los métodos de investigación se describe la realización de la revisión sistemática de literatura, las entrevistas realizadas, las solicitudes de información y, finalmente, el método comparativo utilizado.

### **Métodos de investigación**

#### **4.1 Revisión sistemática de literatura**

Una revisión sistemática se define como un estudio integrativo, observacional y retrospectivo en el cual se combinan estudios que investigan una misma incógnita. De esta forma, se puede resumir la literatura del tema de interés de manera estructurada y clara. Para el presente estudio, se planteó como objetivo conocer el funcionamiento de los sistemas de reciclaje, las especificaciones de la economía circular y el reciclaje en el contexto internacional.

Se realizaron múltiples búsquedas en las siguientes plataformas: Bibliotecas de la Universidad de Concepción, Google Académico y SCOPUS. Las principales búsquedas fueron hechas utilizando las siguientes palabras clave: SISTEMAS DE RECICLAJE, RECICLAJE, RESIDUOS DOMICILIARIOS, RECICLAJE PLÁSTICO, PLASTIC RECYCLING, RECYCLING SYSTEMS, CIRCULAR ECONOMY.

Se revisaron un total de 79 artículos, se descargaron un total de 45 y se seleccionaron un total de 23 para la revisión de literatura de esta investigación.

#### **4.2 Consultas y entrevistas semi estructuradas a agentes relevantes**

La entrevista es un método de recolección de datos que consiste en realizar preguntas a personas naturales para así conocer su opinión sobre un tema en particular. Tienen un carácter cualitativo por lo que se centran en la experiencia personal y su objetivo principal es conocer los comportamientos, actitudes y opiniones de las personas.

En esta instancia se utilizaron entrevistas semi estructuradas para que hubiera cierta flexibilidad según fueran las respuestas de los entrevistados, de acuerdo con la labor que desempeñaban cada uno de ellos.

El ciclo del sistema de reciclaje en Chile se puede dividir a partir de quienes están involucrados en él. La ley REP los clasifica en los siguientes (Ministerio del Medio Ambiente, 2024):

- **Productores de Productos prioritarios:** Quienes pone por primera vez un producto prioritario en mercado nacional (es el principal regulado por la Ley).
- **Sistemas de gestión:** Institución sin fines de lucro que es el mecanismo instrumental para que los productores den cumplimiento a las obligaciones establecidas por la REP a través de un plan de gestión.
- **Gestores de residuos:** Personas naturales o jurídicas que realiza cualquiera de las operaciones de manejo de residuos.
- **Municipios:** El actor clave en el territorio que queda facultado para celebrar convenios con los sistemas de gestión y con recicladores de base.
- **Ministerio del Medio Ambiente:** Encargado de establecer mediante Decretos Supremos las metas de recolección como de valorización de los residuos de productos prioritarios.
- **Superintendencia del Medio Ambiente:** Órgano competente para fiscalizar el cumplimiento de los instrumentos establecidos en la Ley e imponer sanciones en conformidad a su Ley orgánica.

Se consultó a los siguientes agentes (Revisar Anexo 1):

- Juan Cruz, Encargado Del Reciclaje Comunal en la Dirección de Medio Ambiente de la Municipalidad de Chiguayante.
- Natalia Espinoza, del Departamento Gestión Ambiental en la Municipalidad de San Pedro.
- Ariel Henríquez, supervisor de los Puntos Triciclos en la Región del Biobío (Empresa que realiza el acopio de variados materiales para su reciclaje).
- Green Bricks, empresa de reciclaje de plástico ubicada en la Región del Biobío.
- Valentina Meza, COO de CICLA 3D, empresa de reciclaje de plástico en la Región del Biobío.
- Pamela Becerra, quien es recicladora de base en el Punto Triciclos de Collao.
- Patricia Hormázabal, de la Oficina de Economía Circular e Implementación Legislativa del Ministerio del Medio Ambiente.

### **4.3 Información proveniente de municipalidades**

Como el Sistema de reciclaje de residuos domiciliarios es administrado por las distintas municipalidades de cada comuna, se realizaron peticiones de información través de la Ley de Transparencia y se solicitó la información sobre: la generación de residuos domiciliarios, los puntos limpios existentes en cada comuna y la cantidad y tipo de materiales reciclados.

Se realizaron solicitudes a las 33 municipalidades de la Región del Biobío y se obtuvo respuesta de 29 de ellas.

### **4.4 Método comparativo**

El método comparativo es una herramienta que permite comparar y analizar dos o más elementos, con el objetivo de obtener información respecto a las características de los elementos seleccionados.

Este método se utilizó para analizar los sistemas de reciclaje utilizados en las regiones de Emilia Romagna y del Bío-Bío con la finalidad de obtener las diferencias entre ambos sistemas.

Para determinar sus diferencias, se obtuvieron los siguientes datos para cada provincia:

- Porcentaje de residuos domiciliarios recuperados (materiales en común)
- Transporte de materiales (cantidad/funcionamiento o frecuencia)
- Plantas de tratamiento de residuos domiciliarios en las Regiones

El objetivo de este método es identificar las principales características y consideraciones que se pueden replicar del sistema de reciclaje de residuos domiciliarios de la Región de Emilia-Romana para el de la Región del Biobío.



## 5 Resultados

En este capítulo se discutirán los detalles del sistema de reciclaje de la Región de Emilia-Romaña (E-R), las características del sistema de la Región del Biobío, una comparación entre ambos sistemas, las recomendaciones principales para el futuro del reciclaje en la Región del Biobío (sistemática y legislativamente) y de qué manera abordar el fomento de la cultura del reciclaje en la población.

### 5.1 Sistema reciclaje Región Emilia-Romaña (Italia)

En Europa, la recuperación energética y el reciclaje son las principales formas de gestión de residuos. Una de las formas de gestionar los residuos que no se pueden reciclar en la UE es exportarlos a otros países que si lo pueden hacer. En 2022, el 39 % de los residuos de la UE se destinaron a Turquía (12,5 millones de toneladas), seguida de India (3,5 millones de toneladas). El 55% de los residuos exportados corresponde a chatarra de metales ferrosos (hierro y acero), que se enviaron principalmente a Turquía. A India se exportaron mayoritariamente los residuos de papel (Parlamento Europeo, 2024).

En Italia, la recogida selectiva de residuos es obligatoria desde 2015, pero presenta diferencias entre regiones y municipios, tanto en el funcionamiento como en los resultados obtenidos. El sistema italiano de gestión de residuos se divide según el origen de estos de la siguiente manera: los residuos municipales (residuos domésticos y similares) que están regulados por los consorcios nacionales de residuos, mientras que los residuos especiales (provenientes de actividades industriales/comerciales) son gestionados por consorcios independientes o empresas privadas (Foschi et al., 2021).

La Región de E-R se sitúa al norte de Italia, abarca un total de nueve ciudades y 331 municipios. El sistema de reciclaje aplicado en esta Región se rige a través del Decreto Ronchi, que establece la legislación sobre eliminación de residuos. Con este decreto, la legislación italiana comenzó a abordar la gestión de residuos desde 1997. Además, se ha realizado una actualización de la definición de residuos urbanos según los cambios introducidos por el Decreto Legislativo 213/22. Estos cambios especifican qué tipos de residuos se consideran urbanos y están sujetos a una gestión particular (Benedetti et al., 2023).

La definición de Residuos Urbanos (o Residuos Municipales) incluye principalmente papel y cartón, vidrio, metales, plásticos, residuos orgánicos, madera, textiles, embalajes, residuos de aparatos

eléctricos y electrónicos, residuos de pilas y acumuladores, así como residuos voluminosos como colchones y muebles (Benedetti et al., 2023).

El sistema de gestión de residuos domiciliarios en E-R se puede dividir en 3 categorías: el de residuos diferenciados, el de compostaje doméstico y el de residuos indiferenciados. Estos se especifican en las siguientes secciones.

Junto con esto, y según la legislación vigente, la recogida y el transporte tanto de residuos urbanos diferenciados como indiferenciados son realizados por las empresas a las que Agencia Territorial de Emilia-Romaña para los Residuos y los Servicios de Residuos (Atersir) ha encomendado el servicio de gestión de los residuos urbanos (Benedetti et al., 2023).

### **5.1.1 Sistema general de recolección de residuos diferenciados**

Los residuos diferenciados son los residuos sólidos que pueden ser clasificados y reciclados a través de tratamientos específicos según el material a reciclar. Las modalidades de recogida de residuos diferenciados en Emilia-Romaña se dividen según las indicaciones contenidas en el Decreto Legislativo 2147/18. Las principales modalidades son:

- Puerta a puerta/doméstico: implica que la recogida se realiza a domicilio mediante bolsas, cubos, etc., con un horario preestablecido. Esta modalidad corresponde a la utilizada para los residuos orgánicos, explicada más en detalle en la siguiente sección.
- Contenedores en la calle: significa que la recogida se realiza mediante contenedores colocados en terrenos públicos, a disposición de todos. Esta modalidad es utilizada principalmente para los residuos diferenciados tales como papel y cartón, vidrio y plásticos.
- Puntos de recogida: residuos municipales entregados directamente por los usuarios en los puntos de recogida. Esta modalidad es utilizada para determinados tipos de residuos como verde<sup>4</sup>, metales y madera (Benedetti et al., 2023).

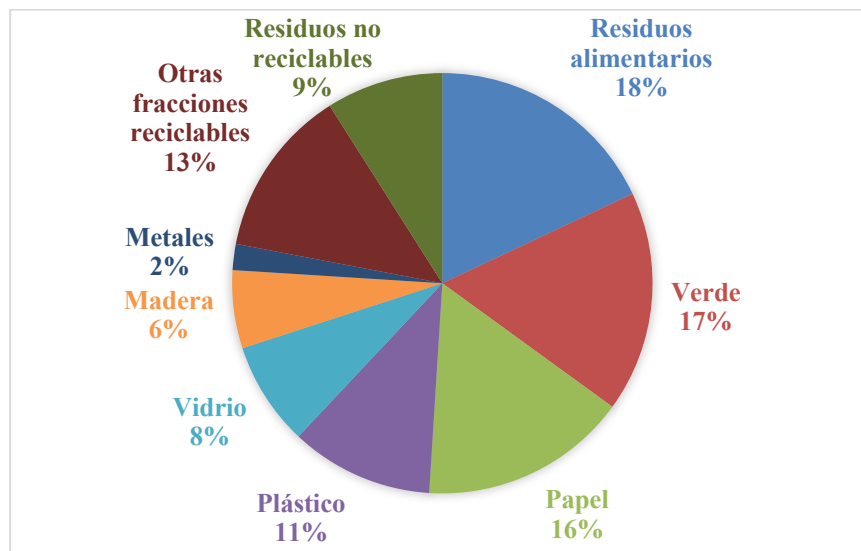
El año 2022, el 25% de los residuos diferenciados se recogieron a través de la modalidad puerta a puerta, el 32% a través de contenedores en la calle y el 24% a través de puntos de recogida. Estas tres modalidades corresponden a las más utilizadas en la región, abarcando la gestión de un total de 81% de los residuos domiciliarios.

---

<sup>4</sup> Los desechos verdes son materia orgánica de plantas, árboles, arbustos, flores, recortes de césped, hojas caídas, ramas y desechos de jardinería en general (Multitanks International, 2023).

En el Gráfico 1 se puede observar cuáles son los materiales más comunes de los residuos urbanos diferenciados en la Región de E-R.

Gráfico 1: Composición de los residuos urbanos en E-R el año 2022



Fuente: Report Rifiuti 2023.

Como es mencionado anteriormente, de los residuos domiciliarios más problemáticos está el plástico, siendo este el cuarto residuo más común en los residuos diferenciados urbanos en E-R. Los residuos plásticos italianos son gestionados por una multitud de consorcios nacionales e independientes y empresas privadas (Foschi, 2019).

El año 2017 se procesaron un total de 448.539 toneladas de residuos plásticos en la Región: el 27% de estos provino de la actividad regional y el 73% de otras regiones y países (Foschi, 2019). De acuerdo con esto se puede afirmar que la Región de Emilia-Romaña además de tener la capacidad de gestionar este tipo de residuo generado en su propia Región, puede además hacerlo para los de otros lugares.

### 5.1.2 El compostaje doméstico

Los residuos orgánicos se gestionan de acuerdo con la modalidad puerta a puerta, proporcionándole a cada hogar un contenedor de color específico (en este caso de color café) para depositar los restos de comida o desechos alimentarios (incluidos los papeles de uso doméstico). Estos contenedores son vertidos en un camión 2 veces a la semana en los días designados para cada zona específica de la Región, por lo que se deben dejar en la calle la noche anterior.

Este sistema debe cumplir las condiciones establecidas en el Decreto Legislativo 2218/16, tales como:

- La práctica del compostaje doméstico debe estar prevista de acuerdo con la normativa municipal de gestión de residuos.
- La regulación de la TARI (Tasa de residuos en E-R, destinada a financiar los costos del servicio de recogida, tratamiento y eliminación de residuos) debe prever una reducción tarifaria para los usuarios que practiquen el compostaje.

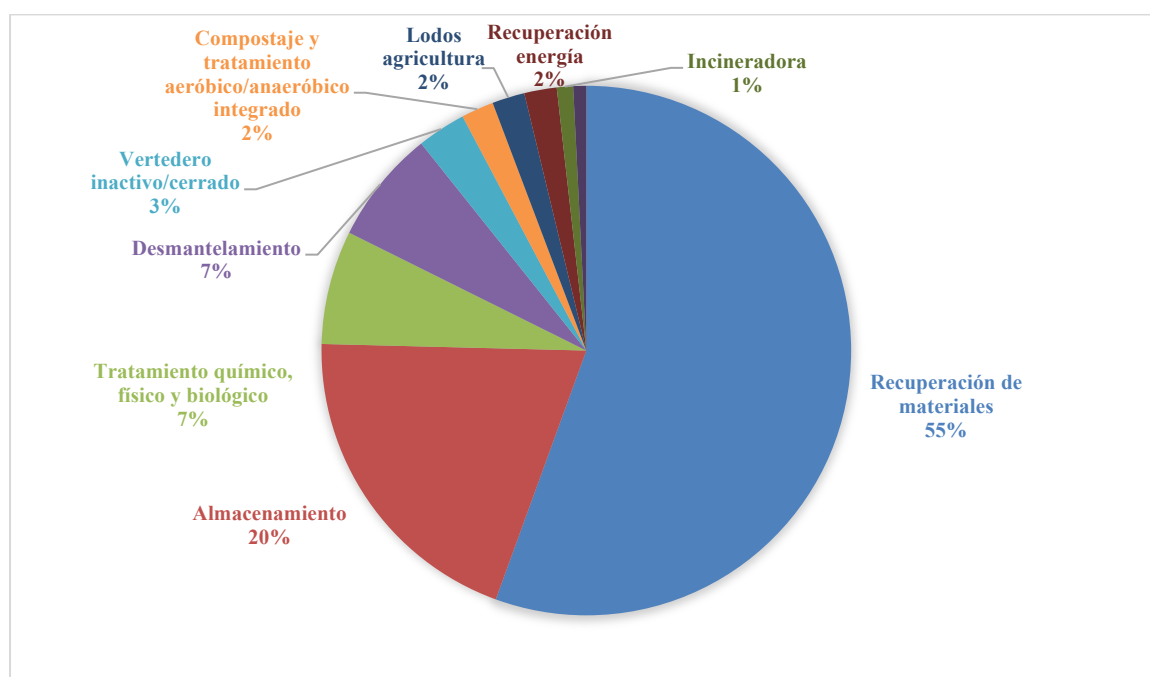
La Región de E-R cuenta con un sistema de plantas dedicadas a la gestión de residuos orgánicos, constituido por 24 plantas de compostaje y tratamiento integrado aeróbico/anaeróbico. Estas plantas trataron un total de 721.181 toneladas de residuos el año 2022, con las cuales se produjeron un total de más de 182.046 toneladas de compost, 13.572.271 Sm<sup>3</sup> de biometano y 17.382.427 Nm<sup>3</sup> de biogás, a partir de los cuales se generaron 38.818 MWh de electricidad (Benedetti et al., 2023).

### **5.1.3 Residuos indiferenciados**

También se recolecta la denominada “basura indiferenciada” (Residuos Indiferenciados), que corresponde al porcentaje de residuos que no son reciclables ni reciclados por los usuarios. Estos residuos se retiran a través de la modalidad puerta a puerta, en días específicos de la semana dependiendo de la zona y en un contenedor de color específico (en este caso de color gris).

En la Región de E-R existe un sistema de plantas regionales que son capaces de satisfacer las necesidades de tratamiento o eliminación de residuos indiferenciados. La distribución de estas plantas se puede observar en el Gráfico 2.

Gráfico 2: Distribución porcentual plantas gestión de residuos en la Región de E-R en 2022



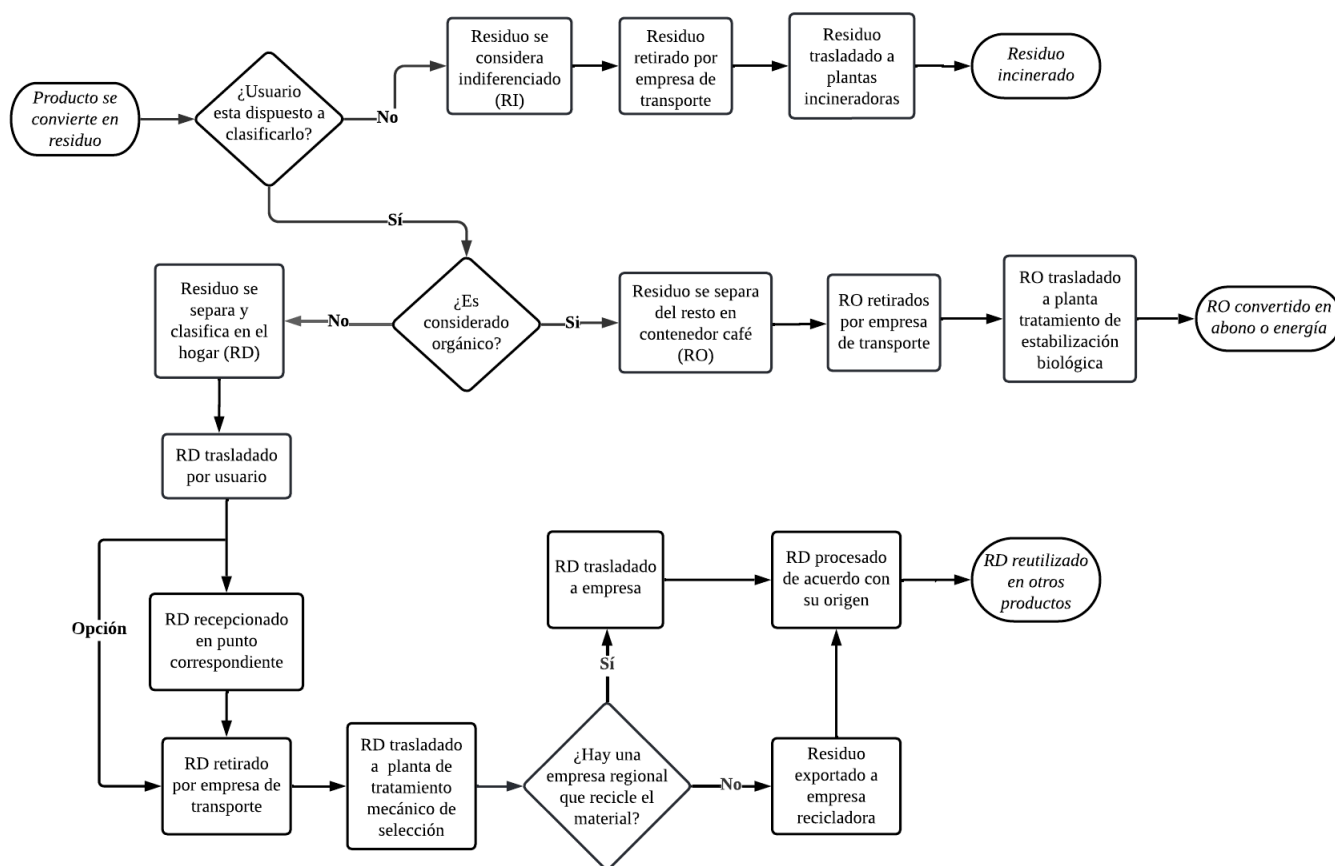
Fuente: Report Rifiuti 2023.

#### 5.1.4 Residuos urbanos totales

El año 2022 en la Región de Emilia-Romaña se generaron un total de 2.801.831 toneladas de residuos urbanos, lo que corresponde a una producción per cápita de 628 kg/habitante.

El sistema de gestión de residuos urbanos de la Región de E-R se puede observar en el Diagrama de Flujo de la Fig. 1.

Figura 2: Diagrama de Flujo Sistema Reciclaje E-R



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con la información obtenida de La Gestione Dei Rifiuti in E-R 2023.

De acuerdo con lo observado en la Figura 2, el 75% de los residuos domiciliarios en la Región de E-R son reutilizados o recuperados.

## 5.2 Sistema reciclaje Región del Biobío (Chile)

Como es mencionado en los antecedentes generales, en Chile la recuperación de materiales de residuos domiciliarios no es una prioridad. De acuerdo con la información obtenida en la Región solo se recuperó menos del 1% de los residuos domiciliarios generados el año 2023. Además, existen escasas plantas de tratamiento de residuos domiciliarios en la Región del Biobío, en contraste con la Región Metropolitana, la cual concentra el 95% de plantas de reciclaje del país.

La Región del Biobío corresponde a la octava Región de Chile, abarcando tres provincias en las cuales se encuentran treinta y una ciudades. De acuerdo con el Informe sobre las Acciones Del Programa Regional de Reciclaje existe un punto de reciclaje cada 14 manzanas (Henríquez, 2023).

Existen dos tipos de puntos de reciclaje hoy en día en la Región del Biobío. En primer lugar están los puntos que son gestionados por las municipalidades de cada comuna (mayoritariamente para botellas plásticas y de vidrio) y los que están gestionados por empresas privadas (que reciben otro tipo de residuos). Ambos tipos de puntos se detallan a continuación en las siguientes secciones.

5.2.1 Puntos limpios gestionados por municipalidades

Primero, los puntos que están gestionados por municipalidades son mayoritariamente para botellas de plástico (PET 1) y botellas de vidrio. Las botellas PET 1 son tratadas por distintas plantas dependiendo de la comuna, por ejemplo en San Pedro de la Paz BioClean. Las botellas de vidrio son recicladas por la empresa Cristoro, que se encuentra en la Región Metropolitana y corresponde a una empresa chilena con trayectoria en la producción y comercialización de envases de vidrio.

Además, existen puntos limpios para reciclar papel, cartón, latas y plástico (fijos y en formato móvil). Estos varían tanto en su cantidad como la existencia de ellos en cada comuna. La rotación de los puntos móviles se realiza de acuerdo a eventos realizados en cada comuna, por ejemplo en San Pedro de la Paz los puntos móviles existentes va rotando en colegios y ferias. (N. Espinoza, comunicación personal, 10 de junio 2024)

También, en algunas comunas, hay puntos para el depósito de aceite vegetales y composteras para el compostaje domiciliario. Los detalles de los principales puntos de reciclaje gestionados por las municipalidades se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2: Puntos de Reciclaje en la Región del Biobío

| <i>Ciudad</i>                   |                    | <i>Puntos<br/>limpios*</i> | <i>Puntos<br/>limpios<br/>móviles</i> | <i>Contenedores<br/>metálicos para<br/>botellas<br/>plásticas</i> | <i>Campanas<br/>para<br/>reciclaje de<br/>vidrio</i> |
|---------------------------------|--------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <i>Provincia<br/>Concepción</i> | <i>Lota</i>        | 2                          | 0                                     | 15                                                                | 22                                                   |
|                                 | <i>Chiguayante</i> | 6                          | 1                                     | 75                                                                | 70                                                   |
|                                 | <i>Tomé</i>        | 4                          | 0                                     | 25                                                                | 45                                                   |
|                                 | <i>Hualqui</i>     | 3                          | 0                                     | 35                                                                | 20                                                   |
|                                 | <i>Talcahuano</i>  | 2                          | 0                                     | 37                                                                | 74                                                   |

|                            |           |          |            |            |
|----------------------------|-----------|----------|------------|------------|
| <i>Concepción</i>          | 0         | 2        | 65         | 92         |
| <i>San Pedro de la Paz</i> | 12        | 2        | 0          | 39         |
| <i>Contulmo</i>            | 5         | 3        | 9          | 4          |
| <i>Lebu</i>                | 6         | 0        | 33         | 16         |
| <i>Los Álamos</i>          | 3         | 0        | 2          | 13         |
| <i>Los Ángeles</i>         | 15        | 0        | 96         | 84         |
| <i>Cabrero</i>             | 5         | 0        | 0          | 13         |
| <i>Tucapel</i>             | 12        | 0        | 12         | 12         |
| <i>Quileco</i>             | 2         | 0        | 22         | 0          |
| <i>Nacimiento</i>          | 3         | 1        | 8          | 11         |
| <i>Laja</i>                | 3         | 0        | 29         | 18         |
| <i>Yumbel</i>              | 2         | 0        | 15         | 7          |
| <b><i>TOTAL</i></b>        | <b>85</b> | <b>9</b> | <b>490</b> | <b>556</b> |

**Observación: Los puntos limpios\* generalmente se acopian PET 1, papel y cartón, latas.**

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con información obtenida de Municipalidades (Ley Transparencia).

Con respecto a la Tabla 2, cabe mencionar que los dos materiales que más puntos de reciclaje hay en la Región son el vidrio y el plástico PET 1.

En este contexto hay que mencionad que, dependiendo de la comuna, se acopian distintos materiales, además de los de la Tabla 2. Algunas comunas tienen puntos para otros tipos de plástico (como el de las tapas plásticas, 2 HDPE y 4 PS) y varias comunas de la Región tienen para recuperar aceites vegetales, etc.



### 5.2.2 Puntos limpios gestionados por empresas

El segundo tipo de puntos son los gestionados por empresas privadas, como lo hace la empresa Triciclos. Esta empresa diseña e implementa soluciones para eliminar el concepto de basura. Actúan en toda la cadena de producción, consumo y descarte de materiales y tiene sedes en Brasil, Colombia y Chile.

En Concepción, está principalmente el Punto limpio ubicado en Sodimac Mirador Biobío. Este punto en particular tiene gran variedad de materiales que se pueden reciclar.

En la Región del Biobío hay 5 puntos limpios triciclos en la Región, el principal es el que se encuentra en Sodimac Mirador Bio Bío en Av. Los Carrera Poniente 301. Este punto en particular es el que recibe todo tipo de materiales reciclables. Estos son: Papel blanco, otros papeles, cartón, tetra packs, PET transparente, PET azul, PET verde, PE bolsa (4), PE rígido (2), PP rígido y flexible (5), aluminio y otros metales, dispositivos electrónicos y pilas.

Triciclos no recicla plásticos nº7, no los reciben ya que actualmente no existe la capacidad de transformación post consumo en Chile.

Actualmente, los materiales acopiados en los puntos de Triciclos se envían a la Región Metropolitana debido a la escasez de empresas recicladoras en la Región del Biobío. El envío se organiza en función del espacio disponible en la bodega de Sodimac y generalmente se realiza cada 15 días, con un costo de 600 mil pesos. Se recolecta un aproximado de 15 toneladas de material cada mes, lo que equivale a unas 180 toneladas anuales. El material más recolectado es el cartón, con aproximadamente 7 toneladas mensuales (A. Henríquez, comunicación personal, 4 de junio de 2024).

Los recicladores de base son fundamentales en el proceso de reciclaje tanto en el país como en América Latina. Son personas naturales, quienes la mayoría, han dedicado casi toda a su vida a darle una segunda oportunidad a residuos reciclables (Henríquez, 2023).

Dado que actualmente casi no existen empresas recicladoras de residuos domiciliarios en la Región del Biobío, luego de la recolección y clasificación de materiales, se realiza principalmente el proceso de valorización de estos. Esto lo realizan los recicladores de base, quienes deben vender los materiales por kilo, de acuerdo con el precio de mercado. Este es fijado por la empresa compradora y se puede definir como un monopolio. Hoy en día, el PET 1 se vende a 50 pesos el kilo, el cartón

a 10 pesos el kilo y el papel blanco a 100 pesos el kilo. El cartón ya no es rentable enfardarlo ya que el precio de compra es demasiado bajo (P. Becerra, comunicación personal, 28 de mayo de 2024).

La mayoría de las municipalidades de la Región cuentan con la ayuda de recicladores de base para realizar el pretratamiento de los residuos domiciliarios reciclables. Este pretratamiento consiste en volver a clasificar los residuos y hacer fardos de estos para su posterior venta. Por ejemplo, la Municipalidad de Chiguayante tiene un convenio con la Agrupación de Recicladores de Base de Chiguayante, quienes realizan este proceso diariamente. La planta de pretratamiento se encuentra ubicada en una cancha abandonada de la comuna, donde trabajan de 3 a 5 recicladores de base cada día clasificando los materiales (J. Cruz, comunicación personal, 27 de mayo de 2024).

5.2.3 Residuos domiciliarios totales en la Región

Cómo los puntos limpios son gestionados por distintas entidades, la cantidad de material recuperado depende de la ciudad, ya que hay comunas que no gestionan el reciclaje de residuos domiciliarios a través de las entidades públicas. Por ejemplo, la Municipalidad de Antuco no gestiona las botellas plásticas y de vidrio como lo hacen casi todas las municipalidades, sino que existe una organización llamada “Antuco sin contaminación” que administra el reciclaje de distintos residuos.

En la Tabla 3 se pueden observar los residuos domiciliarios totales y los recuperados el año 2023.

Tabla 3: Residuos domiciliarios totales Región Biobío

| <i>Ciudad</i>               |                   | <i>Residuos domiciliarios (ton/año)</i> | <i>Residuos recuperados* (ton/año)</i> | <i>Porcentaje de recuperación (%)</i> |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Provincia Concepción</i> | <i>Lota</i>       | 16.717                                  | 60                                     | 0,4                                   |
|                             | <i>Penco</i>      | 17.296                                  | 104                                    | 0,6                                   |
|                             | <i>Hualqui</i>    | 9.074                                   | 24                                     | 0,3                                   |
|                             | <i>Talcahuano</i> | 66.275                                  | 845                                    | 1,3                                   |
|                             | <i>Hualpén</i>    | 36953                                   | 397                                    | 1,1                                   |
|                             | <i>Concepción</i> | 99.290                                  | 1152                                   | 1,2                                   |

|                            |                      |                   |             |      |
|----------------------------|----------------------|-------------------|-------------|------|
|                            | <i>Santa Juana</i>   | 45                | 186         | 24,2 |
|                            | <i>Coronel</i>       | 51.588.060        | 148         | 0,0  |
| <i>Provincia de Arauco</i> | <i>Arauco</i>        | 191               | 12842       | 1,5  |
|                            | <i>Cañete</i>        | 9.148             | 83          | 0,9  |
|                            | <i>Lebu</i>          | 119,736           |             |      |
| <i>Provincia de Biobío</i> | <i>Cabrero</i>       | 11.066            | 190         | 1,7  |
|                            | <i>Tucapel</i>       | 5.096             | 83          | 1,6  |
|                            | <i>Antuco</i>        | 1.359             | 0           | 0,0  |
|                            | <i>Santa Bárbara</i> | 3.963             | 95          | 2,4  |
|                            | <i>Mulchén</i>       | 13.536            | 100         | 0,7  |
|                            | <i>Nacimiento</i>    | 7.843             | 74          | 0,9  |
|                            | <i>Laja</i>          | 7.581             | 103         | 1,4  |
|                            | <i>Yumbel</i>        | 7.602             | 85          | 1,1  |
|                            | <b>TOTAL</b>         | <b>52.026.323</b> | <b>5769</b> |      |

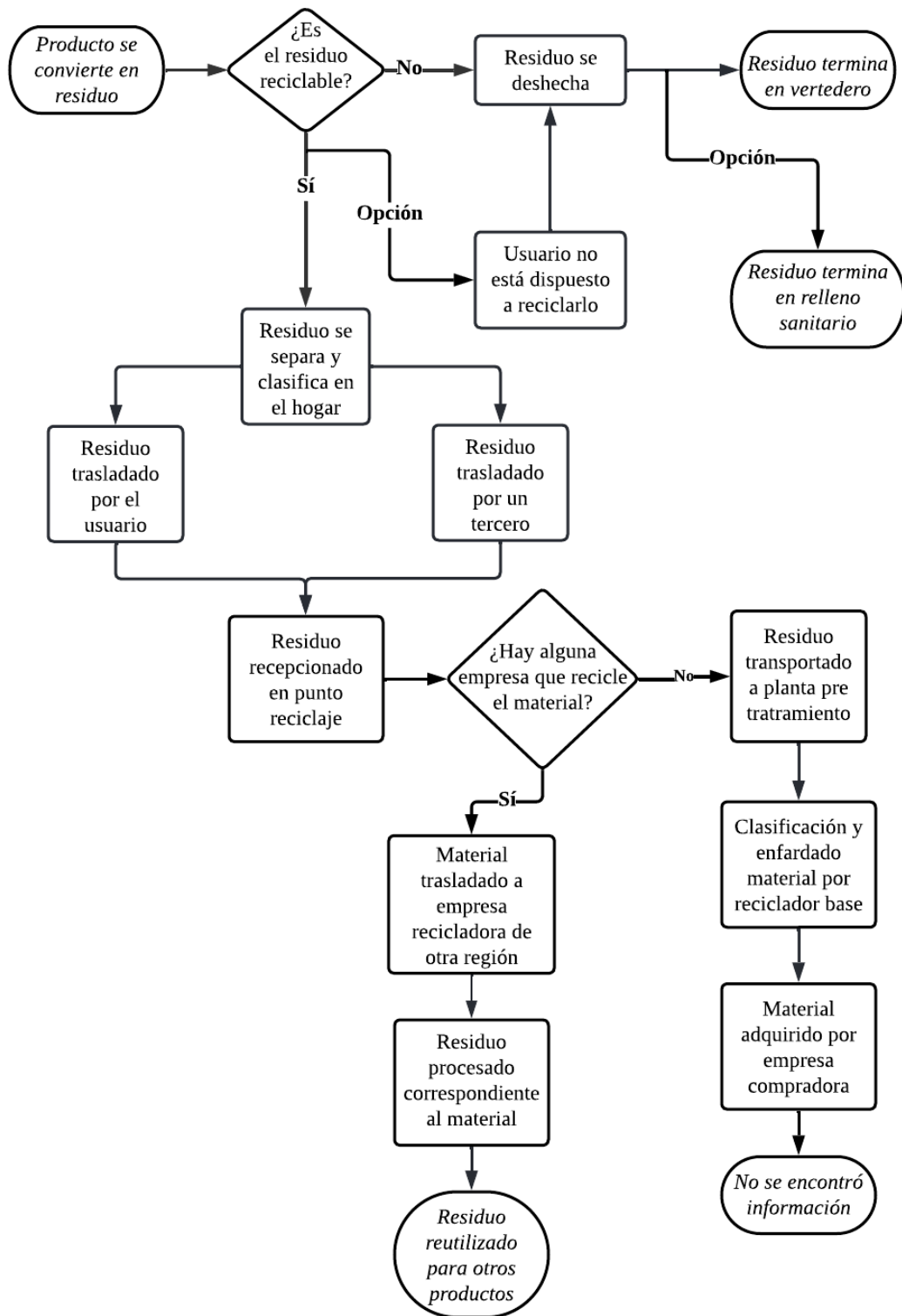
**Observación:** Los residuos recuperados que se consideran son: PET 1, papel y cartón, latas y vidrio.

Fuente: Elaboración propia a partir de información obtenida por la Ley de Transparencia.

Con respecto a la Tabla 4, la comuna que más residuos recuperó el año 2023 fue la comuna de Santa Juana con un 24,2%, seguida de Santa Barbara con un 2,4% y Cabrero con un 1,7%.

De acuerdo con lo explicado, el ciclo de los residuos domiciliarios en la Región del Biobío se puede observar en el Diagrama de Flujo de la Fig. 2.

Figura 3: Diagrama de flujo proceso reciclaje Región del Bio-bío

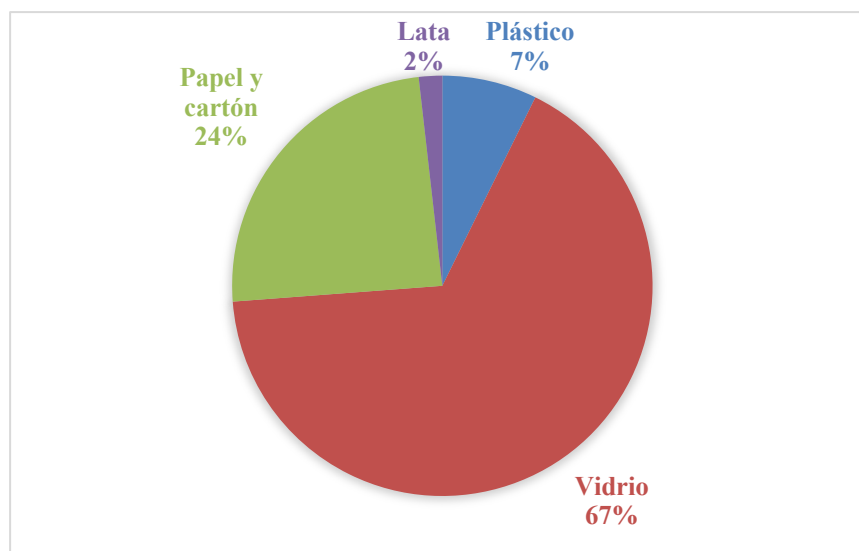


Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo observado en la Figura 3, en la región del Biobío la mayor parte de los residuos de la región terminan o en vertederos o en rellenos sanitarios. Estos vendrían siendo el 99% aproximadamente.

Además, con respecto a la información obtenida sobre los residuos domiciliarios de la Región, la composición de los residuos recuperados en la Región del Biobío se puede observar en el Gráfico 3.

Gráfico 3: Composición de los residuos domiciliarios recuperados en Biobío el año 2023



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo observado en el Gráfico 3, el material que más se recuperó en la Región del Biobío el año 2023 es el vidrio, abarcando un 67% del material recuperado. Igual esto se calculó de acuerdo con las toneladas de vidrio recuperado, y el vidrio es el material más pesado de los 5 analizados.

### 5.3 Comparación sistemas de reciclaje (Emilia-Romaña y Biobío)

La superficie de la Región de Emilia-Romaña es de 22,446 km<sup>2</sup> y la de la Región del Biobío es de 24,021 km<sup>2</sup>, por lo que las superficies de las regiones son muy similares. La diferencia de población de las regiones si es amplia, ya que en la Región de Emilia-Romaña hay 4,461 millones y en la Región del Biobío 1,557 millones. Existe una similitud cultural ya que Italia y Chile han estado ligados desde hace muchos años y sus gobiernos tienen una relación estrecha. Además, en cuanto a la población de ambos países, la población chilena tiene muchas características similares a la población italiana, tales como de costumbre y organización. Menciono esto ya que esto indica que el comportamiento de ambas poblaciones es similar, significando una similitud en lo que respecta a que la población chilena pueda llegar a reciclar más, al igual que lo hace actualmente la población italiana. Esto último puede significar la paulatina aplicación de características del sistema italiano

de reciclaje en Chile. Con respecto a los criterios comparativos de los sistemas de reciclaje implementados en las regiones, observar la Tabla 3.

Tabla 4: Comparación Sistemas de Reciclaje

| <i>Criterio</i>                                        | <i>Sistema Reciclaje Región Emilia-Romaña</i>                                                 | <i>Sistema Reciclaje Región del Biobío</i>                                    |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Porcentaje de residuos domiciliarios reciclados</i> | 73,97%                                                                                        | 0,01%                                                                         |
| <i>Nº de puntos de reciclaje</i>                       | 357                                                                                           | 85                                                                            |
| <i>Frecuencia retiro</i>                               | Definida                                                                                      | Indefinida                                                                    |
| <i>Transporte</i>                                      | Empresa                                                                                       | Municipal                                                                     |
| <i>Materiales acopiados por municipalidades</i>        | Papel/cartón, plástico, vidrio, madera, metales, residuos orgánicos, textil, pilas y baterías | Botellas de vidrio, botellas plásticas PET 1, papel y cartón, latas, aceites. |

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4 Consideraciones para el futuro del reciclaje en la Región del Biobío

Para lograr una mayor recuperación de residuos se determinaron las siguientes consideraciones aplicables al sistema de reciclaje de residuos domiciliarios de la Región del Biobío basado en el funcionamiento del sistema de la Región de Emilia-Romaña:

Primero, **una simplificación del reciclaje**. Por ejemplo, en el caso de los plásticos, se debería lograr que no existan una variedad de tipos de plástico por parte de los fabricantes de los productos de plástico. En Emilia-Romaña, e Italia en general, existe solo un tipo de plástico llamado “plástica”, y todos los productos de plástico se pueden reciclar de acuerdo con esta clasificación. En la Región del Biobío, y en general en Chile, actualmente existen 7 tipos de plásticos de productos domésticos y no todos son reciclables, sólo 3 de estos se logran reciclar “fácilmente”. Simplificar el reciclaje puede conllevar a un mayor volumen de plásticos reciclados provenientes de los hogares. Para esto, se necesita la colaboración de las empresas productoras, por lo que se necesita una fiscalización para

asegurar que todos los **productos sean reciclables**. Un inicio de esto es la ley REP, pero aún no se abarcan los residuos domiciliarios, solo productos específicos hasta el momento.

Según estudios previos, los usuarios no reciclarán si no tienen facilidad de acceso a un punto de reciclaje (S. Zhang et al., 2016). Es por esto por lo que se deben **gestionar más puntos de reciclaje para otros materiales**. Actualmente, los puntos limpios para otros materiales distintos a botellas de PET 1 y vidrio son difíciles de encontrar, por lo que se debe lograr que estos sean frecuentes en todas las comunas de la Región y que sean administrados de manera correcta. En Emilia-Romaña los contenedores en la calle para los residuos son visibles en cada esquina.

Esto debe ir acompañado de inversiones en el transporte de los materiales y en centros de pre-tratamiento. El transporte actual de los residuos en las comunas es escaso y administrado de forma ineficiente por la Dirección de Medioambiente de las municipalidades. Por ejemplo, para la comuna de Chiguayante existe 1 camioneta con 3 operarios y estos realizan 20 vueltas diarias para retirar los materiales. Como es mencionado en los Resultados, los centros de pre-tratamiento son lugares donde los recicladores de base enfardan los materiales para su posterior valorización. Actualmente no existen centros de pre-tratamiento consolidados en la región, el primero sería en Chiguayante, pero está proyectado para finales del año 2024. Para el próximo año se espera construir este centro recolección de pre-tratamiento de los residuos de 100m<sup>2</sup> (J.Cruz, comunicación personal, 27 de mayo 2024).

Además, se necesitan **alianzas/empresas/PYMES que procesen los residuos domiciliarios**, ya que actualmente en Biobío casi no existen y en contraste, en Emilia-Romaña hay distintas plantas para tratar no solo residuos regionales, si no los de otras regiones de Italia y a veces del exterior. En la Región del Biobío existen muy pocas empresas y PYMES, y casi todas las plantas se encuentran en la Región Metropolitana (Revisar el Anexo 2), volviéndose muy costoso transportar los materiales hacia allá, con un costo actual de 600 mil pesos (A. Henríquez, comunicación personal, 5 de junio).

Finalmente, se debe asegurar un **mercado justo por parte de los compradores de materiales**, ya que estos generan un monopolio con la fijación de precio actual. Los recicladores de base hacen lo que pueden con lo que tienen con respecto al acopio y enfardado de materiales para su valorización. Debería asegurarse de manera legal que al menos el trabajo que están realizando no es en vano y serán correctamente compensados por su trabajo.

### 5.4.1 Sistema tratamiento residuos no orgánicos

Como se describe en los detalles del sistema de reciclaje de Emilia-Romaña, se disponen de puntos limpios para una gran variedad de materiales, con un sistema de contenedores que se vacían durante la semana. Se podría implementar un sistema similar para otros residuos domiciliarios que sean generados habitualmente por la población regional como: plásticos (no solo PET 1) y otros envases además de botellas, como latas, cartón y papel. Para esto se debe realizar un estudio de lugares donde ubicar los puntos limpios.

Además, junto con esto, deben existir tratamientos locales para que los residuos domiciliarios puedan ser utilizados por empresas recicladoras. Se debe lograr que sea rentable añadir un paso para recuperar los productos ya utilizados, ya que hoy día se han creado distintos fondos para apoyar a emprendimientos circulares, pero no logran salir a flote ya que se les exigen muchos requerimientos por parte del Estado.

En Chile, y en particular en la Región del Biobío, los incentivos que el Estado entrega para las tareas de reciclaje de residuos domiciliarios no son eficientes, ya que el proceso de reciclaje en funcionamiento genera rendimientos decrecientes.

### 5.4.2 Sistema tratamiento residuos orgánicos

A su vez, se necesitan plantas de recuperación de residuos orgánicos para las comunas de la Región del Biobío. Hoy en día si existen iniciativas para lograr aumentar el compostaje domiciliario. Esto se puede observar en la Tabla 5, donde que comunas y cuantas composteras existen hoy en día.

Se debe fomentar el uso de composteras domiciliarias en todas las comunas, entregadas por las municipalidades y administrar su recolección de acuerdo con la demanda.

Tabla 5: Comunas que disponen de composteras domiciliarias en la Región Biobío

| <i><b>Ciudad</b></i> | <i><b>Composteras<br/>domiciliarias</b></i> |
|----------------------|---------------------------------------------|
| <i>Talcahuano</i>    | 650                                         |
| <i>Los Ángeles</i>   | 286                                         |
| <i>Nacimiento</i>    | 20                                          |
| <i>Yumbel</i>        | 32                                          |



**Total**

**988**

Fuente: Elaboración propia a partir de información Municipalidades (Ley de Transparencia).

Por temas de espacio y tiempo no se agregará el estudio de un sistema de estos residuos en particular, pero se debe destacar la importancia de su existencia y tratamiento futuro.

### **5.4.3 Áreas de mejora en la legislación chilena para la gestión de residuos domiciliarios**

Como se menciona en el marco teórico y legislativo, es imprescindible implementar leyes y normativas que apunten hacia una economía circular y una correcta gestión de residuos.

En Chile, a diferencia de Italia, no existen facultades administrativas para promulgar leyes regionales. Esto se debe a la distinta estructura política de ambos países. Nuestro país se caracteriza por ser un Estado unitario con poder centralizado en el gobierno nacional, lo que impide a las regiones promulgar leyes propias. En Italia, en cambio, se combinan elementos de un sistema unitario y federal, con una descentralización político-administrativa significativa, lo que permite a las regiones dictar leyes en ciertas áreas, como se observó en el caso de estudio.

Sin perjuicio de lo anterior, un claro ejemplo de la incorporación de mejoras en la gestión de residuos domiciliarios en nuestro ordenamiento jurídico nacional es la implementación y entrada en vigencia de leyes reguladoras de los residuos domiciliarios, entre ellas la Ley 21.100, que, en definitiva, prohíbe la entrega de bolsas plásticas de un solo uso en todo el país, lo que refleja una creciente preocupación por la contaminación ambiental. Esta normativa tuvo su origen en ordenanzas municipales, primeramente, en Punta Arenas en el año 2013, luego en Pucón y en otras comunas a partir del año 2014, lo que impulsó a la expresidenta Michel Bachelet a presentar el proyecto de ley al Congreso, continuando su tramitación en el gobierno de Sebastián Piñera, culminando en la actual Ley ya enunciada.

Actualmente, en Chile no existe una legislación que haga que el sistema de reciclaje de residuos domiciliarios sea obligatorio. En Italia en cambio, esto está regulado, estipulándose un porcentaje anual del total de basura que será recuperada. Para regular el sistema de reciclaje para la Región del Biobío debe existir una ley dictada por el Congreso para que sea obligatoria, y tal como sucedió con la Ley 21.100 podría antecederla una ordenanza municipal.

Para regular el sistema de reciclaje de residuos domiciliarios para la región del Biobío, están las siguientes opciones:

1. Iniciar un proyecto de ley para el reciclaje de residuos domiciliarios en Chile, impulsado por un diputado, un senador o directamente por el presidente de Chile.
2. Que una autoridad perteneciente a la administración del Estado dicte un decreto u, ordenanza en el caso de las municipalidades, con la finalidad de regular esta materia. Las ordenanzas dictadas por las municipalidades (la ordenanza es un tipo de decreto), no tienen rango de ley, es decir, no son de obligatoriedad general y solo abarcan ciertas materias estipuladas en la Ley Orgánica de Municipalidades (Ley 18.695).
3. Decreto de cualquier autoridad que pertenezca a la administración del Estado y que tenga las facultades para dictar este decreto.

Para reformar la Ley REP, es necesario modificar la ley, siguiendo el mismo proceso que para la elaboración de una nueva ley. Los pasos u opciones para reformar una ley incluyen la creación de otra ley que modifique la anterior. Cabe destacar que algunas normas pueden sobreponerse a otras, siendo la Constitución la de mayor jerarquía. Además, existe discusión sobre el nivel jerárquico de los tratados internacionales.

Las discusiones sobre la Ley REP son variadas, pero principalmente se cuestiona su aplicación. Por ejemplo, en lo que respecta a los puntos limpios en la región, esta ley indica la implementación de un punto limpio por comuna, lo cual podría ser insuficiente. Esta disposición se puede modificar como se mencionó anteriormente.

### **5.5 Fomento de cultura reciclaje en población**

El reciclaje puede generar momentos e instancias culturales tanto para unificar a las familias como a la comunidad. La realización de actividades como la clasificación de residuos proporciona un espacio de comunicación y colaboración, contribuyendo así a la creación de un entorno más limpio para vivir. Además, esta práctica facilita la gestión de residuos, ya que disminuye la cantidad de veces que los hogares necesitan sacar la basura indiferenciada.

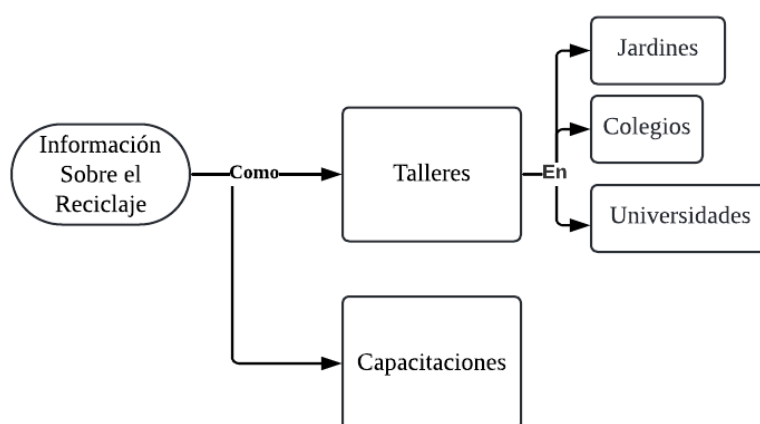
En Alemania y Suiza, los sistemas de reciclaje domiciliario son reconocidos como ejemplos de sistemas más eficientes y avanzados. Uno de los sistemas que existe en Alemania es el Sistema de Retorno de Depósitos (Pfandsystem). En este sistema, los consumidores pagan un depósito adicional por envases de bebidas (botellas de plástico y vidrio, latas). Este depósito se devuelve cuando los envases son llevados a las máquinas de reciclaje ubicadas en supermercados y tiendas. En el Anexo 3 se detallan otros sistemas de residuos domiciliarios de Alemania.

En Suiza, como se menciona en el marco teórico, existe el Sistema de Pago por Bolsa (Pay-As-You-Throw). Este sistema obliga a los ciudadanos a pagar por la cantidad de basura que producen, incentivando así la reducción y correcta separación de residuos. Solo se permite utilizar bolsas de basura oficiales que se venden en supermercados y cuyo precio incluye el costo de la eliminación de residuos.

Ambos países combinan estos sistemas con campañas educativas y regulaciones estrictas para asegurar la participación ciudadana y el cumplimiento de las normas de reciclaje, contribuyendo a su alta tasa de reciclaje y gestión eficiente de residuos.

Una de las problemáticas a la hora de reciclar en Chile es la poca información que tiene la población chilena sobre cómo hacerlo correctamente. En los puntos limpios, se debe volver a separar los plásticos, ya que la gente confunde los distintos números de plástico (P. Becerra, comunicación personal, 28 de mayo de 2024). Además, hay personas que utilizan los puntos limpios como basurero, acumulando desechos que expulsan mal olor, lo que provoca molestias entre los vecinos (N. Espinoza, comunicación personal, 10 de junio de 2024). Para abordar estas cuestiones, es fundamental sensibilizar a las personas sobre el reciclaje desde temprana edad, creando así una conciencia ecológica temprana y fomentando el hábito de reciclar. Esto se puede concretar implementando talleres de reciclaje tanto en jardines infantiles como en colegios y universidades. Esto se esquematiza en la Figura 4.

Figura 4: Flujo información para lograr una cultura del reciclaje



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4 se puede observar las formas y hacia quiénes llegaría la información sobre el reciclaje domiciliario. Esta información respondería las preguntas: ¿Cómo reciclo? ¿Qué puedo reciclar? ¿Dónde puedo reciclar? Además, se haría hincapié en por qué es importante realizarlo.

Para lograr que la comunidad chilena recicle, es necesario, de cierta forma, obligar a la gente a reciclar, ya que el simple incentivo no bastaría. Por ejemplo, en Alemania existen multas por equivocarse al reciclar. En Suiza entregan una bolsa específica para reciclar y no se puede usar otra bolsa; si esto sucede, se multa a la persona. La regulación del reciclaje debe ser estipulada por ley a través de multas impuestas por el Gobierno de Chile, cuyas prácticas y fiscalización deben ser realizadas por una institución gubernamental. Además de esto, se debe realizar una fiscalización de acciones que atenten contra el cuidado del medioambiente, como por ejemplo acumular mucha basura indiferenciada, no utilizar los basureros de reciclaje correctamente, etc. Esta última acción es muy común en Chile y en la región. Los puntos limpios, al no ser utilizados correctamente, o se cierran, o se dejan como basural de cualquier tipo de residuo.

Para lograr una participación en el proceso de reciclaje, es necesario que existan incentivos para motivar a la población a reciclar. Por ejemplo, se podrían instaurar beneficios a través del constante uso de los puntos limpios de cada una de las comunas. Un ejemplo de esto podría ser la instauración de puntos asociados a supermercados, en los cuales, por cada cierta cantidad de material insertado en los puntos de reciclaje, se obtenga un descuento en la siguiente compra en el respectivo supermercado con el cual exista el convenio.

Otro beneficio podría ser, por ejemplo, por botella de plástico o de vidrio reciclada, como el uso de botellas retornables. De acuerdo con los resultados de este estudio, las botellas de vidrio y de plástico son el residuo más acumulado en los hogares chilenos. Al reutilizar una botella, será más barato comprar una nueva, por lo que el público se motivará a realizar constantemente el reciclaje de botellas.

Un ejemplo de campañas exitosas sobre la sensibilización ambiental fue el Programa Regional de Reciclaje. Este fue un proyecto que ejecutó la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente con fondos del Gobierno Regional de Biobío. A través de este programa se logró la implementación de 800 puntos de reciclaje en la región, la sensibilización de 35 mil personas en torno a la temática y la habilitación de 15 galpones para reciclaje, junto con 22 bodegas para el tratamiento previo de materiales reciclados. Además, a través de esta iniciativa, se reciclaron unas 25 mil toneladas de papeles y cartones, plásticos y latas (Henríquez, 2023)

## **6 Discusión**

En el marco teórico del informe sobre el programa de reciclaje de la Región del Biobío, se afirma que existe un punto limpio cada 14 manzanas. Sin embargo, esto no parece ser del todo exacto, ya que, de acuerdo con el estudio realizado, no todos los puntos están gestionados adecuadamente como para considerarlos activos. Actualmente, cada municipalidad recicla como puede, enfrentando un déficit tanto económico como logístico. El presupuesto asignado a las municipalidades para actividades de reciclaje es muy limitado. Conversando con el director de la Dirección de Medioambiente de Chiguayante y con la Dirección de Medioambiente de San Pedro de la Paz, se destaca lo difícil que resulta la administración actual de los puntos limpios en estas comunas.

En cuanto al aspecto logístico, el transporte de los materiales no está gestionado de manera eficiente para manejar el volumen de material acopiado. Por ejemplo, en la comuna de Chiguayante, la Dirección de Medioambiente cuenta con solo una camioneta para recolectar todas las botellas plásticas de la comuna. Esta camioneta debe realizar alrededor de 10 viajes para completar la tarea, lo cual evidencia la ineficiencia y la falta de recursos adecuados para la operación (J.Cruz, comunicación personal, 27 de mayo 2024).

### **6.1 Propuesta para incluir residuos domiciliarios en las cadenas de producción**

Para gestionar correctamente los residuos domiciliarios e incluirlos en las cadenas de producción de reciclaje de las empresas en Chile, es necesario implementar procesos de clasificación y limpieza automatizados. Esto aseguraría que la materia prima sea lo más pura posible y, por tanto, utilizable en procesos industriales.

Para que un proceso de este tipo sea funcional y rentable, se requiere una investigación más profunda que considere diversos factores y que cumpla con el objetivo de aprovechar residuos domiciliarios. Actualmente, la problemática radica en que tanto la tecnología necesaria como la inversión no son fácilmente accesibles en el país.

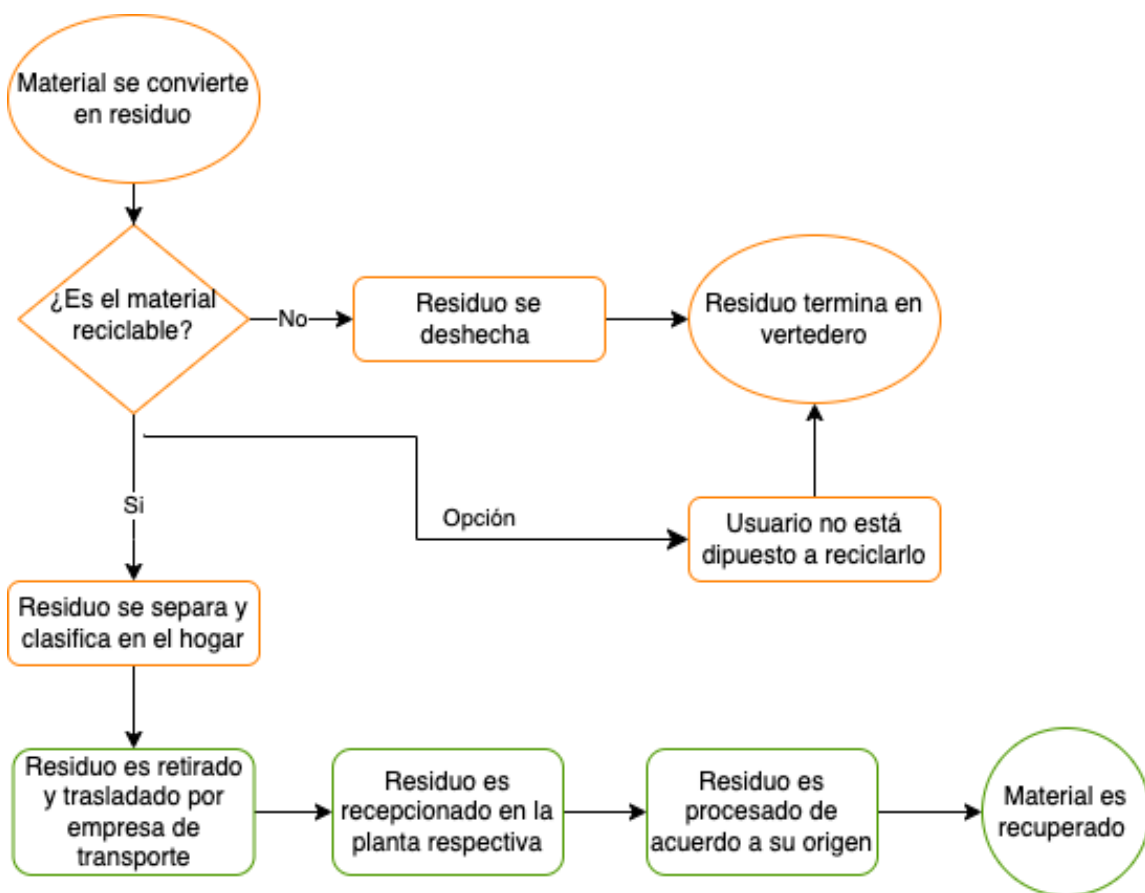
En el caso de Cicla 3D, Valentina Meza menciona cómo podrían integrarse residuos domiciliarios plásticos a sus procesos. Actualmente, no se utilizan residuos domiciliarios, sino industriales. Para poder utilizar los primeros, sería necesario invertir en tecnologías de clasificación y limpieza que eviten el deterioro prematuro de las maquinarias y permitan un reciclaje lo más puro posible, sin

comprometer la calidad del producto final. Añadir estos procesos de limpieza y separación, aunque cruciales, hace que el proceso no sea rentable para la empresa en las condiciones actuales.

## 6.2 Propuesta de sistema de reciclaje de residuos domiciliarios para la Región del Bio-bío

De acuerdo con la información recopilada y lo mencionado anteriormente en las discusiones de este informe, se propone el Diagrama de Flujo observado en la Figura 5, que muestra cómo debería funcionar el sistema de reciclaje de residuos domiciliarios en la Región del Biobío.

Figura 5: Diagrama de Flujo para la Región del Bío-Bío



Fuente: Elaboración propia a partir de Figura 3.

En la Figura 5, lo que está en color naranja representa los elementos existentes del sistema de reciclaje de residuos domiciliarios en la región, y lo que está en color verde indica la propuesta de gestión para mejorar dicho sistema. Esta figura representa los pasos genéricos para lograr recuperar los residuos sólidos.

Para lograr un mayor porcentaje de recuperación de residuos sólidos se propone lo siguiente:

1. Se sugiere subcontratar el transporte de los materiales, ya que es una de las actividades más costosas, y actualmente las municipalidades deben realizar múltiples rotaciones alrededor de la comuna para recolectar materiales de los puntos limpios. Es por esto que debe existir una empresa concreta que esté encargada de retirar los materiales de los puntos de acopio y transportarlos a las plantas respectivas.
2. Además, se requiere la colaboración con empresas y asociaciones especializadas en el procesamiento de los distintos materiales, dado que tanto el procesamiento del papel y cartón como el de latas y plásticos (PET 1, tipo 2 y tipo 4) son procesos costosos y complejos. Cómo actualmente no existen empresas de este tipo en Biobío, deben existir incentivos para que se creen este tipo de instituciones.
3. Finalmente, es fundamental realizar una correcta gestión de los puntos limpios existentes en la región. Muchos de los puntos limpios se utilizan como basureros comunes, en los cuales depositan todo tipo de residuos. Para mejorar esta situación, es necesario coordinar la empresa de transporte con la asociación encargada del procesamiento, lo cual facilitaría la gestión y efectividad de los puntos limpios.

### **6.3 Recursos adicionales que se necesitarían**

Junto con lo mencionado en el punto 6.1 del capítulo 6, cabe mencionar cuáles serían los recursos necesarios para gestionar los residuos domiciliarios sólidos en la región del Biobío.

En cuanto al transporte, se necesitaría al menos un camión en cada comuna por cada tipo de material, es decir, un camión para el plástico, otro para el cartón, uno para el papel y otro para las latas. (No se considera el vidrio, ya que este es gestionado por la empresa Cristoro). La cantidad de camiones dependen de la densidad poblacional, ya que esta está directamente relacionada con la cantidad de material que se acopiaría en cada comuna.

En cuanto a las plantas gestoras de materiales, los principales materiales a gestionar son los plásticos (tanto PET tipo 1, como tipo 2 y tipo 4), ya que estos son los que más daño generan al medioambiente. Por ejemplo, una botella de PET puede tardar 1.000 años en descomponerse (Castro, 2019). Pero sin dejar de lado el cartón y el papel, los cuales generan mucho volumen de residuos. Además, la recuperación de latas de aluminio es primordial por la cantidad de energía utilizada para generar estos productos.

Cabe destacar que las comunas que acumulan la mayor cantidad de residuos domiciliarios son San Pedro de la Paz, Concepción, Chiguayante y Talcahuano. Es en estas comunas es donde se deberían

enfocar la mayor parte de los recursos, pero sin dejar de lado las otras, ya que los residuos son generados en cada comuna de la región.

#### **6.4 Caso concreto de plásticos en Chile**

Actualmente, no existe una fiscalización específica para los plásticos no reciclables en Chile. La Ley de Responsabilidad Extendida del Productor (Ley REP) es un primer paso hacia la fiscalización de residuos problemáticos, pero no contempla de manera específica los plásticos no reciclables. Esta fiscalización podría dirigirse a las empresas productoras de plásticos no reciclables, ya que actualmente existen muchos productos, tanto nacionales como internacionales, fabricados con plástico número 7, para el cual no se dispone de tecnología de reciclaje en Chile. La implementación de una normativa específica para estos tipos de plásticos podría incentivar la reducción de su uso o la inversión en tecnologías que permitan su reciclaje.



## 7 Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones derivadas del estudio realizado.

La primera conclusión es que para aumentar la cantidad de materiales reciclados, es necesario disponer de recursos y establecer alianzas con empresas que gestionen estos materiales de manera eficiente. La recogida de residuos reciclables requiere un sistema de transporte diario y mano de obra humana, lo cual, en combinación con los bajos rendimientos en términos de pureza de los residuos, afecta significativamente la rentabilidad financiera de la recuperación de residuos. Por esta razón, las empresas privadas de gestión de residuos han mostrado una preferencia por invertir en el mercado de residuos industriales en lugar de los domésticos (Hall y Nguyen, 2012).

Un caso ilustrativo es el de Cicla 3D, una empresa chilena que utiliza plástico industrial para impresiones 3D. Esta empresa no emplea botellas plásticas provenientes de residuos domiciliarios debido al riesgo de que contengan residuos orgánicos del líquido que albergaban. "Nosotros reciclamos plásticos industriales ya que el proceso está optimizado para trabajar con plásticos postproducción o lo más limpio posible", explica Valentina Meza, COO de Cicla 3D. Valentina también menciona que se ha considerado agregar un proceso de limpieza para utilizar desechos domiciliarios, pero esto resulta muy costoso y, por tanto, no es rentable para la empresa, ya que el mercado no paga bien el plástico reciclado.

Para alcanzar una economía circular, es esencial generar una demanda adecuada que permita a las empresas que utilizan productos reciclados operar de manera sostenible. Esto requiere la participación activa del público, tanto en la correcta disposición de los materiales en los puntos de recolección designados como en su adecuada limpieza. Sin embargo, la limpieza eficiente de los materiales es más fiable si la realiza un tercero, ya que no se puede garantizar que cualquier persona lo haga correctamente. A pesar de ello, los productores tienen pocos incentivos para cambiar a materiales secundarios debido a que los costos de las materias primas tienen un impacto relativamente bajo en los costos generales de producción (Wilting y Hanemaaijer, 2014).

Esta problemática resuena particularmente en la Región del Biobío, donde hay una falta de empresas y alianzas locales que gestionen los distintos materiales reciclables. Aunque existen empresas en Chile que reciclan residuos domiciliarios, la mayoría se encuentran en la Región Metropolitana. En el Anexo 2 se detallan algunas de estas empresas.

A pesar de la implementación de una mayor cantidad de puntos limpios para aumentar la recolección de materiales, todavía se necesita la creación de plantas de tratamiento que procesen los residuos domiciliarios para que puedan reintegrarse en las cadenas de producción.

Además, cabe mencionar la importancia de realizar estudios sobre el inicio de lo que se podría describir como un mercado de residuos reciclados. Dichas investigaciones deben abordar diversos aspectos de “nuevo mercado”. En primer lugar, se debe analizar la demanda de materiales reciclados, incluyendo la evaluación de la disposición de empresas locales a utilizar materiales reciclados en sus procesos productivos y anticipar cambios en la demanda a través de la investigación de tendencias del mercado. Además, es fundamental llevar a cabo una evaluación detallada de costos y beneficios, comparando los costos de producción utilizando materiales reciclados frente a materiales <<puros>> y considerando posibles incentivos fiscales y reducciones en los costos de materias primas. Por último, identificar oportunidades de alianzas con empresas locales y entidades gubernamentales, facilitando así la creación de redes de cooperación y promover la inversión en infraestructura de reciclaje.

Asimismo, es esencial desarrollar procesos de limpieza económicamente viables para las empresas recicladoras. La innovación tecnológica juega un papel crucial en este sentido, mediante la inversión en tecnologías avanzadas para el lavado y tratamiento de residuos domiciliarios, así como el desarrollo de sistemas automatizados que reduzcan la necesidad de mano de obra y mejoren la eficiencia. Capacitar al personal en técnicas de limpieza y manejo de residuos también contribuirá a este objetivo. Con estas estrategias integradas, es posible abordar las principales problemáticas del reciclaje de residuos domiciliarios en la Región del Biobío y avanzar hacia una economía circular más sostenible y eficiente.

## 8 Referencias

Accorsi, R. Cascini, A. Cholette, S. Manzini, R. (2014) Economic and environmental assessment of reusable plastic containers: A food catering supply chain case study. *International Journal of Production Economics*, [s. l.], v. 152, p. 88–101. DOI 10.1016/j.ijpe.2013.12.014.

<https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=74ac6ddc-2011-3f72-8517-cbc0a9f5a962>.

Aliaga, S. A. (2018). *Diseño de una cadena de suministro para el reciclaje en Concepción*. Concepción: Universidad de Concepción.

Ambiente. (2023). *Regione Emilia Romagna*. La Gestione Dei Rifiuti In Emilia-Romagna:

<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/notizie/attualita/2023/dicembre/la-gestione-dei-rifiuti-in-emilia-romagna>

Asipla. (2024). *El Reciclaje de Plásticos en Chile Creció un 15% Post Pandemia*. Asipla.

<https://www.asipla.cl/el-reciclaje-de-plasticos-en-chile-crecio-un-15-post-pandemia/#:~:text=Los%20pl%C3%A1sticos%20mayormente%20reciclados%20en,a%20las%20cifras%20de%202020>.

Benedetti, A., Borgognoni, R., Costantino, R., Gironi, P., Peronace, M. C., Rumberti, V., . . .

Nucciotti, C. (2023). *La gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna: *agenzia prevenzione ambiente energia emilia-romagna*.

Biblioteca Del Congreso Nacional. (2018). *Ley Chile - Ley 21100 - Biblioteca del Congreso*

*Nacional*. [www.bcn.cl/leychile](http://www.bcn.cl/leychile). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1121380>

Biblioteca Del Congreso Nacional. (2021). *Ley Chile - Ley 21368 - Biblioteca del Congreso*

*Nacional*. [www.bcn.cl/leychile](http://www.bcn.cl/leychile). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1163603>

Biblioteca del Congreso Nacional. (1994). *Ley Chile - Ley 19300 - Biblioteca del Congreso*

*Biblioteca del Congreso Nacional*. [www.bcn.cl/leychile](http://www.bcn.cl/leychile).

<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>

- Blomsma, F., and G. Brennan. (2017). "The Emergence of Circular Economy: A New Framing around Prolonging Resource Productivity." *Journal of Industrial Ecology* 21 (3): 603–614. doi:10.1111/jiec.12603
- Bradshaw-Rouse, J. J. (2023). Composting. *Salem Press Encyclopedia of Science*.
- Castro, M. (2019, 1 febrero). *¿Sabe cuantos años demora el plástico en degradarse?* DGRS - UNMSM. <https://dgrs.unmsm.edu.pe/2019/02/01/sabe-cuantos-anos-demora-el-plastico-en-degradarse/#:~:text=No%20es%20poco%20tiempo%2C%20el,tardar%201.000%20a%C3%20los%20en%20desaparecer>.
- Cedeño, I. (2022). ¿Qué son los lixiviados y por qué deberían preocuparnos? - GTA Ambiental: Los lixiviados: un problema ambiental sancionado y con solución. *Proyectos llave en mano para el tratamiento y reciclado de residuos*. - GTA Ambiental. <https://gtaambiental.com/lixiviados/>
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Completando a figura: Como a economia circular ajuda a enfrentar as mudanças climáticas*. Material Economics.
- European Environment Agency. (2016a). Belgium - Material resource efficiency in Europe. <https://www.eea.europa.eu/publications/more-from-less/belgium-material-resource-efficiency/view>
- European Environment Agency. (2016b). Netherlands - Material resource efficiency in Europe. <https://www.eea.europa.eu/publications/more-from-less/netherlands-material-resource-efficiency/view>
- EU-Japan Centre for Industrial Cooperation. (2015). *Waste management and Recycling in Japan: Opportunities for European companies (SMEs focus)*. <https://www.eu->

- japan.eu/publications/waste-management-and-recycling-japan-opportunities-european-companies-smes-focus
- Fitch-Roy, O., D. Benson, and D. Monciardini. (2019). “Going around in Circles? Conceptual Recycling, Patching and Policy Layering in the EU Circular Economy Package.” *Environmental Politic*, 29 (6): 983–1003. <https://doi.org/10.1080/09644016.2019.1673996>
- Foschi, E., D’Addato, F. & Bonoli, A. (2021). Plastic waste management: a comprehensive analysis of the current status to set up an after-use plastic strategy in Emilia-Romagna Region (Italy). *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 24328–24341. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08155-y>
- Fundación Aquae. (2021, 11 marzo). *Qué es un biodigestor y cómo funciona el biogás - Fundación Aquae*. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/biodigestor/>
- García-Franco, A. (2023). *El impacto de la UE en la industria del reciclaje*. RETEMA. <https://www.retema.es/actualidad/el-impacto-de-la-ue-en-la-industria-del-reciclaje>
- Garcia, R. (2022, 23 marzo). RECICLAJE: CONOCE EL SIGNIFICADO DE LOS NÚMEROS EN LOS ENVASES DE PLÁSTICO | Isapre Colmena. Isapre Colmena. <https://www.colmena.cl/reciclaje-conoce-el-significado-de-los-numeros-en-los-envases-de-plastico/#:~:text=En%20Chile%20no%20todos%20los,6%20PS%20y%207%20otros.>
- Gobierno de Chile. (2020). *Nueva Ley de Reciclaje: Chile avanza en sus compromisos medioambientales con la OCDE*. Chile En El Exterior: [https://www.chile.gob.cl/chile/blog/todos/nueva-ley-de-reciclaje-chile-avanza-en-sus-compromisos-medioambientales#:~:text=El%2017%20de%20mayo%20de,cuando%20se%20transforma%20en%20residuos\).](https://www.chile.gob.cl/chile/blog/todos/nueva-ley-de-reciclaje-chile-avanza-en-sus-compromisos-medioambientales#:~:text=El%2017%20de%20mayo%20de,cuando%20se%20transforma%20en%20residuos).)

- Hall, D., and T.A. Nguyen. (2012). *Waste Management in Europe: Companies, Structure and Employment*. European Federation of Public Service Unions (EPSU). Londres: University of Greenwich.
- Henríquez, S. (2023). *Acciones del Programa Regional de Reciclaje Región del Biobío*. Región del Biobío: Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente.
- IRP. (2019). *Global Resources Outlook 2019*. United Nations Environment Programme.
- La gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna*. (21 diciembre, 2021). Ambiente.  
<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/notizie/attualita/2023/dicembre/la-gestione-dei-rifiuti-in-emilia-romagna>
- Maldonado, C. (2024). *Ley que regula los plásticos de un solo uso: quedan dos semanas para hacer observaciones al anteproyecto de reglamento - País Circular*. País Circular:  
<https://www.paiscircular.cl/economia-circular/ley-que-regula-los-plasticos-de-un-solo-uso-quedan-dos-semanas-para-hacer-observaciones-al-anteproyecto-de-reglamento/>
- MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), 23-44.  
[https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport\\_McKinsey-Towards\\_A\\_Circular\\_Economy.pdf](https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport_McKinsey-Towards_A_Circular_Economy.pdf)
- Ministerio del Medio Ambiente. (2023). *Programa Regional de Reciclaje ejecutado por la Seremi Medio Ambiente triplicó capacidad del biobío para manejar sus residuos*. mma.gob.cl.  
<https://mma.gob.cl/programa-regional-de-reciclaje-ejecutado-por-la-seremi-medio-ambiente-triplico-capacidad-del-biobio-para-manejar-sus-residuos/#:~:text=La%20iniciativa%2C%20in%C3%A9dita%20en%20el,pasaron%20a%207.980%20en%202022.>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2018). *Compostaje: Una tendencia para combatir el Cambio Climático*. mma.gob.cl. <https://mma.gob.cl/compostaje-una-tendencia-para-combatir-el-cambio-climatico->

2/#::~text=El%20compostaje%20es%20un%20proceso,un%2050%25%20de%20materia%20org%C3%A1nica.

Ministerio del Medio Ambiente. (2019). *Residuos orgánicos – economía circular*.

<https://economiacircular.mma.gob.cl/residuos-organicos/>

Ministerio del Medio Ambiente (2021). Sexto Reporte del Estado del Medio Ambiente.

Ministerio del Medio Ambiente. (2016). Política de Inclusión de Recicladores de base 2016-2020.

En *Gobierno de Chile*. <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/12/Politica-de-inclusion-de-recicladores-de-base.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente. (2024, 3 julio). *Ley REP - Economía circular*. Economía

Circular. <https://economiacircular.mma.gob.cl/ley->

```
rep/#::~text=los%20consumidores%20industriales%3F-
```

,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20REP%3F,sus%20productos%20en%20el%20pa  
%C3%ADs.

Multitanks International. (2023, February 23). *¿Qué hacer con tus residuos verdes en casa?*

*Métodos ecológicos para el reciclaje.* [https://www.multitanks.com/es/blog/que-hacer-con-tus-residuos-verdes-en-casa-metodos-ecologicos-para-reciclar-](https://www.multitanks.com/es/blog/que-hacer-con-tus-residuos-verdes-en-casa-metodos-ecologicos-para-reciclar)

n169#:~:text=Los%20desechos%20verdes%20son%20materia,desechos%20de%20jardine  
r%C3%ADa%20en%20general.

National Geographic. (2023). *National Geographic España*. National Geographic:

<https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/2023/05/que-beneficios-nos-trae-el-reciclaje-5-datos-que-necesitas-saber>

NASA. (2024). *¿Qué es el efecto invernadero?* - NASA Ciencia. <https://ciencia.nasa.gov/cambio-climatico/preguntas-frecuentes/que-es-el-efecto-invernadero/>

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2020). *Enfermedades transmitidas por vectores*.

[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne)

- diseases#:~:text=Los%20vectores%20son%20organismos%20vivos,o%20de%20animales%20a%20personas.
- Parlamento Europeo. (2024). *El trabajo de la UE para la gestión sostenible de residuos* | Temas | Parlamento Europeo. Temas | Parlamento Europeo.  
<https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20180328STO00751/el-trabajo-de-la-ue-para-la-gestion-sostenible-de-residuos>
- Royer S-J, Ferrón S, Wilson ST, Karl DM (2018) Production of methane and ethylene from plastic in the environment. PLoS ONE 13(8): e0200574. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200574>
- Savini, F. (2021). The circular economy of waste: recovery, incineration and urban reuse. Journal of Environmental Planning and Management, 64(12), 2114–2132.  
<https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1857226>
- Segura, A., Rojas, L., & Pulido, Y. (2020). Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos. Revista espacios, 41(17), 1-9.
- Sheposh, R. (2023) Circular economy. Salem Press Encyclopedia.  
<https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=f7bdacd7-c079-3828-a948-71c37cbce7c8>.
- SPG. (2021). *¿Cómo es el reciclaje en Europa y qué papel juega cada país?* | SPG. SPG:  
<https://www.spg-pack.com/blog/reciclaje-europa/>
- Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. (2018). *Diagnóstico de la Situación por Comuna y por Región en Materia de Residuos y Asimilables*.  
[https://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/2\\_marco\\_legal\\_agosto\\_2018.pdf](https://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/2_marco_legal_agosto_2018.pdf)
- Swiss Federal Council. (2018). *Environment Switzerland 2018*. [www.bafu.admin.ch/er2018](http://www.bafu.admin.ch/er2018)
- Trash and recycling in Italy* | Expatica. (2024). Expatica Italy.  
<https://www.expatica.com/it/living/household/trash-and-recycling-in-italy-84629/>



## Referencias

Thompson RC. (2015) Microplastics in the marine environment: sources, consequences and solutions. *Mar Anthropogenic Litt.* [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_7)

Vivanco, E. (2022). *Gestión de residuos domiciliarios*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

[https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33229/1/BCN\\_Gestion\\_de\\_residuos\\_domiciliarios\\_Chile\\_2022\\_FINAL.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33229/1/BCN_Gestion_de_residuos_domiciliarios_Chile_2022_FINAL.pdf)

Wilting, H., and A. Hanemaaijer. (2014). *Share of Raw Material Costs in Total Production Costs*. The Hague: Planbureau van de leefomgeving.

## Anexos

### Anexo 1

#### Preguntas para entrevistas semi estructuradas

Para la realización de las preguntas semi-estructuradas se realizaron las siguientes consultas:

##### Consultas Municipalidades

1. ¿Cuál es el número total de contenedores en la comuna?
2. ¿Qué criterio se utilizó para determinar la cantidad de contenedores? (O la frecuencia de estos)
3. ¿Con que frecuencia se vacían los contenedores?
4. ¿Cuál es la cantidad total de camiones para vaciar los contenedores de reciclaje? (cómo se definió esto)
5. ¿Cuánto material para reciclar se recolecta mensual o anualmente? (kilogramos)
6. ¿Qué faltaría para que se pudieran reciclar más material? (más recursos, más inversión, etc.)
7. ¿Qué ocurre con los materiales luego de su recolección? (se transportan o se procesan, etc.)
8. ¿Qué es lo más costoso del sistema de reciclaje? (Transporte, recolección, mantenimientos contenedores, etc.)

### Anexo 2

*Tabla 6: Principales Empresas recicladoras en Chile*

| MATERIAL           | EMPRESA /ASOCIACIÓN | UBICACIÓN   |
|--------------------|---------------------|-------------|
| <b>TETRAPACK</b>   | Recupac             | Santiago    |
| <b>CARTÓN</b>      | Sorepa (CMPC)       | Los Ángeles |
| <b>PP FLEXIBLE</b> | Desafío Ambiente    | Santiago    |
| <b>BOLSAS</b>      | Mamut S.A.          | Santiago    |
| <b>BOLSAS</b>      | Virutex             | Santiago    |
| <b>BOLSAS</b>      | RECIPET             | Santiago    |
| <b>ALUMINIO</b>    | Metalum             | Santiago    |
| <b>PLÁSTICO</b>    | Rplast              | Santiago    |

### Anexo 3

Alemania tiene un sistema muy organizado y estructurado para la gestión de residuos, basado en la separación de los materiales desde los hogares. Los principales sistemas incluyen: Sistema de Contenedores Separados (Dual System / Duales System Deutschland - DSD), el cual se basa en

contenedores de distintos colores donde se depositan distintos materiales. Estos contenedores se especifican en la Tabla.

| <b>Contenedor</b>    | <b>Tipo de residuo</b>                                                                                                |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Color Azul           | Para papel y cartón.                                                                                                  |
| Color Amarillo       | Para envases ligeros, plásticos, metales y tetrabriks.                                                                |
| Color Verde o marrón | Para residuos orgánicos y biodegradables.                                                                             |
| Color Gris o Negro   | Para residuos generales y no reciclables.                                                                             |
| De Vidrio            | Se suele dividir en diferentes colores (blanco, verde, marrón) para facilitar el reciclaje del vidrio según su color. |