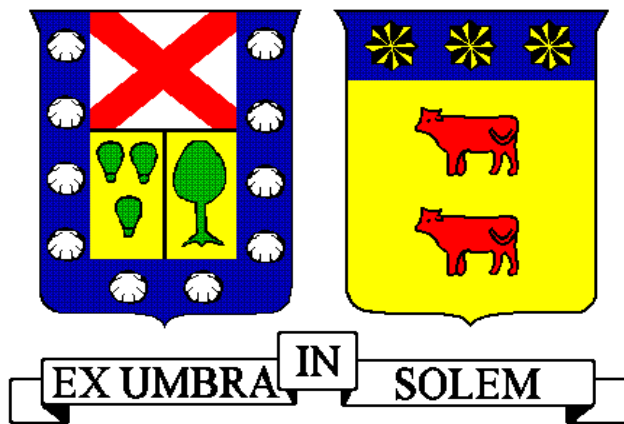


**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL
VALPARAÍSO – CHILE**



**PROYECTO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PLÁSTICOS AGRÍCOLAS PROVENIENTES DE
LA REGIÓN DE VALPARAÍSO**

SEBASTIÁN FRANCISCO MENDOZA IRARRÁZABAL
TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
PROFESOR GUÍA DANIEL RAMÍREZ

OCTUBRE DE 2017

Agradecimientos

Primero que todo agradezco a mi familia, por brindarme la posibilidad y apoyo necesario, para realizar mis estudios. Sin duda no fue una tarea fácil, pero como todo en nuestra vida implica esfuerzo, dedicación, y valentía para lograr supera la inercia que siempre nos atasca, que sin su energía, no podría haber llegado al final de esta etapa. Quisiera dar gracias a mi pareja Mayte, que me acompañó en todo este proceso, fue mi compañera más fiel en esta travesía, le agradezco siempre por su humor y el cariño que me brindo, por siempre ser compresiva, y estar a su lado es lo que más amo.

Agradezco a mis compañeros y amigos, con los cuales pase eternas jornadas de estudios, les doy gracias por aceptarme como soy, y no juzgarme por mi ironía, espero que a cada uno de ustedes les vaya muy bien y cumplan todos sus sueños. Agradezco a mis profesores Daniel y Henrik, por ayudarme a desarrollar el tema, siempre con la cautela y precisión que los caracteriza. Además, y no menos importante, agradezco enormemente a don Daniel Galea, reciclador informal de Limache, sin su ayuda nunca hubiese podido desarrollar mi trabajo, su buena disposición y gentileza para ayudarme, es algo que siempre valoraré.

*“Fuera de la noche que me cubre, Negra como el abismo de polo a polo,
Agradezco a cualquier dios que pueda existir, Por mi alma inconquistable.
En las feroces garras de la circunstancia, Ni me he estremecido ni he llorado en voz alta,
Bajo los golpes de la suerte, Mi cabeza sangra, pero no se inclina,
Más allá de este lugar de furia y lágrimas, Es inminente el Horror de la sombra,
Y sin embargo la amenaza de los años, Me encuentra y me encontrará sin miedo.
No importa cuán estrecha sea la puerta, Cuán cargada de castigos la sentencia,
Soy el amo de mi destino, Soy el capitán de mi alma”.*

por William Ernts Henley.

1. Resumen

En Chile la actividad silvoagropecuaria representa cerca del 3% del Producto Interno Bruto (PIB), dada su magnitud la gestión de sus residuos es de vital importancia, ya que en su gran mayoría son compuestos de difícil degradación para el medio ambiente. Dentro de estos, los más importantes son: residuos de plásticos, residuos vegetales, residuos de poda y envases agroquímicos. Por otra parte, Chile es uno de los grandes consumidores de plástico de Latinoamérica, con un crecimiento anual cercano al 3%, registrándose en el año 2015 un consumo aparente de más de 910.000 [ton], y un consumo per-cápita de 51 [kg/hab], donde la industria agrícola consume el 8%. En particular la industria del reciclaje ha ido creciendo año tras año, según el Ministerio del Medio Ambiente existen más de 100 empresas dedicadas a la valorización de residuos, que reciclan alrededor del 13% de los plásticos generados.

Cuando hablamos de residuos plásticos agrícolas, en Chile no existen reportes por parte de entidades públicas y privadas que establezcan tasas de generación, ni tampoco información que describa el actual sistema de gestión de estos. No obstante existen varias zonas del país donde su uso es intensivo, y por ende, diversas iniciativas de reciclaje de estos, dentro de las cuales podemos mencionar: Valle de Azapa, Ovalle, Valle de Aconcagua, Valle de Longotoma, entre otras. Específicamente el sector agrícola de la Quinta Región: Quillota, Limache y Olmue, es una de las zonas del país con mayor cantidad de hectáreas de cultivo bajo invernadero. Según lo estimado en este estudio existen alrededor de 1.300 [ha] de cultivo bajo plástico y se generan cerca de 2.400 [ton] anualmente, que provienen en su mayoría de invernaderos, cintas de riego y mulch, de la cantidad generada, se reciclan alrededor del 90% equivalente a 2.200 [ton] anuales. En esta zona desde el año 1995, existe una industria de reciclaje informal basada en la recolección, pre-tratamiento, distribución y comercialización con empresas recicladoras, siendo principal la empresa Cambiasso Hnos. De este reciclaje se generan residuos, en general, el proceso de reciclaje mecánico genera dos tipos de residuos: residuos líquidos y residuos sólidos. Para este caso los residuos líquidos provienen de la operación de lavado, y los residuos sólidos se generan a partir de los plásticos no reciclables. Dichos residuos no poseen una buena disposición, dado que los residuos líquidos son vertidos de manera descontrolada en canales de regadío cercanos a los Centros de Acopio, y no reciben ningún tipo de tratamiento que permita eliminar posibles agentes contaminantes (tierra y agroquímicos). Mientras que los residuos sólidos, son incinerados ilegalmente o mezclados con residuos municipales. De manera estimada se determinó que se generan 3.300 [m³] de residuos líquidos, y un poco más de 19 [ton] de plástico no reciclable.

En el actual reciclaje informal de los plásticos agrícolas de la Quinta Región, se generan una serie de falencias como por ejemplo: falta de fiscalización laboral, ambiental y sanitaria, mala gestión de los residuos generados, incapacidad de establecer un diagnóstico de manera exacta de su gestión, y poca especialización en los procesos llevado a cabo en los centros de acopio. Desde el ámbito legislativo no existen normas que favorezcan la valorización de estos residuos, solo hay precedentes centrados en las Buenas Prácticas Agrícolas, impulsado por el Ministerio de Agricultura, donde se fomenta la sustentabilidad de los cultivos agrícolas, incluyendo la gestión de sus residuos.

Por ello en base a la información recopilada, se elaboró un proyecto, donde se indican los lineamientos y directrices a considerar para mejorar la gestión de los residuos plásticos. El principal objetivo del proyecto es disminuir la generación y contribuir al reciclaje, para evitar una mala disposición, avanzando así hacia una gestión integral de los residuos, en base a la educación ambiental de los productores, agricultores y recicladores, para mejorar las condiciones sociales, medio ambientales y laborales de todo el sistema que hoy en día se encuentra presente. En su fase inicial se debe realizar una encuesta enfocada en los agricultores y recicladores locales, que permitan fijar parámetros los cuales establezcan un diagnóstico y línea base del actual sistema, dentro de los cuales los más importantes son: tipo de plástico utilizado en la agricultura, área de cultivo bajo invernadero, cantidad de plástico generadas anualmente, cantidad de plástico reciclado anualmente, y por último la generación de residuos provenientes del reciclaje de plástico, cabe señalar que muchas de estas variables fueron abordadas en este estudio, pero solo son estimativas. Luego una vez obtenida esta información, viene la fase de desarrollo, donde se deben establecer los objetivos y metas, teniendo en cuenta tres parámetros fundamentales: nivel de participación, volumen de generación y volumen de recuperación. Por último viene la fase de ejecución, en la cual se deben realizar diversos programas de educación ambiental, que deben ser implementados y promocionados en todas las zonas agrícolas, que permitirán instruir a los agricultores y recicladores, para reducir la cantidad de plástico que se utiliza en los predios, mejorar el manejo y acopio de residuos, y conocer los puntos de recolección. Además se debe incluir a autoridades locales tales como la SEREMI de Agricultura, Municipalidades, y Asociaciones de Agricultores, ya que en su gran mayoría no poseen conocimiento que existe un reciclaje de este tipo de residuos.

Por último se propone incluir a los plásticos agrícolas dentro de la Ley 20.920 de fomento al Reciclaje, dado que permitirá fomentar el tratamiento y reciclaje de los residuos, permitirá incluir a todos los actores estratégicos, mayor regulación sanitaria y laboral, además implicará una formalización de las operaciones de los recicladores. Por otro lado se recomienda recopilar información, a nivel nacional, sobre la generación de residuos plásticos agrícolas, consumo de plásticos agrícolas, sistema de gestión, puesto que no existe un diagnóstico sobre el tratamiento de estos desechos y el posible daño medioambiental que han causado, y mientras no se establezca normas para el tratamiento de los residuos, dicha gestión será informal y solo tendrá un impacto local.

2. Abstract

In Chile, silvo-livestock activity accounts for about 3% of the Gross Domestic Product (GDP), given its magnitude the management of its waste is of vital importance, since in its great majority are compounds of difficult degradation for the environment. Among these, the most important are: plastic waste, vegetable waste, pruning waste and agrochemical packaging. On the other hand, Chile is one of the great plastic consumers of Latin America, with an annual growth of close to 3%, with an apparent consumption of more than 910,000 [tons] in 2015 and a per capita consumption of 51 [kg/hab], where the agricultural industry consumes 8%. In particular the recycling industry has been growing, according to the Ministry of the Environment there are more than 100 companies dedicated to the recovery of waste, which recycle about 13% of the plastics generated.

When we talk about agricultural plastic waste, in Chile there are no reports by public and private entities that establish generation rates, nor do they include information that describes the current management system. Nevertheless there are several areas of the country where its use is intensive, and therefore, several recycling initiatives of these, among which we can mention: Valley of Azapa, Ovalle, Valley of Aconcagua, Valley of Longotoma, among others. Specifically the agricultural sector of the Fifth Region: Quillota, Limache and Olmue, is one of the areas of the country with the greatest amount of hectares under greenhouse cultivation. As estimated in this study there are about 1,300 [ha] of cultivation under plastic and generate about 2,400 [ton] annually, which come mostly from greenhouses, irrigation tapes and mulch, from the amount generated, are recycled around of 90% equivalent to 2,200 [ton] per year. In this area since 1995, there is an informal recycling industry based on the collection, pre-treatment, distribution and commercialization with recycling companies, being the main company Cambiasso Hnos. This recycling generates waste, in general, the process of recycling. mechanical recycling generates two types of waste: liquid waste and solid waste. In this case the liquid waste comes from the washing operation, and the solid waste is generated from the non-recyclable plastics. These residues do not have a good disposition, since the liquid wastes are discharged uncontrollably in irrigation channels near the Collection Center, and do not receive any type of treatment to eliminate possible pollutants (soil and agrochemicals). While solid wastes are illegally incinerated or mixed with municipal waste. In an estimated way, it was determined that 3,300 [m³] of liquid waste is generated, and a little more than 19 [tons] of non-recyclable plastic.

In the current informal recycling of agricultural plastics in the Fifth Region, a series of shortcomings are generated, for example: lack of labor, environmental and sanitary control, poor management of waste generated, inability to establish an accurate diagnosis of its management, and little specialization in the processes carried out in the collection centers. From the legislative area there are no rules that favor the valorization of these residues, there are only precedents centered on the Good Agricultural Practices, promoted by the Ministry of Agriculture, where the sustainability of agricultural crops, including waste management, is promoted.

Therefore, based on the information gathered, a project was elaborated, indicating the guidelines and guidelines to be considered in order to improve the management of plastic waste. The main objective of the project is to reduce generation and contribute to recycling, in order to avoid a bad disposition, thus advancing towards a comprehensive waste management, based on the environmental education of producers, farmers and recyclers, to improve social conditions, environmental and labor conditions of the whole system that is present today. In the initial phase, a survey should be conducted focusing on farmers and local recyclers, which allow setting parameters that establish a diagnosis and baseline of the current system, among which the most important are: the type of plastic used in agriculture, area of greenhouse cultivation, amount of plastic generated annually, amount of plastic recycled annually, and finally the generation of waste from plastic recycling, it should be noted that many of these variables were addressed in this study, but are only estimates. Once this information is obtained, the development phase comes, where the objectives and goals must be established, taking into account three fundamental parameters: participation level, generation volume and recovery volume. Finally comes the implementation phase, in which various environmental education programs must be implemented, which must be implemented and promoted in all agricultural areas, which will enable farmers and recyclers to be instructed to reduce the amount of plastic used in the farms, to improve the handling and collection of waste, and to know the points of collection. In addition, local authorities such as the SEREMI of Agriculture, Municipalities, and Farmer Associations should be included, since most of them do not have knowledge that there is a recycling of this type of waste.

Finally, it is proposed to include agricultural plastics within the Law 20.920 of promotion to the Recycling, since it will allow to foment the treatment and recycling of the residues, will allow to include all the strategic actors, greater sanitary regulation and labor, in addition it will imply a formalization of the operations of recyclers. On the other hand, it is recommended to collect information at national level on the generation of agricultural plastic waste, consumption of agricultural plastics, management system, since there is no diagnosis on the treatment of these wastes and the possible environmental damage they have caused, and as long as norms are established for the treatment of waste, such management will be informal and will only have a local impact.

3. Glosario

AFIPA: Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas

APL: Acuerdo de Producción Limpia

ASIPLA: Asociación Gremial de Industriales de Plástico en Chile

BPA: Buenas Prácticas Agrícolas

CIREN: Centro de Información de Recursos Naturales

CONAMA: Comisión Nacional del Medio Ambiente

INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario

INE: Instituto Nacional de Estadísticas

INIA: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias

MMA: Ministerio del Medio Ambiente

NAFTA: Tratado de Libre Comercio de América del Norte

ODEPA: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias

PEAD: Polietileno de Alta Densidad

PEBD: Polietileno de Baja Densidad

PET: Polietileno Tereftalato

PP: Polipropileno

PS: Poliestireno

PVC: Cloruro de Polivinilo

SEREMI: Secretaria Regional Ministerial

4. Índice

4.1. Índice de Contenidos

Agradecimientos	2
1. Resumen.....	3
2. Abstract	5
3. Glosario	7
4. Índice	8
4.1. Índice de Contenidos.....	8
4.2. Índice de tablas	10
4.3. Índice de figuras	10
5. Introducción	12
6. Objetivos	14
6.1. Objetivos Generales	14
6.2. Objetivos específicos.....	14
7. Desarrollo del tema.....	15
7.1. CAPITULO I: Estado del Arte.....	15
7.1.1. Los plásticos	15
7.1.2. Métodos de Reciclaje	16
7.1.3. Reciclaje de Plástico en Chile	20
7.1.4. Reciclaje de Plástico Internacional.....	20
7.1.5. Reciclaje de Plástico Agrícola en Chile	25
7.2. CAPÍTULO II: Antecedentes Generales.....	27
7.2.1. Industria Agrícola	27
7.2.2. Plástico Agrícola	29
7.2.3. Impactos Medioambientales Plástico Agrícola.....	32
7.2.4. Zonas Agrícolas de Chile bajo Plástico	33
7.3. CAPITULO III: Análisis Mercado del Plástico.....	35
7.3.1. Alcances y Limitaciones del Estudio	35
7.3.2. Industria del Plástico en Chile	36
7.3.3. Consumo del Plástico	37
7.3.4. Oferta	42

7.3.5.	Comercio Exterior.....	45
7.3.6.	Precios Plástico Reciclado	49
7.4.	Capítulo IV: Disposición de Desechos Plásticos Agrícolas	53
7.4.1.	Metodología de Investigación	53
7.4.2.	Generación de Plástico Agrícola en Quillota, Olmue y Limache	54
7.4.3.	Manejo de Residuos Plásticos Agrícolas en Quillota, Olmue y Limache	55
7.4.4.	Descripción del proceso	57
7.4.5.	Diagrama flujo del proceso	59
7.4.6.	Impacto del actual Manejo de Residuos Plásticos Agrícolas.....	60
7.4.5	Marco Legislativo	63
7.5.	Capítulo V: Proyecto para Mejorar Gestión de Residuos Plásticos Agrícolas	67
7.5.1.	Estrategia de gestión residuos plástico agrícolas.....	67
7.5.2.	Implementación del proyecto	71
7.5.3.	Estructura Organizacional	73
8.	Conclusiones.....	74
9.	Referencias.....	77
10.	Anexos.....	82
10.1.	Producción plástico en porcentaje a nivel Mundial (2016).....	82
10.2.	Estimación del consumo de plástico en Chile.	83
10.3.	Estimación del oferta plástico reciclado en Chile.	86
10.4.	Origen importación de plástico como materia prima (2015).....	87
10.5.	Tipo de plástico importado como materia prima (2014)	88
10.6.	Exportaciones de productos manufacturados (2015).....	89
10.7.	Evolución del precio del petróleo (2016)	90
10.8.	Leyes y decretos de Chile asociados a la gestión de residuos sólidos	91
10.9.	Agroquímicos utilizados en Chile con potencial de contaminar el agua y suelos, y generar efectos desfavorables para la salud humana.	92
10.10.	Encuesta agrícola.....	95
10.11.	Bitácora solicitud de información	98
10.12.	Entrevista Reciclador Agrícola.....	100

4.2. Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación IPS plásticos termoestables	15
Tabla 2 Principales usos del plástico agrario.....	29
Tabla 3 Daños medioambientales plásticos agrícolas	32
Tabla 4 Estimación consumo plástico	41
Tabla 5 Estimación oferta plástico reciclado.....	44
Tabla 6 Precio nacional plástico reciclado como materia prima.....	51
Tabla 7 Fases del plan de gestión integral de residuos plástico agrícolas	72
Tabla 8 Recursos humanos.....	73
Tabla 9 Datos de consumo plástico Chile.....	83
Tabla 10 Estimación consumo plástico método lineal	84
Tabla 11 Estimación consumo plástico por variación porcentual.....	85
Tabla 12 Estimación consumo plástico	85
Tabla 13 Estimación oferta plástico reciclado.....	86
Tabla 14 Agroquímicos utilizados en Chile restringidos en otros países	93-89
Tabla 15 Bitácora de solicitud de información.....	98-94

4.3. Índice de figuras

Fig. 1 Representación esquemática extrusor huesillo sencillo	17
Fig. 2 Evolución del reciclaje de plástico en Europa.....	21
Fig. 3 Plástico post-consumo reciclado en EE.UU proveniente de Films (2005-2015).....	22
Fig. 4 Residuos plástico importados en China 2006-2014.....	23
Fig. 5 Residuos plásticos reciclados en Argentina	24
Fig. 6 Recuperación envases fitosanitarios de plástico en el periodo 2001-2016	26
Fig. 7 Crecimiento promedio anual Silvoagropecuario	27
Fig. 8 Distribución huertos frutícola V Región.....	28
Fig. 9 Acolchado transparente	30
Fig. 10 Silo negro	30
Fig. 11 Cintas de riego	31
Fig. 12 Tunelillos.....	31
Fig. 13 Imagen satelital del Valle de Azapa, XV Región, zona Las Maitas	33

Fig. 14 Imagen satelital de Zona agrícola al Sur de Quillota, V Región	34
Fig. 15 Principales actores de la industria de plástico nacional	36
Fig. 16 Gráfica consumo aparente plástico en Chile	37
Fig. 17 Consumo plástico como materia prima en Chile.....	38
Fig. 18 Importación plástico reciclado	39
Fig. 19 Gráfico consumo plástico por industria.....	40
Fig. 20 Importación Productos Plásticos Manufacturados en Chile.....	45
Fig. 21 Importación Plástico Materia Prima en Chile	46
Fig. 22 Exportación productos manufacturados en Chile	47
Fig. 23 Exportación de desechos plásticos en Chile	48
Fig. 24 Precio internacional PEAD	49
Fig. 25 Precio internacional PEBD	50
Fig. 26 Comparación precios internacionales y nacionales de compra de plástico	52
Fig. 27 Distribución cultivos agrícolas de invernadero.....	55
Fig. 28 Imagen de acopio de plástico sin protección	57
Fig. 29 Representación equipo de lavado giratorio	58
Fig. 30 Generación desechos del reciclaje de plástico agrícola de la Quinta Región.....	62
Fig. 31 Jerarquización gestión integral de residuos sólidos	67
Fig. 32 Participantes estratégicos para la gestión integral de los residuos	69
Fig. 33 Tópicos de educación ambiental del proyecto para mejorar la Gestión de Residuos Plásticos Agrícolas	70
Fig. 34 Producción mundial plástico en porcentaje	82
Fig. 35 Gráfica consumo per cápita de plástico versus población	84
Fig. 36 Origen importaciones de plástico en el año 2015	87
Fig. 37 Tipo de plástico importado como materia prima en el año 2014	88
Fig. 38 Exportaciones de productos manufacturados de plástico en al año 2015	89
Fig. 39 Evolución del precio del petróleo	90
Fig. 40 Leyes y decretos asociados a la gestión de residuos sólidos.....	91
Fig. 41 Pesticidas utilizados en Chile con permanencia activa en el suelo	92

5. Introducción

La actividad agrícola es una de las más importantes a nivel mundial, según La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), desde el año 1950 hasta el 2000 su producción ha aumentado 1,6 veces. Debido a esto al pasar de los años se han ido implementando diversas técnicas e innovando con nuevas tecnologías para mejorar la productividad, siendo una de estas el cultivo bajo un ambiente controlado. La idea de controlar el entorno climático de los cultivos proviene desde épocas romanas, donde se utilizaban estructuras cubiertas con telas impregnadas en aceites que parecían invernaderos, y que permitían tener alimentos en diversas épocas del año. Los invernaderos son estructuras que controlan la temperatura, humedad y otros factores medio ambientales que favorecen la producción agrícola. Los primeros invernaderos como tal, se fabricaron en el siglo XIII, estos estaban cubiertos de vidrio y eran utilizados para conservar plantas exóticas traídas de lugares lejanos de Europa. A partir del siglo XVII se masifico su uso, ya que se mejoraron las técnicas de cultivo bajo este tipo de estructuras, como también las técnicas de fabricación del vidrio, que permitió la protección de los cultivos en épocas invernales sin utilizar energía y estufas calefactoras (López & Pérez, 2005). Es a partir de la Segunda Guerra Mundial, cuando se comenzó a utilizar el plástico como material para recubrir los invernaderos, donde el profesor E. M. Emmert de la Universidad de Kentucky de Estados Unidos, comenzó a utilizar dicho material para reemplazar el vidrio, que por muchos años fue el único material con el cual eran cubiertos dichas estructuras (Fundación COTEC , 2009).

El plástico es un polímero que deriva de los hidrocarburos y representa cerca de un 5% de la producción mundial de petróleo (Asipla, 2014, pág. 1). Sin duda es uno de los productos más consumidos a nivel mundial, puesto que sus propiedades termoestables le permiten tener un sin fin de aplicaciones, dentro de las cuales, se encuentra los plásticos utilizado en la agricultura. En las últimas tres décadas debido a un mayor conocimiento sobre las aplicaciones que posee este material, el plástico se ha posicionado como un componente fundamental en la cadena productiva agrícola. Los plásticos más utilizados son PEAD, PEBD, PP y PS, siendo el PEAD y PEBD los más consumidos, debido que a partir de estos se fabrican films plásticos que son utilizados como mulchs o recubrimiento de invernaderos. Por otra, parte una enorme cantidad de plástico es destinada para la elaboración de envases y contenedores de plantas, donde el PP y PS son los más utilizados, dado que poseen una mayor resistencia a los golpes y temperaturas (Agriculters, 2015).

Dicho aumento conlleva un incremento en la generación de desechos plásticos provenientes de la agricultura, ya que los plásticos a medida que se van usando comienzan a deteriorarse y degradarse producto de la radiación ultra violeta. La acumulación de desechos plásticos en zonas agrícolas produce una serie de problemas medio ambientales, dentro de los cuales podemos mencionar: contaminación de aguas superficiales, disminución de la fertilidad de predios agrícolas, y generación de micro basurales que generan problemas sanitarios (Ángeles, 2002).

En Chile se consumen alrededor de 73.000 toneladas anuales de plástico para la agricultura (Asiplas, 2016), pese a ello, no existen estudios ni información oficial de cuál es la tasas de generación de estos residuos y su tratamiento. En específico la Quinta Región en la zona de Quillota, Limache y Olmue, durante muchos años se ha caracterizado por ser una zona donde existe un uso intensivo del plástico, con cultivos bajo invernaderos. Según información del Ministerio de Agricultura, en el año 2007 a lo largo del país, existían más de 2.000 [ha] de cultivos bajo invernadero, las cuales se concentraban en la Regiones de Valparaíso, Araucanía y los Lagos. Pero esta cifra ha aumentado considerablemente, ya que en la actualidad solo la región de Valparaíso posee alrededor de 1.300 [ha] de cultivo bajo plástico.

En diversas zonas del país existen malas prácticas para disponer de los plásticos agrícolas, dentro de las cuales podemos mencionar: quemas ilegales, botaderos en zonas abandonadas, y entierro de estos desechos, estas malas prácticas en la Quinta Región no son habituales, ya que existe un alto grado de reciclaje de estos desechos llevado a cabo por recicladores informales, que reduce el impacto de una mala disposición. Las buenas prácticas locales, se centran en la recolección y lavado del plástico, para luego ser comercializado en empresas recicladoras, dado el aumento de estas empresas, se ha generado un alza en este mercado y con ello un incrementado del interés por recuperar los plásticos de diversas industrias, donde el ciclo de vida de estos sea corto y estén en condiciones favorables para su reciclaje.

Por lo dicho anteriormente, es importante tener información sobre la generación de los residuos plásticos que provienen de la agricultura, vista esta como una de las actividades económicas más importante de país que representa cerca del 3 % del Producto Interno Bruto (PIB), y según la Comisión Nacional del Medio Ambiente en su Reporte de Manejo de Residuos Sólidos del año 2010, el sector Agrícola y Forestal genera el 15% de los residuos industriales, siendo la tercera industria que genera más residuos, por debajo de la industria manufacturera y el sector de construcción. Además Chile desde el año 2010 forma parte de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), lo que implica tener elevadas políticas públicas en materia medio ambiental, obligando al país a tener información sobre la generación, valorización y eliminación de residuos sólidos (y residuos en general), para así difundir adecuadamente dicha información a la población.

6. Objetivos

6.1. Objetivos Generales

- Identificar el actual sistema de manejo de residuos plásticos provenientes de las zonas agrícolas de la Quinta Región, específicamente las zonas de Quillota, Limache y Olmue.
- Formular un proyecto mediante el cual se establezca una gestión integral de los residuos plásticos agrícolas, que contribuya a disminuir y fomentar su prevención, reciclaje y valorización, para lograr así una adecuada disposición final.

6.2. Objetivos específicos

- Analizar el mercado del plástico en Chile.
- Identificar las zonas de Chile donde se utiliza plástico de invernadero.
- Definir la cantidad de plástico que se genera en la zona agrícola de Quillota, Limache y Olmue, e identificar cuáles son los plásticos más generados.
- Determinar la cantidad de plástico agrícola que se recicla de la zona de Quillota, Limache y Olmue.
- Describir el actual sistema de reciclaje de la zona y analizar las falencias que posee.
- Establecer los lineamientos y herramientas que permitirán mejorar el actual sistema de manejo de los residuos plásticos agrícolas.

7. Desarrollo del tema

7.1. CAPITULO I: Estado del Arte

7.1.1. Los plásticos

Los plásticos son un material sintético obtenido mediante la polimerización de compuesto orgánicos derivado de los hidrocarburos, se estima que cerca del 5% de la producción mundial de petróleo y gas es utilizada para la producción de plástico (Asipla, 2014, pág. 1). Se pueden clasificar según el comportamiento que tiene a los cambios de temperatura, donde existen dos grandes grupos: termoestables y termoplásticos. Los termoestables se caracterizan por poseer una alta estabilidad térmica, resistencia a la termofluencia y deformación bajo carga, se usan principalmente para la fabricación de dispositivos eléctricos, y como elemento de aislación. En cambio, los termoplásticos son aquellos que pueden ser sometidos a calor y ser moldeados en nuevos productos sin perder sus propiedades químicas y mecánicas, son utilizados mayoritariamente para la producción de envases y embalajes (Universidad Politécnica de Valencia, 2016). Las características de los termoestables favorecen a que sean productos reciclables, se clasifican en 7 categorías según la Asociación Industrial del Plástico.

Tabla 1 Clasificación IPS plásticos termoestables

Números	Abreviatura	Nombre
	PET	Polietileno Tereftalato
	PEAD	Polietileno de Alta Densidad
	PVC	Cloruro de Polivinilo
	PEBD	Polietileno de Baja Densidad
	PP	Polipropileno
	PS	Poliestireno
	Otros	Cualquier otro termoplástico

7.1.2. Métodos de Reciclaje

7.1.2.1. Reciclado mecánico

El reciclado mecánico es un proceso mediante el cual se utiliza diferentes operaciones que permiten recuperar los residuos plásticos, incorporándolos a un nuevo ciclo de consumo sin modificar su estructura molecular. Principalmente se utilizan como materia prima para la fabricación de otros productos, como por ejemplo: bolsas, láminas de plásticos, maceteros, envases, contenedores, entre otros. Existen diversas etapas dentro de las cuales las más importantes son:

a) *Recolección:* El proceso de recolección consiste en el transporte residuos desde su punto de generación hacia la planta de reciclaje. Para desarrollar un buen sistema de recolección es importante considerar el tipo de plástico, la cantidad de residuos a transportar y las rutas de acceso disponibles. Los sistemas de recolección suelen ser importantes en el proceso del reciclaje, dado que un mal método puede generar altos costos operacionales y se debe asegurar el suministro de materia prima (Universidad Valladolid, 2016).

b) *Clasificación*

En esta etapa se reciben los materiales a reciclar y se seleccionan según tipo de residuos (tipo de plástico). Existen técnicas de clasificación basada en diversos métodos físicos o manuales que permiten separar los residuos. Dentro de las cuales las más importantes son: separación manual, separación por densidad, separación por medios ópticos y separación electrostática (Vázquez, Espinosa, Beltrán, & Velazco, 2014).

c) *Molienda*

Previo a la molienda, usualmente se realizan cortes mediante procesos manuales o mecánico que contribuyen al manejo del material, esto tiene como objetivo reducir el diámetro del material.

Una vez reducido el tamaño, el plástico se transporta mediante un sistema de alimentación compuesto por tolvas y correas transportadoras que abastecen al molino. Dicho componente posee un sistema de corte, conformado por un eje giratorio abastecido por un motor eléctrico, una banda de transmisión y cuchillas fijas que realizan los cortes. El tamaño del plástico se reduce (dependiendo del molino) y caen por gravedad pasando a la siguiente etapa (Rivera, 2004, págs. 42-43).

d) *Limpieza*

Los plásticos suelen venir con diversos agentes contaminantes que afectan el proceso de molienda y extrusión. Los sistemas de limpieza pueden realizarse previo o posterior a la molienda, dependiendo del porcentaje de agentes contaminantes.

Esta etapa tiene como objetivo separar los residuos del plástico, generalmente se utilizan equipos que ocupan agua, soda caustica y detergente como agente disolvente (Rivera, 2004, pág. 43).

e) Secado

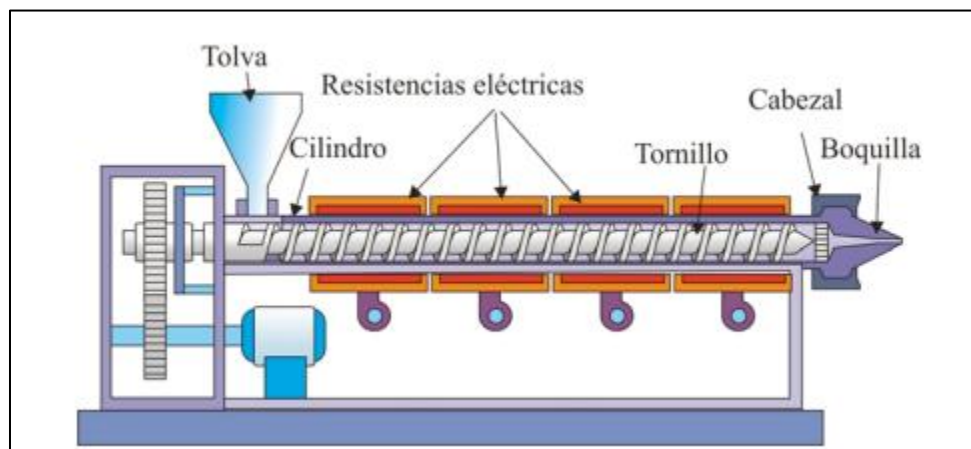
El objetivo de esta etapa, es retirar la humedad que posee el scraps, se recomienda una humedad final de 0,5% (Rivera, 2004, pág. 44). Existen diversas técnicas de secado, como por ejemplo: secador rotatorio, escurridor centrífuga o de manera natural (secado al sol).

f) Peletizado

Es un proceso en el cual el plástico es homogenizado, el equipo principal es el *Extrusor*. Dicho componente posee una forma cilíndrica e incluye un tornillo sin fin que comprime el aglomerado, provocando un cambio de la densidad del material (Rivera, 2004, págs. 44-45). Las altas temperaturas generadas por la fricción del proceso y el sistema de calefacción (resistencia eléctrica), genera la fundición del material.

El material homogenizado pasa a través de un sistema de moldeado que genera un “fideo de plástico”. Finalmente, este pasa a través de un sistema de corte compuesto de cuchillas giratorias que generan los pellets de plásticos. Dichos elementos, son enfriados mediante un sistema de refrigeración que utiliza agua u otro elemento refrigerante.

Fig. 1 Representación esquemática extrusor huesillo sencillo



Fuente: Extrusión, Tecnología de los Polímeros, Departamento Ingeniería Química, Universidad de Alicante

7.1.2.2. *Reciclado químico*

El reciclado químico, es un proceso en el cual se modifica la estructura molecular del plástico, mediante descomposición química. De este se obtienen monómeros que pueden ser utilizados como materia prima para procesos industriales. Los métodos más importantes se mencionan a continuación.

a) Despolimerización química: La despolimerización es la descomposición de los polímeros de plásticos. Dicha descomposición es una reacción química que se produce utilizando diferentes agentes, existen distintos mecanismo de despolimerización dentro de los cuales lo más importantes son: Metanólisis (con metanol), Glicólisis (con glicol) e Hidrólisis (Colet, 2015, pág. 7). Los monómeros producidos se pueden utilizar para la industria petroquímica o para la generación de plástico.

Este proceso es utilizado en los plásticos de condensación, que poseen grupos funcionales unidos por enlaces débiles, los cuales son más propensos a la disociación. Tales como: Poliésteres, Poliamidas y Polietileno Tereftalato (Arandes, Bilbao & López, 2004, pág.33-34).

b) Gasificación: Es un proceso mediante el cual se oxidan los plásticos, generando hidrocarburos y gas de síntesis. Las temperaturas de este proceso varían entre 700 y 1600°C y puede alcanzar presiones de 90 [bar]. Una de las ventajas de este proceso, es que puede tratar mezclas plásticas, sin una segregación previa (Rivera, 2004, pág. 49).

c) Termólisis: La termólisis es una degradación térmica en una atmosfera inerte, que alcanza temperaturas entre los 400 y 800°C. Su principal producto son: líquidos y ceras (que pueden ser utilizados como combustibles de alta calidad), gases (metano, eteno y propeno) y residuos sólidos. Generalmente los productos de la pirolisis térmica no pueden ser utilizados directamente como combustible, ya que deben ser procesados previamente (Colet, 2015, págs. 8-9).

d) Hidrogenación: Es un proceso en el cual se degrada térmicamente el plástico, en una atmosfera con exceso de hidrógeno. La presencia de hidrógeno favorece la producción de combustibles que permite generar combustibles que pueden ser utilizados directamente, donde los más importantes son: parafinas, naftas, aromáticos y olefinas. Dicho proceso alcanza temperaturas entre los 400 y 500°C y altas presiones entre los 150 y 300 bar (Arandes, Bilbao & López, 2004, pág.32).

7.1.2.3. Valorización energética

Los plásticos poseen un alto poder calorífico, en comparación con combustibles convencionales como el Fuel-Oil o Madera. Dicha característica lo hace buen material de combustión, que generalmente, se utiliza en proceso de incineración para generar energía eléctrica.

La incineración es un método por el cual se somete a los residuos a elevadas temperaturas, mediante una combustión controlada, generando residuos gaseosos, residuos sólidos y energía. Dicho proceso posee diversos sistemas dentro de los cuales los más importantes son: Horno, Sistema de recuperación de energía y Sistema de limpieza de gases. Cada uno de estos sistemas interactúa entre sí, con el objetivo de reducir el volumen de los residuos combustiónados, generar energía eléctrica y disminuir la emisión de gases contaminantes (Ministerio Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011).

El proceso más importante de la incineración es la combustión, la cual se lleva a cabo en el horno. El principal objetivo de este proceso es la eliminación de residuos y la generación de energía calórica para la evaporación de gases. La combustión posee diversas etapas dentro de las cuales las más importantes son:

- a) **Secado:** Se desprende los componentes volátiles (agua, hidrocarburos), con temperaturas pueden variar entre 100 y 300°C.
- b) **Volatilización:** En esta etapa, se descomponen las sustancias orgánicas, aquí el rango de temperatura varía entre los 250 y 750°C.
- c) **Gasificación:** Durante este proceso los compuestos volátiles deben ser combustiónados completamente, por lo cual, las temperaturas suelen estar entre 500 y 1000°C. Los residuos carbonados reaccionan con el vapor de agua y CO₂ producido.
- d) **Combustión total:** Las gases combustibles se oxidan llegando a temperatura entre 800 y 1500[°C]. En esta etapa se termina de combustiónar la fracción que aún contiene carbón.

De la combustión se generan diversos gases, donde el vapor de agua, nitrógeno, dióxido de carbono y oxígeno, representan el 90% del peso. Según la composición del material combustiónado, se producen trazas de gases contaminantes tales como: CO, HCl, HF, HBr, HI, NO_x, SO₂, VOC, PCB y compuestos de metales pesados entre otros. También se producen cenizas que poseen sales y materia inorgánica no combustible. Parte de las cenizas quedan depositadas en el horno y otra parte es expulsada como material particulado fino (Ministerio Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011).

7.1.3. Reciclaje de Plástico en Chile

En Chile la industria del plástico genera alrededor de 40 mil puestos de trabajo y existen alrededor de 370 compañías dedicadas a la importación y fabricación de productos manufacturados. En el año 2015 el consumo aparente de plástico fue de 913.000 [ton], equivalente a un consumo per cápita de 51 [kg/hab], los más consumidos fueron el PEAD, PEBD y PET que representaron el 30% de las importaciones (Asiplas, 2016). En los últimos años se han ido aumentando el mercado de reciclaje, reflejándose en un aumento en las tasas de valorización, según CONAMA en el año 2003 el reciclaje de plástico no superaba el 3%, pero en la actualidad de las 350.000 [ton] que se generan cerca del 13% se recicla, y se espera que dicha cifra siga aumentando con la implementación de la Ley 20.920.

A lo largo de país existen diversas empresas que se dedican a la valorización de residuos, según información entregada por CONAMA en el año 2000 existían 33 empresas de valorización de residuos (reciclaje, compostaje y co-incineración), y en el año 2009 esta cifra aumento hasta 137. La mayoría de las empresas de reciclaje utilizan procesos mecánicos, por el cual se obtienen pellets de plástico que son vendidos en el extranjero y en el medio local. Un ejemplo de esto es la empresa Recipet, dedicada al reciclaje de botellas plásticas y fabricación de plástico reciclado que abastece a la empresa TYPACK, la cual fabrica diversos envases PET que son comercializados en todo Chile. Por otro lado existen diversas iniciativas Municipales que contribuyen al reciclaje aumenta la demanda de servicios de recolección y tratamiento. Según una encuesta desarrollada por CIPA donde participaron 50 municipios del país, cerca del 46% declaro tener puntos de reciclaje y realizar campañas de difusión. Dichos municipios se encontraban en diversas zonas del país tales como Santiago, Viña del Mar, San Antonio, Villarica, Chillan y Osorno. En la mayoría de los casos existe una empresa externa que se encargaba de la capacitación y retiro de los residuos hacía los centros de reciclaje. Según el Ministerio del Medio Ambiente existen cerca de 200 puntos limpios a lo largo del país de los cuales 50% se encuentra en Santiago, 33% en la Región de la Araucanía y el resto en diversas comunas de la región de Tarapacá, Antofagasta, Coquimbo, Valparaíso, O'Higgins, Maule y Los Ríos (Asipla, 2014, pág. 5). Pese a que han aumentado las iniciativas de reciclaje en todo el país, existe una falta de hábito por parte de los consumidores en implementar prácticas y acciones que mejoren el acopio de materia prima. Viéndose reflejado en las cerca de 15.000 [ton] anuales que importa Chile, para abastecer a las plantas recicladoras.

7.1.4. Reciclaje de Plástico Internacional

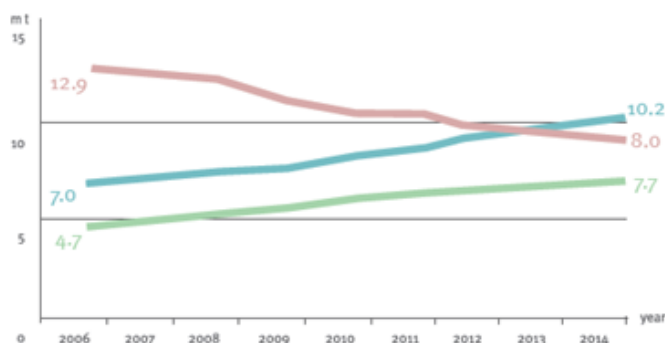
La producción mundial de plástico en el último tiempo ha ido aumentando. Según cifras de Plastic Europe en el año 2015, se produjeron cerca de 322 millones de toneladas, lo que representó un aumento del 3% respecto al año 2014. Desde el año 2011 hasta el 2015, se ha registrado un comportamiento positivo en la producción, el promedio ponderado del crecimiento se ha mantenido entorno al 3,5%. El mayor productor en el mundo es China, en el año 2015 represento el 27,8% del total (equivalente a 75 millones de toneladas) seguido por Europa y Nafta, que produjeron 18,5% cada uno (Plastics Europe, 2016).

Europa

En Europa el mercado de plástico es de suma importancia, anualmente genera 1.3 millones de empleos y existen alrededor de 62.000 compañías dedicada a la comercialización, producción o manufactura de productos, las cuales en el año 2015 generaron \$ 340 billones de euros. Según cifras de Plastic Europe en el año 2015 se produjeron 58 millones de toneladas, lo que representó una disminución del 2% respecto el año 2014. La demanda del plástico fue de 49 millones de toneladas, concentrada en 5 países; Alemania, Italia, Francia, Gran Bretaña y España, que en conjunto representaron 64 % del total. De esta demanda el 60% fue destinado a la industria de Packaging y Construcción, mientras que la industria agrícola consumió 3,4%. Los más consumidos fueron el PP (19%) y el PEAD-PEBD (17%). En el año 2014 se generaron cerca de 25,8 millones de tonelada de residuos plásticos, de las cuales se recuperó el 69,2% a través de reciclaje y proyectos de valorización energética, mientras que 30,8% restante termino en vertederos (Plastic Europe, 2016).

Desde el año 2006 al 2014, se ha reducido en un 38% las toneladas de residuos que llegan a los vertederos y se han aumentado en más del 35% las toneladas recicladas (Plastic Europe, 2016). En el año 2006 se dispusieron cerca de 13 millones de toneladas de plástico en los vertederos de toda Europa (curva roja de la figura 2), mientras que en el año 2014 esta cifra se redujo a 8 millones. Los métodos más utilizados para reciclaje son: reciclado mecánico y valorización energética. En el año 2014 se reciclaron 10,2 millones de toneladas utilizando los métodos mecánicos (curva azul de la figura 2) y 7,7 millones de toneladas se reciclaron por medio de la valorización energética (curva verde de la figura 2), aumentando en conjunto un 35% la cantidad de plástico reciclado en comparación con el año 2006 (Plastic Europe, 2016). Países como Alemania, Suecia, Bélgica y Dinamarca poseen tasas de reciclaje mayor al 90%, donde predomina el reciclaje por medio de valorización energética. Mientras que países como Francia, Italia, España y Portugal poseen tasas entre un 50% y 60%, donde el reciclaje mecánico y valorización energética son las técnicas más comunes (Plastic Recycler Europe, 2013).

Fig. 2 Evolución del reciclaje de plástico en Europa



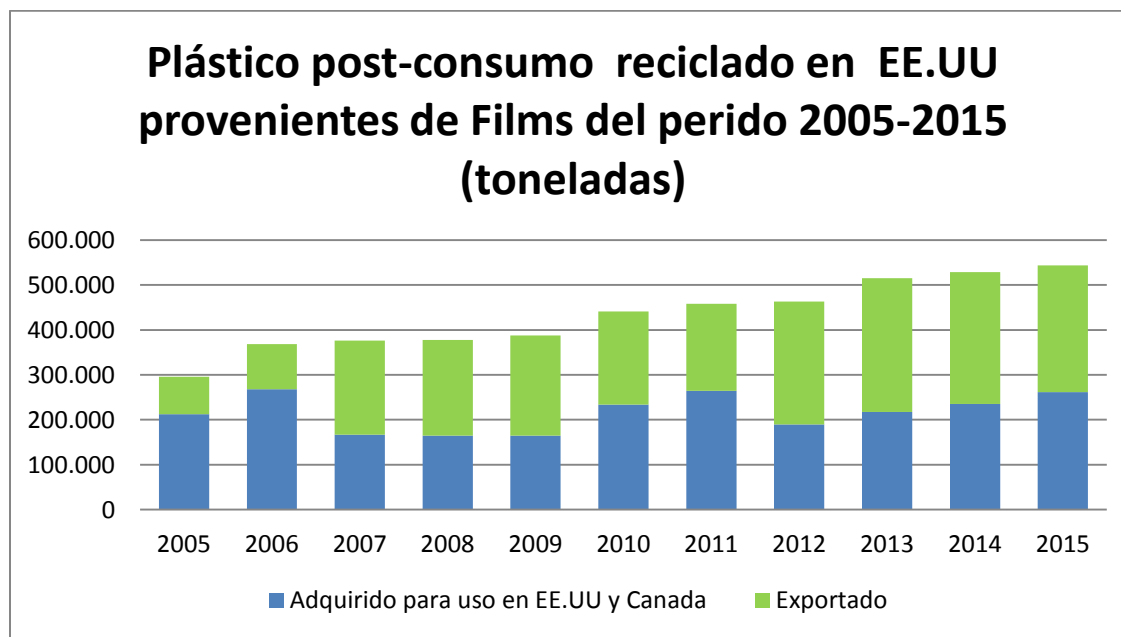
Fuente: The Facts, Plastic Europe (2015)

Estados Unidos

Estado Unidos es uno de los grandes productores a nivel mundial, la industria del plástico genera alrededor de uno 950.000 puestos de trabajo y existen cerca de 18.000 compañías activas, es así como dicha industria, genera cerca de US\$ 380 millones de dólares anualmente (The Plastic Industry Association, 2016).

En el año 2015 se produjeron cerca de 42 millones de toneladas de termoplásticos, mientras que en el año 2016 dicha cifra fue de 43 millones de toneladas, lo que representó un aumento del 2,3% (Plastic American Chemistry, 2017). En el año 2015 el 50% de la demanda fue destinado para la industria del Packing y la Construcción (The Statistics Portal, 2017), siendo los más producidos el PP (18%) y el PEAD-PEBD (43%) (Plastic American Chemistry, 2017). En el año 2015 se reciclaron cerca 545 mil toneladas de plástico post-consumo, donde cerca de 280 mil toneladas fueron exportadas (ver figura 3). Del porcentaje reciclado el 46% proveniente de bolsas y films que se origina del comercio, y un 12% de films provenientes de la industria agrícola (The Association of Plastic Recyclers, 2015 a). En el caso de las botellas PET en el año 2015 se reciclaron más de un millón de toneladas, lo que represento cerca del 30% del PET consumido en ese mismo año (The Association of Plastic Recyclers, 2015 b).

Fig. 3 Plástico post-consumo reciclado en EE.UU proveniente de Films (2005-2015)



Fuente: Elaboración propia a partir datos de The Associations of Plastic Recyclers 2015

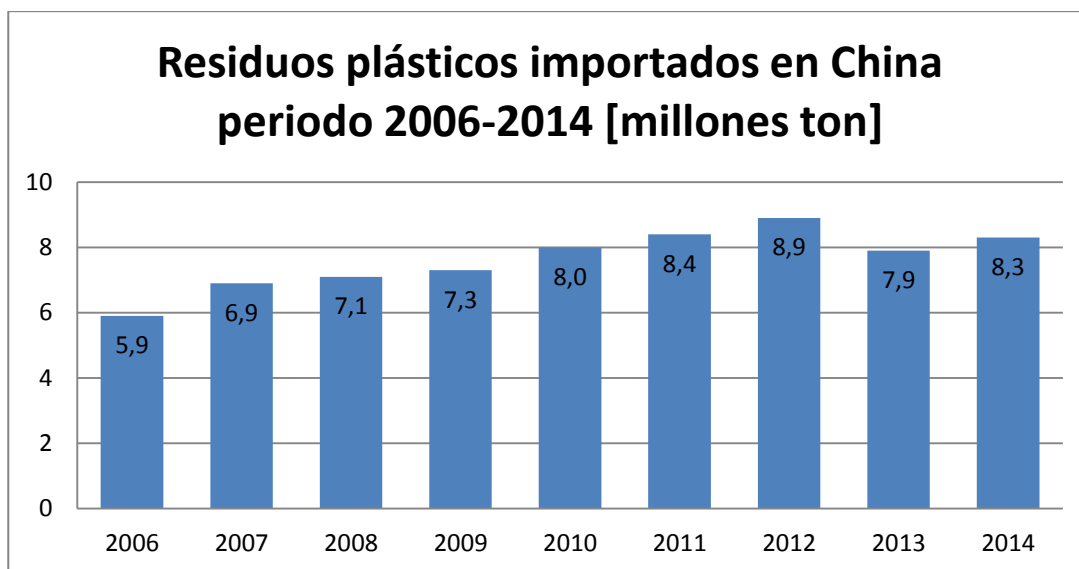
Según datos de Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos, en el año 2014 cerca del 13% de los residuos sólidos domiciliarios pertenecieron a plástico, equivalente a 33 millones de toneladas. De las cuales 3 millones de toneladas fueron recicladas mecánicamente, 5 millones de toneladas se reciclaron por medio de valorización energética y 25 millones de toneladas terminaron en los rellenos sanitarios.

China

China desde el año 2013 se ha posicionado como el mayor productor de plástico a nivel mundial generando casi más del 25% (The Statistics Plastic, 2016), es una industria que genera ventas cercanas a los ¥ 850 millones de yuanes anualmente (cercano a los 1,4 billones de dólares). En el año 2014 produjeron cerca de 70 millones de toneladas de plástico como materia prima, lo que representó un 14% más que el año 2013. Existen cerca de 1.700 industrias dedicadas solo a la producción, donde las 10 compañías más grandes generan el 19% de la producción (Sun, 2015). En el año 2014 se consumieron cerca de 62 millones de toneladas, equivalente a un consumo per cápita de 46 [kg/hab]. La industria agrícola consumió cerca de 2,5 millones de toneladas, donde la mayoría proviene de films e invernadero de polietileno (Collective Responsibility, 2015). Las importaciones de plástico como materia prima, en el año 2014 fueron de 32 millones de toneladas, representado cerca de un tercio del consumo aparente a nivel nacional. Los principales importadores son Corea del Sur, Taiwán, Arabia Saudita y Japón. Además en el mismo periodo, las exportaciones aumentaron un 22% llegando a 5 millones toneladas, donde los principales destinos eran Japón, Rusia y Estados Unidos (Sun, 2015).

Por otro lado China es uno de los países que revaloriza más toneladas de plástico a nivel mundial, en el año 2011 recuperaron cerca de 23,4 millones de toneladas de desechos. De las cuales el 64% pertenecía a la recuperación de desechos domiciliarios y el 36% restante correspondía a desechos importados provenientes principalmente de Hong Kong, Tailandia y Japón (Costas Velis, 2014). Desde el año 2006 hasta el año 2012 ha aumentado la importación, sin embargo en el año 2013 hubo una disminución del 11% (respecto al año 2012). Dicha disminución se debe principalmente a la implementación de un programa del Gobierno Chino, el cual afectó a las pequeñas empresas que no pudieron alcanzar los estándares ambientales, y fueron disueltas (Kennedy, 2016).

Fig. 4 Residuos plástico importados en China 2006-2014



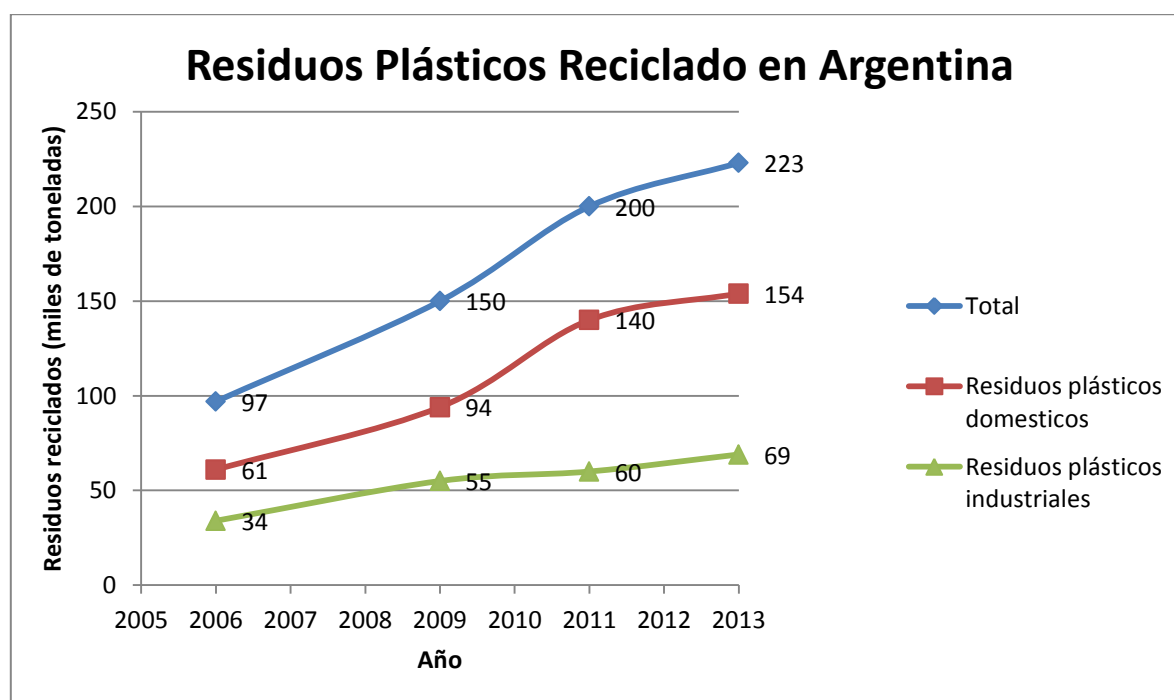
Fuente: Elaboración propia a partir de datos: Costa Velis (2014) y Joseph Kennedy (2016)

Argentina

Argentina es uno de los grandes productores de plástico de Latinoamérica, existen 2.795 empresas dedicadas a la manufactura de productos y fabricación de materia prima, las cuales poseen una capacidad de producción cercana a 1,5 millones de toneladas. En el año 2013 el consumo aparente fue un poco más de 1,75 millones de toneladas equivalente a un consumo per cápita de 43 [kg/hab], los plásticos más consumidos son PEBD, PEAD y PP que representan el 57% (Eco Plas, 2013).

Respecto a la industria del reciclaje, en el año 2013 se recuperaron 223.000 [ton] donde el 69% provino de residuos domésticos, y el otro 31% de desechos industriales y agrícolas. Desde el año 2006 hasta el año 2013 ha aumentado la cantidad de desechos reciclados, su crecimiento anual ha estado entorno al 25% (Eco Plas, 2013). La mayoría de las empresas recicladoras se encuentra en la provincia de Buenos Aires, como por ejemplo la recicladora Alta Plastic se dedica al reciclaje de PEAB, PEBD y PP, al igual que la empresa Reciclar que se encuentra cerca de Sarandí.

Fig. 5 Residuos plásticos reciclados en Argentina



Fuente: Elaboración propia a partir de datos Eco Plas 2013

7.1.5. Reciclaje de Plástico Agrícola en Chile

En particular cuando hablamos de valorización de los residuos plásticos agrícolas, en Chile no se posee información sobre el volumen de generación residuos plástico, ni tampoco su volumen de valorización o reciclaje. De manera informal existen trabajadores que llevan a cabo labores de reciclaje la cual consisten en la recolección y lavado, para luego vender los residuos a empresas recicladoras, con el objetivo de generar un beneficio económico. No obstante es difícil establecer el número de recicladores que existen a lo largo del país, ni mucho menos establecer un volumen de las toneladas que reciclan anualmente.

Existen lineamientos por parte del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), dependiente del Ministerio de Agricultura, donde la Unidad de Sustentabilidad Ambiental a partir del año 2014 lleva a cabo el programa Protocolo de Agricultura Sustentable, que tiene como objetivo promover la productividad agrícola y forestal, basándose en la sustentabilidad ambiental y social. Dicho protocolo posee diez principios fundamentales dentro de los cuales se encuentra:

- a) Monitoreo y uso del recurso hídrico.
- b) Respeto por los derechos humanos, condiciones de trabajo y protección social.
- c) *Manejo de residuos.*
- d) Manejo y aplicación de agroquímicos.
- e) Gestión de la inocuidad y trazabilidad.
- f) Relación con las comunidades locales.
- g) Gestión de la biodiversidad y servicios eco sistémicos.
- h) Gestión energética.
- i) Manejo y conservación de suelo.
- j) Aseguramiento de la sanidad y bienestar animal.

Dentro del manejo de residuos se establece una política la cual promueve la minimización, reciclaje y reutilización de residuos sólidos, líquidos y sólidos, como también una correcta disposición de estos de manera de no generar daños a la salud humana ni el ecosistema. En el marco de esta política se han firmado 5 Acuerdos de Producción Limpia (APL) dentro de los cuales se encuentra:

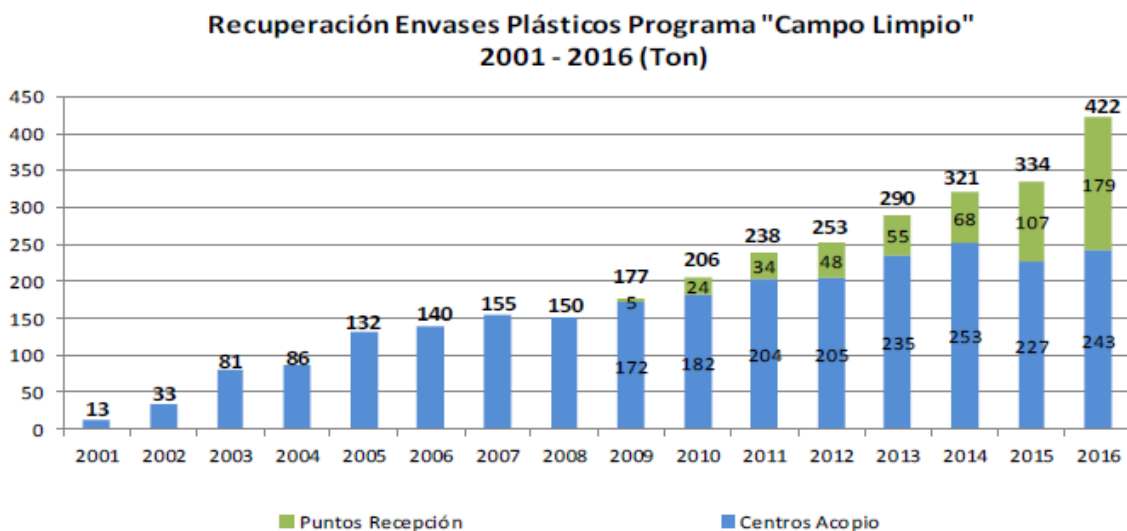
- a) APL de productores de tomate bajo plástico (Región de Valparaíso)
- b) APL-S de uva de mesa (Región de Valparaíso)
- c) APL-S de berries del Ranco (Región de Los Ríos)
- d) APL-S de Frutales de La Araucanía (Región de La Araucanía)
- e) APL-S de productores de uva vinífera (Regiones de Coquimbo al Biobío)

Además existen iniciativas a lo largo de todo el país, que no se enmarcan dentro de los APL, pero poseen relación con el reciclaje de plástico agrícola. Dentro de las cuales podemos mencionar:

- a) Región de Arica y Parinacota se han emprendido acciones articuladas con la Municipalidad de Arica y la Seremi de Medio Ambiente que buscan generar un modelo de negocios para la recuperación de plásticos en la agricultura del Valle de Azapa.
- b) Región del Maule donde su Alianza Productiva con COMFRUT (Longavi) se promueve el uso de mulch biodegradable.
- c) Región del Maule en las comunas de Pellehue, Chanco, Cauquenes y Empedrado. Desde el año 2015 se está trabajando en un proyecto que permita una gestión integral de los residuos plástico agrícola y evitar la quema o entierro de estos, el cual se conoce como: “Mejoramiento de gestión de residuos plásticos en campos agrícolas, Zona Rezagada”.

Por otra parte dentro del marco del tratamiento de residuos plásticos agrícolas se encuentra el Programa de Manejo de Envases Fitosanitarios (Campo Limpio). Dicho programa nace del Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos (decreto supremo 148 del Ministerio de Salud), dado que los envases fitosanitarios una vez terminada su vida útil, la mala disposición puede producir diversos problemas tales como: generación de residuos peligrosos, riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Dicho programa está gestionado por la Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas (AFIPA), el cual recolecta estos envases mediante sus Centros de Acopio y campañas de recolección. En el año 2016 recuperaron 422 toneladas, donde el 56% fue destinado a valorización energética y el 44% a reciclaje (Campo Limpio, 2017).

Fig. 6 Recuperación envases fitosanitarios de plástico en el periodo 2001-2016



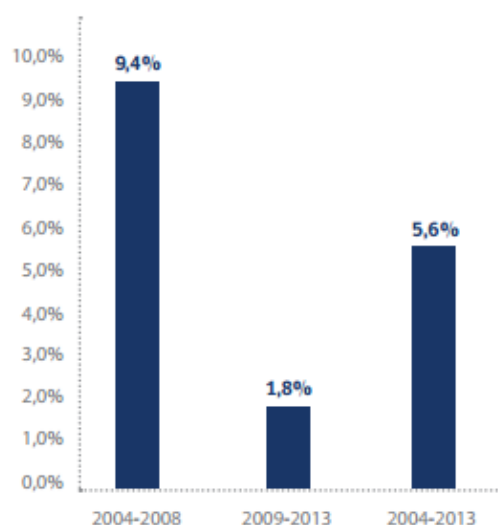
Fuente: Campo Limpio 2017

7.2. CAPÍTULO II: Antecedentes Generales

7.2.1. Industria Agrícola

En los últimos 10 años el sector agrícola ha mostrado un comportamiento positivo desde el punto de vista de la producción, el crecimiento se ha mantenido por sobre el promedio de otros sectores de la economía. De hecho el promedio ponderado del crecimiento entre el año 2004 y 2013 ha sido de un 5,6%, cifra que posiciona a este sector por sobre el crecimiento global de la economía que fue de un 4,8% en el mismo periodo. Aun así, en los últimos años dicho crecimiento ha decaído considerablemente, no superando el 1,8% entre el año 2009 y 2013 (Instituto de Desarrollo Agropecuario, 2015).

Fig. 7 Crecimiento promedio anual Silvoagropecuario



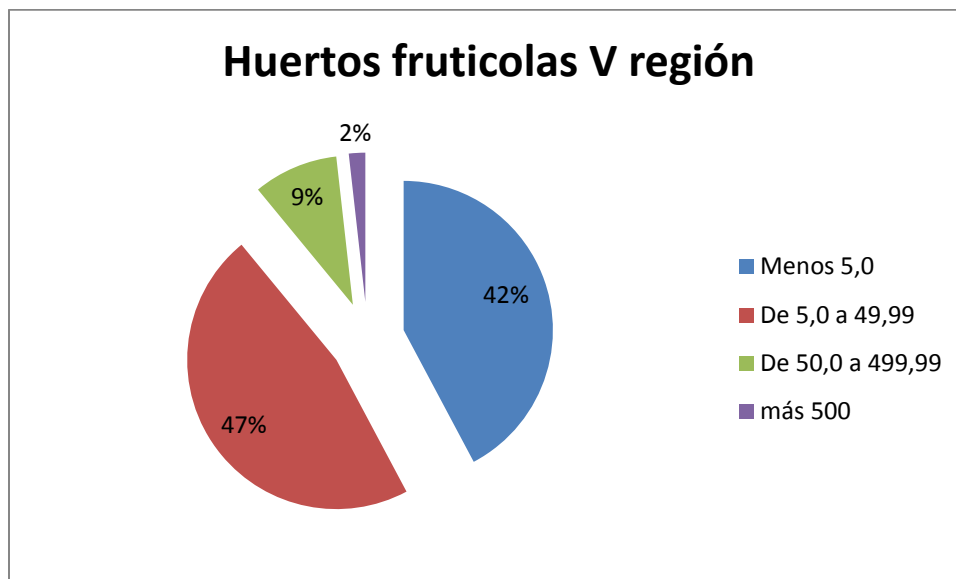
Fuente: Instituto de Desarrollo Agropecuario, 2015

Según cifras del Banco Central, entre los años 2008 y 2015 el PIB del sector Silvoagropecuario en promedio, ha sido cerca de \$ 3.400.000 millones de pesos, lo que representa en promedio un 2,8% del PIB a nivel nacional. Las regiones de O'Higgins, Bío Bío, Maule y Metropolitana, representan cerca del 60% del total del PIB Silvoagropecuario, en específico, la región de Valparaíso representa aproximadamente 12%. La agricultura primaria (agricultura, frutícola y ganadera) representa cerca del 38% de la producción total, dentro de los cuales las actividades más importantes son: cultivo de hortalizas, cultivo de frutas, uva y vino, madera, cultivos anuales y ganadería, siendo las más importantes, el cultivo de frutas que representan cerca del 35% de la producción primaria.

En Chile existen diversos cultivos agrícolas que se pueden dividir en 4 grandes categorías, que son: cultivos frutícolas, cultivo de cereales, cultivo de hortalizas y por último, el cultivo de leguminosas y tubérculos. Según cifras del Ministerio de Agricultura, para el periodo 2013/2014 en la región de Valparaíso presentaba cerca de 47.000 (ha) de cultivos frutícolas que representan el 17% de los cultivos encuestado a nivel nacional, siendo las especies más cultivadas: Paltos

(40%), .Vino de mesa (23%), Nogal (12%) y Durazno conservero (6%). En particular existen alrededor de 3.428 huertos frutícolas, de los cuales están concentrados en la provincia de San Felipe (30%) y Quillota (26%), donde predominan los huertos menor a 5 (ha) que representan cerca del 42 %, y los huertos entre 5,0 – 49,99 (ha) representan cerca del 47% de total, sumando así cerca del 55% de la superficie plantada en la provincia del Marga Marga.

Fig. 8 Distribución huertos frutícola V Región



Fuente: Informe Anual Agropecuario 2014, INE

La Quinta Región en la categoría de hortaliza en el periodo 2014/2015 se registró un total del 7.775 (ha) de cultivos, siendo las especies más cultivada: Lechuga (16%), Choclo (13%) y Tomate (11%). Para el caso del cultivo de cereales, leguminosas y tubérculos, en el periodo 2014/2015 presentaban una superficie de 3.800 (ha), donde un 57 % corresponde a cereales siendo el más abundante el trigo harinero. Por otro lado las leguminosas y tubérculos, representan cerca el 40% de área cultivada, siendo la especie más predominante la papa (97%).

7.2.2. Plástico Agrícola

El sector agrario es productor de una gran cantidad de residuos plásticos, derivados de diversos insumos que se utilizan para mejorar la eficiencia de los cultivos. Las principales aplicaciones del plástico en la agricultura están dadas por elementos de protección de cultivos mediante los invernaderos. Dichas estructuras permiten mejorar el rendimiento de los suelos agrícolas reduciendo el tiempo de cosecha y disminuyendo el uso de agua, pesticidas y fertilizantes, lo que se traduce en un aumento en la productividad (Plastics Europe, 2016).

Otra de sus aplicaciones importantes son: cintas o mangas de riego, diversas cubierta plásticas y envases fitosanitarios (proveniente de pesticidas y fertilizantes). En la siguiente tabla se presentan los principales usos que se dan al plástico en la agricultura.

Tabla 2 Principales usos del plástico agrario

Tipo de insumo	Insumos compuesto de plásticos
Filmes y láminas	Cubierta de invernadero, acolchado de diversos grosor, mallas anti raíz, mallas sombreo, mallas antigranizo, envoltorios, silos.
Envases y sacos	Productos fitosanitarios, detergentes e higiene ganadera, aditivos, envases de sustratos, caja de frutas y verdura.
Otros	Tubos, cintas de riego, bebederos para animales, bandeja de semilleros...

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España

Invernaderos

Son estructuras metálicas o de madera, que están recubiertas de plástico, su principal función es permitir la entrada de radiación solar a un espacio confinado e impedir que esta sea emitida por el suelo (efecto invernadero), además permite proteger a los cultivos de condiciones meteorológicas (viento, heladas, lluvia). La mayoría de los invernaderos son de polietileno de baja densidad (PEBD) dado que este material posee bajo costo y brinda buenas propiedades mecánicas y ópticas a las estructuras (Plastics Europe, 2016)

Mulch o acolchado

Son plásticos que cubren total o parcialmente un terreno, lo cual tiene como objetivo ahorrar agua, obtener cosechas de mejor aspecto y evitar las malas hierbas, además de proteger los cultivos de agentes atmosféricos tales como: desecación de suelos, deterioro calidad frutos, enfriamiento de tierra y lavado de fertilizantes. Están compuestos de PEBD que le otorga una alta resistencia a diversas condiciones climáticas y una buena elasticidad, pueden ser transparentes, negras o naranjas, su espesor va desde los 25 [cm], su largo y ancho son variables (Corplastic, 2016).

Fig. 9 Acolchado transparente



Fuente: Corplastic

Silos

Son cubiertas plásticas que tiene como objetivo proteger los forrajes del agua, radiación solar, viento y ser alimento del ganado, así como también para mantenerlo fresco y evitando su secado. Generalmente están hechos a base de LPDE, pueden ser negros y poseen varias capas para evitar el contacto con la luz y reducir la oxidación de dicho forraje, también pueden ser blanco para reflejar los rayos solares y conservan la temperatura al interior de este (Corplastic, 2016).

Fig. 10 Silo negro



Fuente: Corplastic

Cintas o mangas de riego

Las cintas o mangas de riego, son fabricadas por polietileno de baja y alta densidad, se utiliza principalmente en instalaciones de riego por goteo y de micro-goteo en invernaderos, viveros y predios. Se caracterizan por ahorrar agua ya que cada planta posee un emisor de gotas, además tienen una alta resistencia mecánica y son flexibles (Protekta, 2013).

Fig. 11 Cintas de riego



Fuente: HidroEntiroment

Tunelillos

Son estructuras sencillas para proteger los cultivos de condiciones climáticas, poseen una inercia térmica muy baja, es decir, durante el día se calientan rápido y en la noche disipan el calor fácilmente. Son fabricada a partir de PEBD o copolímeros, además poseen diversas configuración que favorece la ventilación del cultivo (Solplast, 2014).

Fig. 12 Tunelillos



Fuente: Solplast 2014

Envases Fitosanitarios

Los envases fitosanitarios son recipientes de plástico (PEAD o PET) y hierro que se utilizan para almacenar diversos productos químicos tales como: pesticidas, fertilizantes, insecticidas, funguicidas, elementos químicos, entre otros. Una vez terminada su vida útil, deben ser tratados como residuos peligrosos y disponer de manera correcta (Plastics Europe, 2016).

7.2.3. Impactos Medioambientales Plástico Agrícola

Los diversos plásticos utilizados en la agricultura una vez cumplido su vida útil, deben ser desechados. Actualmente en Chile, la mayoría de los agricultores no poseen medios para disponer de manera correcta estos residuos, por lo general, llevan a cabo distintas prácticas para la eliminación de estos, siendo las más comunes: incineración descontrolada, vertimiento en lugares inadecuados y entierro en predios agrícolas. Dichas prácticas generan graves daños para el medio ambiente, en la siguiente tabla se describen las más habituales.

Tabla 3 Daños medioambientales plásticos agrícolas

Tipo de disposición	Daño medio ambiental
Incineración descontrolada	La incineración produce alta emisiones de gases dañinos para la salud humana, tales como el CO y material particulado plástico, además el producto de la incineración se genera una pasta solidificada de difícil de degradar.
Vertimiento inadecuado	El vertimiento inadecuado produce contaminación a los cursos de aguas superficiales y terrenos agrícolas reduciendo su fertilidad. La acumulación de estos plásticos genera un micro basurales, que son un grave riesgo para la población por la posible intoxicación dado la mala manipulación y el incremento de roedores.
Enterrar plásticos	Esto posee un enorme impacto sobre la fertilidad de los terrenos como también puede dañar las aguas subterráneas. Por otra parte genera un pasivo medio ambiental para generaciones futuras, comprometiendo el futuro de la actividad agrícola.
Otro	Genera un fuerte impacto a nivel paisajístico, lo que puede derivar en una mala imagen en el mercado, debido a una mala gestión de sus desechos.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos De los Ángeles, M. Plásticos Agrícolas (2002)

7.2.4. Zonas Agrícolas de Chile bajo Plástico

Chile se ha caracterizado por ser un país agrícola, por lo cual el uso de plástico y de invernaderos se ha vuelto frecuente dado que estos poseen la capacidad de controlar variables medioambientales que permite mejorar la eficiencia de los cultivos, y por ende se ha intensificado el uso del plástico en la agricultura. Según el VI Censo Agropecuario llevado a cabo por el Ministerio de Agricultura en el año 1997, en Chile existían cerca de 1.800[ha] de invernadero en los cuales se cultivaban hortalizas (77%), flores (14%) y semillas (9%), dicha cifra aumento según el último censo agropecuario llevado a cabo en el 2007, donde se registraron más de 80.000 invernaderos, y un área cultivada de más de 2.000 [ha], donde el 52% de los invernaderos se concentran en las regiones de Valparaíso (30%), Araucanía (12%) y Los Lagos (10%). Por otra parte existen otras variables que indican el uso intensivo del plástico, según el VI Censo Agropecuario en el año 1997 existían más de 62.000[ha] de cultivo que utilizaban cintas de riego. Mientras que en el VII Censo Agropecuario dicha cifra aumentó significativamente, registrándose cerca de 210.000[ha], donde el 88% se concentran en las regiones de Libertador Bernardo O'Higgins (24%), Metropolitana (18%), Coquimbo (17%), Valparaíso (16%) y la región del Maule (13%).

De manera particular podemos mencionar ciertas zonas del país donde existen numerosas hectáreas de cultivo bajo invernadero, y por lo cual se concentra el uso del plástico en la agricultura. En la XV Región de Arica y Parinacota, en específico en el Valle de Azapa (y en menor medida el Valle de Lluta), presenta una extensa área de cultivo bajo plástico. Esta zona se caracteriza por el cultivo de Hortalizas tales como: maíz choclero y tomate, siendo este último cultivado frecuentemente en invernaderos. También existe un intenso cultivo frutícola dominada por especies como Olivo, Naranja, Mango y Maracuyá, donde en la comuna de Arica representan cerca del 94% de las hectáreas frutícolas.

Fig. 13 Imagen satelital del Valle de Azapa, XV Región, zona Las Maitas



Fuente: Google Earth

En la zona central del país, en la Región de Valparaíso, en específico en las zonas agrícolas de Quillota, Olmué y Limache, se han caracterizado por años por ser una de las zonas agrícolas con mayor cantidad de hectáreas de cultivo bajo invernadero de especies como: tomate, pepinillo, pimentones y especies florales. A su vez en el Valle de Longotoma (al norte de la región) existen invernaderos que poseen especies flores tales como: rosas, claveles, liliun, entre otras.

Fig. 14 Imagen satelital de Zona agrícola al Sur de Quillota, V Región



Fuente: Google Earth

En otras zonas del país como la Región de Coquimbo, de O'Higgins, del Maule, del Bío Bío, Araucanía y Los Lagos, en general, existen zonas agrícolas donde hay cultivos de invernadero las cuales se encuentra de manera aislada y son áreas pequeñas menor a 5 [ha]. No obstante existen localidades donde se concentran los cultivos bajo invernaderos superando las 20[ha], como es el caso de las localidades de El Sol, Santa Lucía y El Palqui, de la Región de Coquimbo ubicadas en las cercanías de Ovalle. Para la Región de Libertador O'Higgins en las zonas aledañas a San Vicente de Taguatagua y Pichidehua, existen cultivo de tomate bajo invernadero que superan la 50[ha], las cuales producen alrededor del 80% del tomate bajo invernadero de región. Para la Región del Maule en la zona agrícola de Colín, Unihue y Numpai, se ha caracterizado por muchos años por la producción de hortalizas bajo invernadero, donde la especie más cultivada es el tomate.

7.3. CAPITULO III: Análisis Mercado del Plástico

7.3.1. Alcances y Limitaciones del Estudio

El presente estudio tiene como objetivo recopilar la mayor información del tipo económica que explique el comportamiento del mercado del plástico de manera general, y a su vez permita determinar la proyección de las variables más relevantes tales como: consumo y demanda de este. Para ellos se presentan datos de mercado como por ejemplo consumo aparente, definido como el balance entre consumo de materia prima (MP), importaciones (I) y exportaciones (E) (balance: $MP + I - E$). También se menciona información relevante tal como: importación de productos plásticos (materia prima y productos manufacturados), exportación de productos manufacturados y la exportación de plástico como elemento de desecho. Dichos elementos permiten identificar el volumen del mercado, como también proyectar su futura demanda (consumo aparente) y oferta (plástico reciclado).

Pese a esto para realizar estas estimaciones se asumen ciertos parámetros, teniendo en cuenta que no existe información específica del mercado del plástico reciclado. Dentro de la información que no se encuentra disponible está:

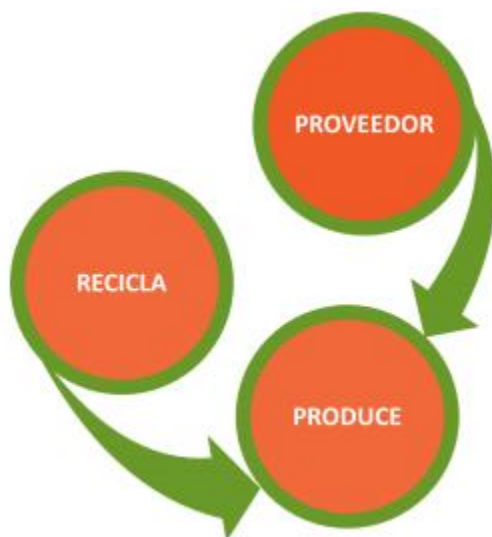
- Capacidad de producción del plástico reciclado proveniente de las empresas de reciclaje que se encuentran en Chile, solo empresas como Greenplast y Recipet declaran su capacidad de producción, que bordea las 50.000 [ton/año].
- Hay escasa información a nivel nacional sobre el consumo de pellets y plástico reciclado. Aunque existe información sobre la importación de material reciclado, dichas cifras no son representativas, ni tampoco muestran una tendencia.
- Falta de información actualizada sobre la evolución del reciclaje de plástico, considerando que no existe un directorio oficial el cual contabilice el número de empresas dedicadas al reciclaje y la tasa de reciclaje de manera actualizada.
- No existe información específica y actualizada sobre la generación de desechos plásticos en Chile.

Desde el punto de vista de los plásticos agrícolas, no existe información histórica sobre el consumo, ni tampoco un estudio sobre la generación de estos desechos y su problemática medioambiental. Entidades gubernamentales tales como: Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Agricultura, no presentan ningún tipo de reportes. A demás no se posee información sobre la cantidad de recursos que destinan los agricultores para disponer sus desechos, y la capacidad para transportarlos hacia los centros reciclaje. Por lo tanto dichos aspectos no poseen un análisis dentro de este estudio.

7.3.2. Industria del Plástico en Chile

La industria del plástico en Chile se puede dividir en 3 categorías: proveedores, recicladores y productores. Los proveedores son aquellos que comercializan plástico como materia prima, los recicladores son aquellos que recolectan material de desechos para elaborar pellets de plástico y por último los productores son aquellos que elaboran productos manufacturados a partir de material reciclado o virgen. Casi el 50% de la producción de estos productos corresponde a la fabricación de bolsas, botellas, envoltorios, entre otros (Asipla, 2014, págs. 1-2).

Fig. 15 Principales actores de la industria de plástico nacional



Fuente: Asipla, 2014, págs. 3

Chile es uno de los grandes consumidores a nivel Latinoamericano, en el año 2015 se consumieron más de 900.000 [ton] de plástico, casi la totalidad del plástico consumido proviene de las importaciones, donde cerca del 80% (700.000 [ton]) fue utilizado como materia prima. De la materia prima importada el 67% provino de: EE.UU (29%), Brasil (14%), Corea del Sur (12%) y China (12%). En ese mismo año se importaron cerca de 250.000 [ton] de productos manufacturados, siendo los principales plástico en lámina (47%), tuberías (12%) y envases (12%).

Por otra parte existe una serie de empresas que producen plástico reciclado como materia prima. Dichas organizaciones llevan a cabo diversas operaciones tales como recolección, limpieza, secado y pelletizado, que abastecen el mercado nacional. Dentro de las más importantes podemos mencionar: Greendot la cual posee una capacidad de producción de 12.000 [ton/año], donde se reciclan principalmente polietileno y polipropileno, y Recipet que es uno de grandes recicladores de botellas PET y posee una capacidad de producción de 36.000 [ton/año].

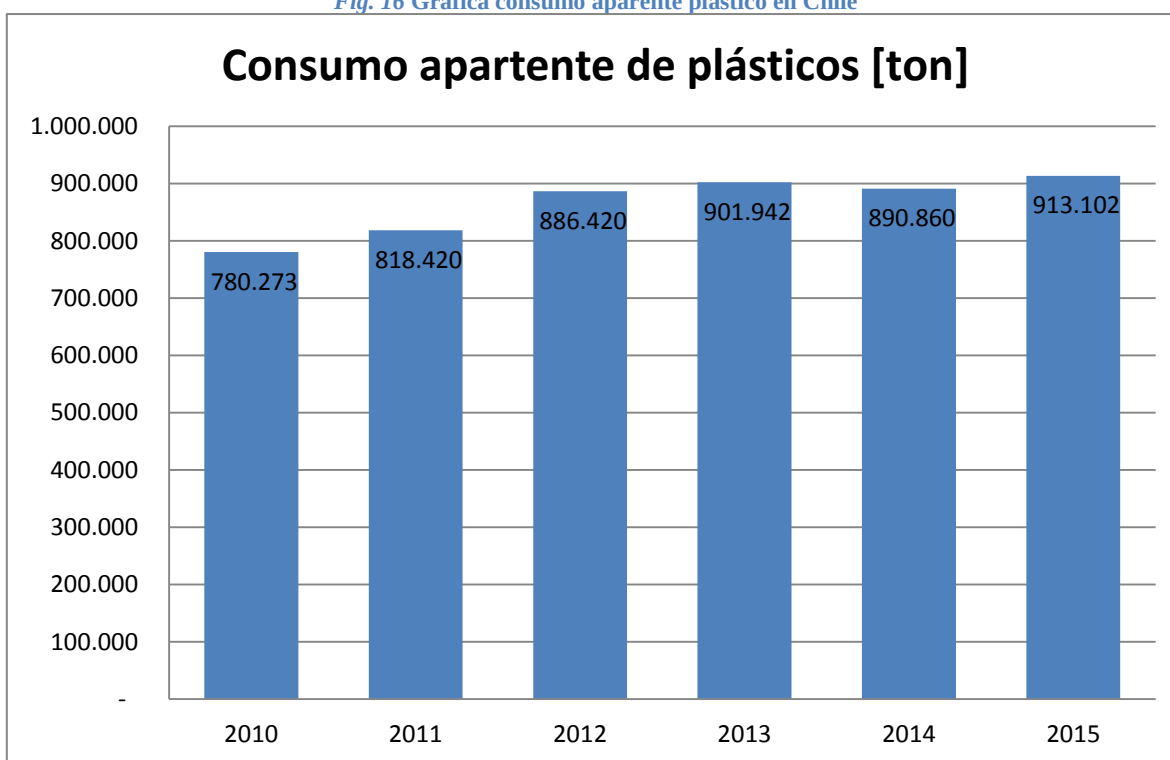
7.3.3. Consumo del Plástico

7.3.3.1. Consumo de Plástico en Chile

En los últimos 6 años el *consumo aparente de plástico* en Chile, en promedio está cerca de 865.000 [ton] por año, equivalente a 51 [kg /año] por persona. Siendo el año 2010 el más bajo, que registró un consumo de 780.273 [ton].

Según cifras de ASIPLA en el año 2015 se registró un consumo de 913.000 toneladas, lo que significó un aumento de 2,5% respecto al año 2014. Desde el año 2010 hasta el 2015 el consumo aparente ha mostrado un comportamiento positivo excepto en el año 2014, en el cual se registró una disminución del consumo de 1,23% respecto el año 2013. En resumen, el promedio ponderado de su crecimiento ha sido de 3,24%.

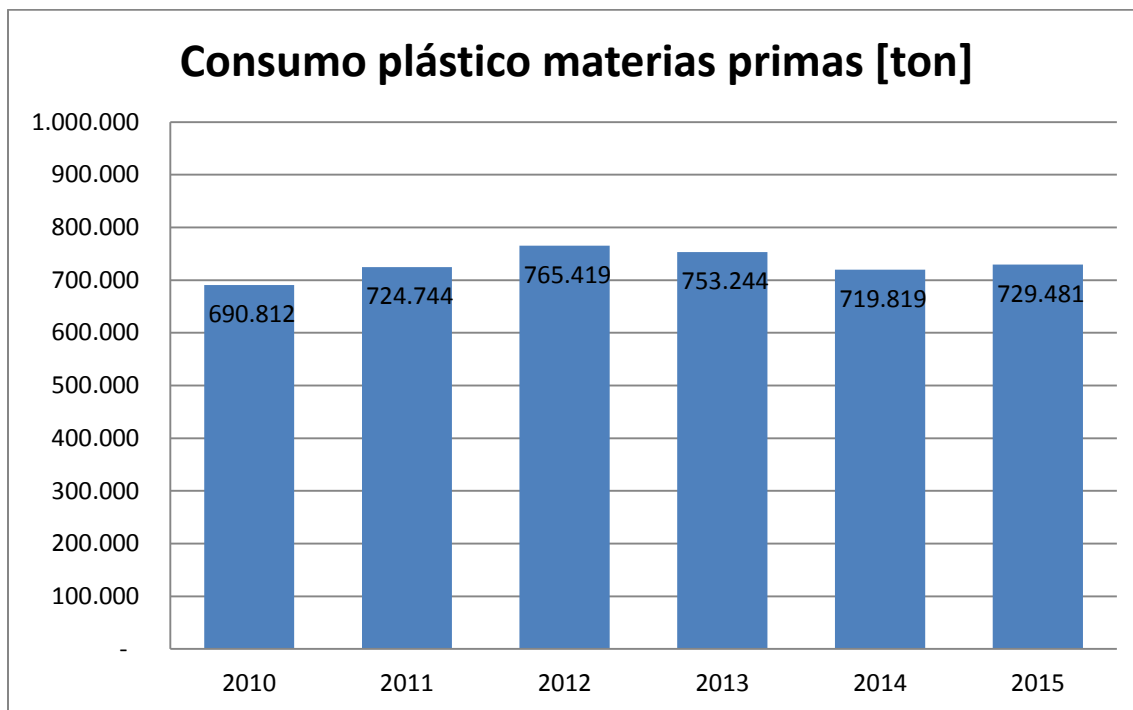
Fig. 16 Gráfica consumo aparente plástico en Chile



Fuente: Elaboración propia a partir de datos Asipla

El consumo de plástico como materia prima en el año 2015 fue de 729.48 [ton], registrando un aumento del 1,3%, respecto al año 2014. El polietileno de alta y baja densidad representó cerca del 40% del total, así el consumo en los últimos seis años (2010 a 2015) ha sido alrededor de 730.000 [ton] anuales, registrándose el 2010 y 2014 como los años de más bajo consumo.

Fig. 17 Consumo plástico como materia prima en Chile



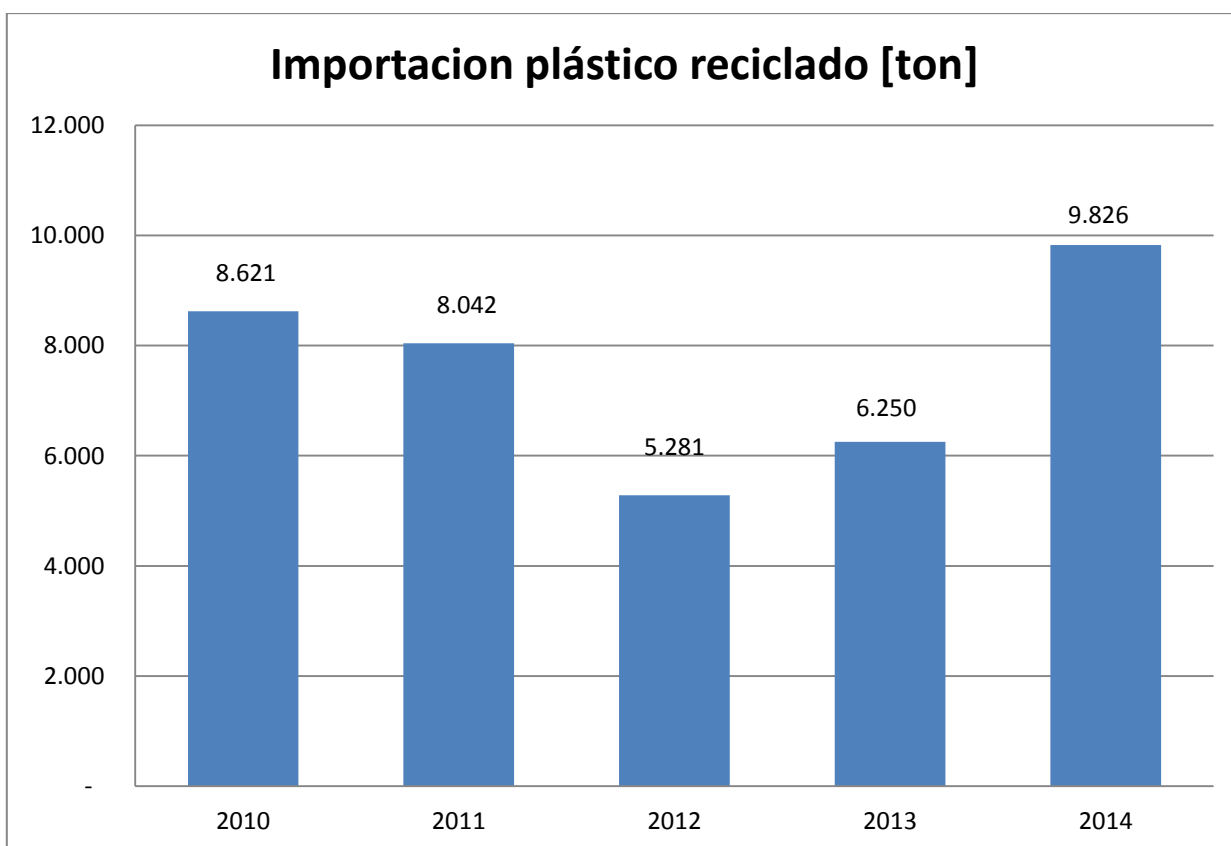
Fuente: Elaboración propia a partir datos de Asipla

7.3.3.2. Consumo de Plástico Reciclado

Chile posee diversas empresas que reciclan plástico, pero no existen información respecto al consumo o producción de este. Sin embargo podemos tener una idea de este mercado observando el las cifras de material reciclado que son importadas.

Desde el año 2010 hasta el 2014, en promedio, cerca del 1,2% de la materia prima importada ha sido de plástico reciclado, equivalente a 8.000 [ton/año]. En el año 2014 se consumieron más de 9.000 [ton], que representó un aumento del 40% respecto el año 2013.

Fig. 18 Importación plástico reciclado

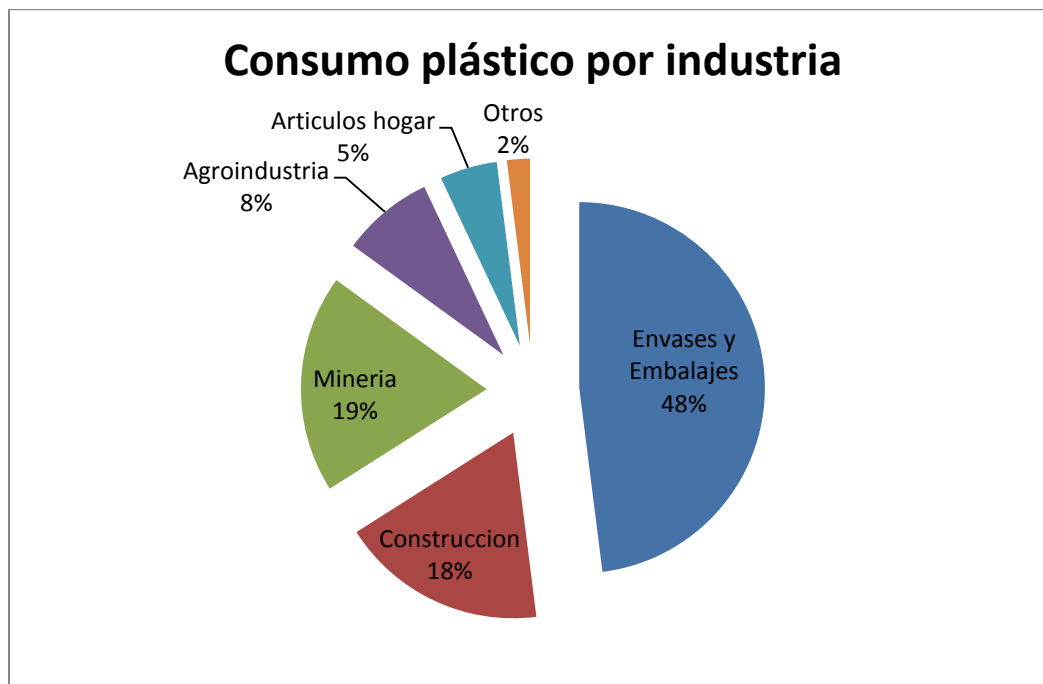


Fuente: Elaboración propia a partir datos Asipla

7.3.3.3. Consumidores

El consumo del plástico se puede dividir según el tipo de industria que lo utiliza, en este sentido existe 3 grandes demandantes que son: la industria de envases (embalajes), construcción y minería. En específico la agroindustria consume cerca del 8% a nivel nacional.

Fig. 19 Gráfico consumo plástico por industria



Fuente: Elaboración propia a partir datos Asipla

7.3.3.4. Estimación del Consumo de Plástico

El consumo aparente entre los años 2008 y 2015, ha aumentado en un 25% según datos de Asiplas, lo que equivale a un consumo de más de 900 mil toneladas de plástico. Este aumento ha sido variable en el tiempo, es así como el promedio ponderado del crecimiento es del orden del 3,24%.

Por otra parte, el consumo se ha ido incrementando a medida que la población aumenta. En el año 2008 se consumían alrededor de 44 [kg/persona], siendo la población de Chile cercana a los 17 millones de personas, actualmente esta cifra se eleva a los 51[kg/persona] con una población cercana a los 18 millones de personas.

Considerando estas dos variables se realizó la estimación del consumo de plástico hasta el año 2025, tomando en cuenta el aumento de población proyectado por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Dicha estimación determinó un aumento en el consumo de 35% desde el año 2015 hasta el año 2025, equivalente a 1.200 millones de toneladas y un consumo per-cápita de 65[kg/persona], los resultados se muestran en la siguiente tabla (para mayor información ver el anexo 10.3):

Tabla 4 Estimación consumo plástico

Año	Consumo aparente plástico [ton]	Población [hab]	Consumo Per Cápita promedio [kg/hab]
2016	930.393	18.001.964	52
2017	983.096	18.138.749	54
2018	1.048.681	18.275.530	57
2019	1.076.957	18.412.316	58
2020	1.105.537	18.549.095	60
2021	1.132.233	18.665.029	61
2022	1.156.933	18.780.961	62
2023	1.181.851	18.896.893	63
2024	1.206.988	19.012.825	63
2025	1.232.343	19.128.758	64

Fuente: Elaboración propia

7.3.4. Oferta

7.3.4.1. Oferentes

En Chile existen muchas empresas dedicadas al tratamiento de residuos, especializadas en la recolección, transportes, tratamiento y disposición final. Habitualmente los residuos plásticos no reciben ningún tipo de tratamiento y terminan en rellenos sanitarios, dicha disposición es inadecuada, dado que el tiempo de descomposición puede alcanzar más de 150 años.

En los últimos años se han integrado compañías especializadas en el tratamiento de residuos plásticos, que evitan su disposición final mediante su revalorización. La mayoría de estas utiliza el reciclado mecánico para elaborar pellets, que son vendidos como materia prima de procesos industriales para la elaboración de nuevos productos. Existen diversas empresas dentro de las cuales podemos mencionar:

Greendoot SpA.

Es una compañía que se especializa en dar servicio a grandes empresas, enfocada en el manejo y valorización de materiales reciclables, tales como: plásticos, cartones, metales y residuos peligrosos. Su casa matriz está en la comuna de Buin (Santiago), fue creada en el año 2006 donde comenzó valorizando residuos de rellenos sanitarios municipales. Hoy en día recicla varios materiales y mucho de estos son exportados a América y Asia.

Greenplast

Es una empresa dedicada a reciclar todo tipo de desechos plásticos, su operación se basa en la compra de todo tipo de material plástico, sea de polietileno y polipropileno tales como: cajas, baldes, muebles, tuberías, barreras, entre otros. Luego someterlas a un proceso de reciclaje el cual posee cuatro etapas: 1) trituración y molienda de materiales, 2) lavado y secado, 3) extrusión y pelletización, 4) homogenización y control de calidad.

El producto final obtenido son pellets de polietileno y polipropileno, que son vendidos a distintos clientes con distinto gramaje y color según las especificaciones de este. Dicha empresa posee una planta de reciclaje ubicada en la comuna de Lampa (Santiago, Chile), con una capacidad 12.000 [ton/año], actualmente reciclan cerca de 8.400 [ton/año].

Inproplas

Es una empresa que nace el 2004, su principal centro de acopio se encuentra en la comuna de la Pintana (Santiago). Se especializa en el reciclaje de polietileno y polipropileno, de alta y baja densidad, mediante a distintos procesos de molienda, lavado y extrusión, como producto final generan pellets de distintos colores y tamaños, que son comercializados. Sus exportaciones el año 2015 fueron alrededor de US\$ 5.500. En el año 2011 fue reconocido por la ASIPLA, como la empresa de mejor aporte al medio ambiente, debido a su importante contribución en la valorización de residuos plásticos, su producción limpia y el uso eficiente del agua dentro de su proceso productivo.

Ecofibras S.A.

Nace alrededor del año 2004, su casa matriz se encuentra en la comuna de San Bernardo (Santiago). Es una compañía enfocada en ofrecer servicios de manejo de residuos industriales, gestión de manejo de residuos, compactación de residuos, entre otros. Se caracteriza por reciclar diverso tipo de materiales tales como: madera, cartones, chatarra y plásticos. En específicos los residuos plásticos son recolectados y transportados al centro de acopio, en el cual son vendidos a comercios exteriores, principalmente China y Hong Kong.

Cambiasso Hnos.

Cambiasso es una empresa de la Quinta Región conocida por la producción de hierbas y te, sin embargo desde hace varios años decidió diversificar sus actividades dedicándose al reciclaje, siendo en la actualidad el segundo negocio más importante de la compañía. Su operación se basa en la acumulación y selección de plástico reciclable, donde cerca del 75% del reciclaje proviene de polietileno, seguido por el PVC. Luego lleva a cabo proceso de molienda, lavado y secado para almacenar las escamas en silos, que abastecen al proceso de extrusión para generar pellets que son utilizados en su gran mayoría para la producción de bolsas de aseo.

Bioplasti

Es una empresa ubicada en la región del Bío Bío que se especializa en el tratamiento de residuos plásticos, su proceso se sub-divide en 3 etapas. La primera es la recolección de distintos desechos de polipropileno y polietileno, tales como: cajas, muebles, bins, botellas, bidones, barreras viales, tapas y bolsas. En la segunda realiza un proceso de reciclado mecánico, el cual posee 4 grandes sub-etapas: Trituración y molienda de los materiales, Lavado y secado de las partes obtenidas, Extrusión y pelletización, Homogeneización y control de calidad. Finalmente se obtiene como producto comercializable pellet que poseen distinto gramaje y color.

Recipet

Es una de las empresas recicladoras más importantes del país, ubicada en la comuna de San Bernardo. Su función primordial es el reciclaje de polietileno tereftalato (PET), proveniente principalmente de los envases de refresco. Posee una capacidad de 36.000 [ton/año], pero solo procesan 14.400 [ton/año].

Su proceso de reciclaje consiste en tres etapas. Primero se recolectan los envases proveniente de contenedores de botellas distribuidos a lo largo de todo el país. Segundo este material se somete a un proceso de molienda, junto con un proceso de lavado que separa las tapas y etiquetas de las botellas. Por último pasa por un proceso de secado, donde se obtiene un material limpio que pasa directamente a la empresa TYPACK, la cual fabrica diversos envases PET que son vendidos en Chile y el exterior. Cabe mencionar que también compra envases PET a distintas empresas por sobre una tonelada de desechos (los cuales deben ser transportados a la planta) y también importa envases proveniente de Bolivia, Honduras y Perú.

7.3.4.2. Estimación de la Oferta

Para estimar la oferta se consideraron los porcentajes de reciclaje desde el año 2008 hasta la fecha, y los datos entregado por CIPA en el año 2013. Donde se estimó la tasa de reciclaje suponiendo que la mayoría de los plásticos reciclados provienen de los desechos generados solo por envases y embalajes (48% de lo consumido), ya que poseen un ciclo de vida corto (menor a un año). Además se consideró que en años previos al 2013, la recuperación aumento en una tasa entorno al 10% cada año (Asipla, 2014, pág. 9).

Considerando dichos datos, se estimó la cantidad de plástico reciclada hasta el año 2025, dichas estimaciones determinaron que para el año 2025 el porcentaje de reciclaje, fluctuará entorno al 23%, equivalente a un poco más de 136.000 toneladas (para mayor información ver anexo 10.).

Tabla 5 Estimación oferta plástico reciclado

Año	Estimación consumo plástico [ton]	Plástico posible de reciclar [ton]	Plástico reciclado [ton]	Porcentaje de Plástico reciclado (%)
2015	913.102	438.289	52.595	12%
2016	930.393	446.589	57.854	13%
2017	983.096	471.886	63.640	13%
2018	1.048.681	503.367	70.004	14%
2019	1.076.957	516.939	77.004	15%
2020	1.105.537	530.658	84.704	16%
2021	1.132.233	543.472	93.175	17%
2022	1.156.933	555.328	102.492	18%
2023	1.181.851	567.288	112.741	20%
2024	1.206.988	579.354	124.015	21%
2025	1.232.343	591.525	136.417	23%

Fuente: Elaboración propia

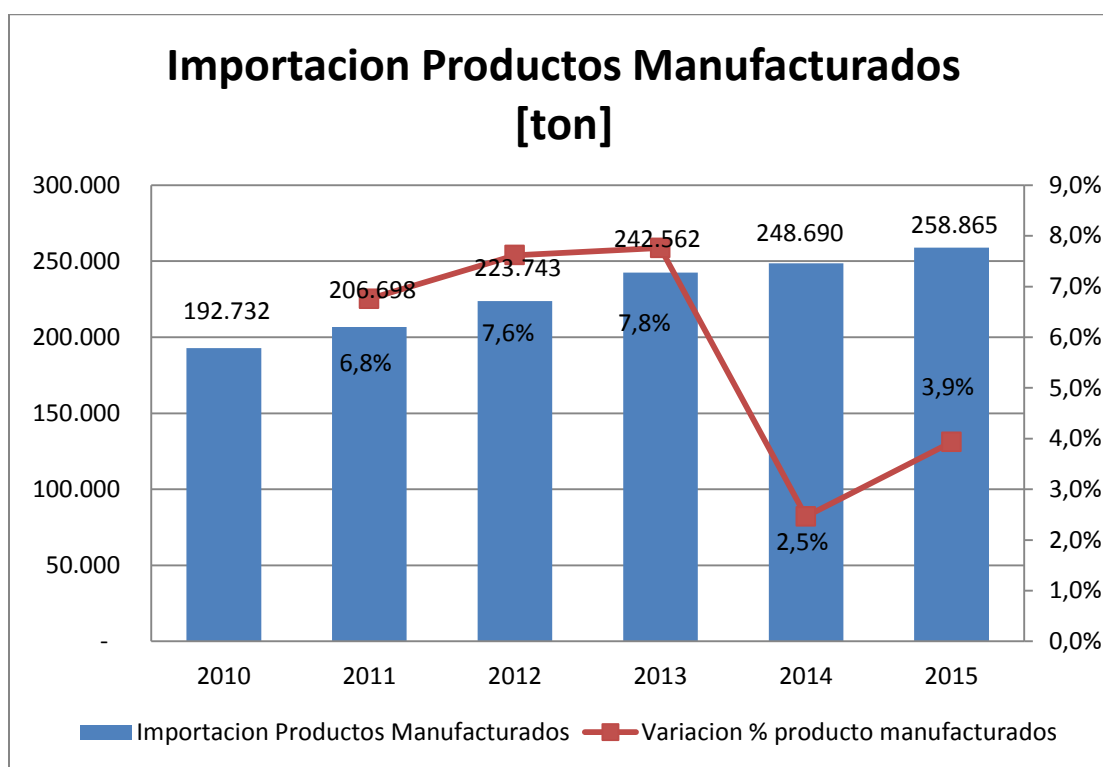
7.3.5. Comercio Exterior

7.3.5.1. Importaciones

Chile es un país que importa la mayoría de plástico consumido. La importación de estos se puede dividir en dos grandes categorías: importación de productos manufacturados e importación de materia prima. En el año 2015 se importaron cerca de 259.000 toneladas de productos manufacturados, siendo los productores más importantes: plástico en láminas, artículos del hogar, bolsas y sacos, tubos, artículos de construcción y botellas y bidones, que en conjunto representaron el 75% del total. Estos productos provienen principalmente de China (35%) y Estados Unidos (9%), generando cerca US\$ CIF 1.134 millones (Asiplus, 2016).

En los últimos 5 años las importaciones de productos manufacturados han mostrado un comportamiento positivo, en cuanto a la cantidad de toneladas ingresadas al país. El promedio ponderado de su crecimiento entre los años 2010 y 2015 fue de 5,8%, no obstante en los últimos dos años, este crecimiento se ha visto reducido sin superar el 4%.

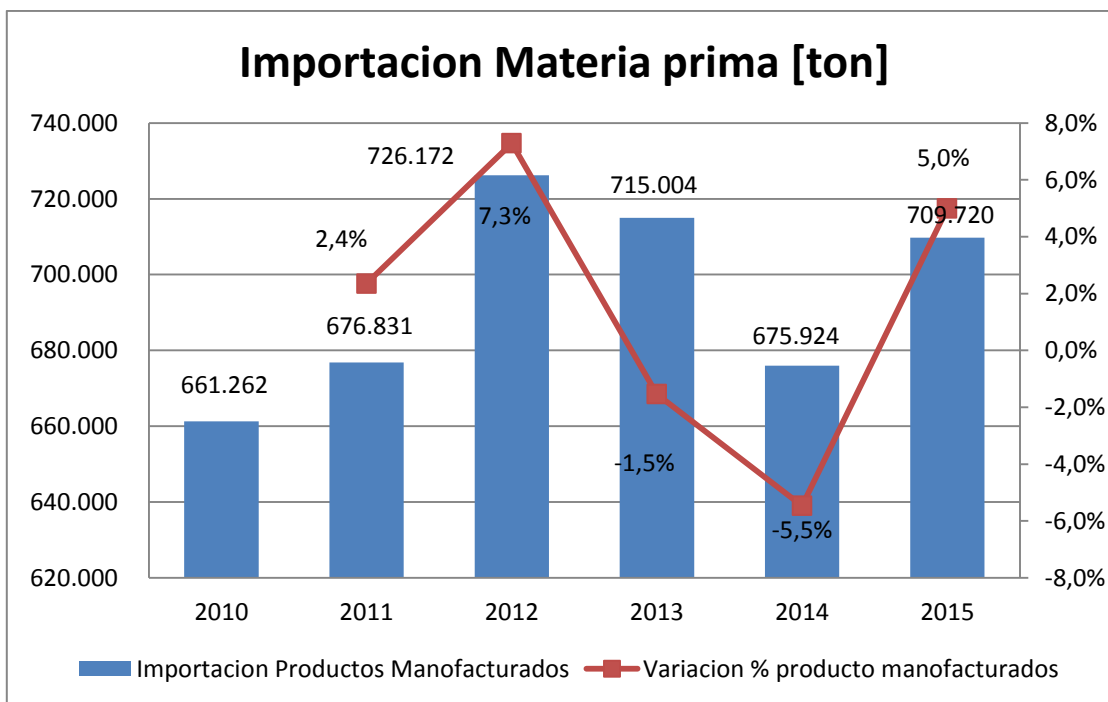
Fig. 20 Importación Productos Plásticos Manufacturados en Chile



Fuente: Elaboración propia a partir datos Asipla

En el caso del plástico como materia prima, en el año 2015, se importaron cerca de 700.000 toneladas. Siendo las más predominantes: PEAD, PEBD, PVC, PET y Polipropilenos, que representaron cerca del 80% de total. El comportamiento de las importaciones de materia prima ha sido versátil. En el año 2012 las importaciones registraron el mayor incremento llegando al 7,3%, aun así los siguientes dos años, las importaciones se redujeron llegando hasta 675.924 toneladas en el año 2014. En 2015 se registró un aumento del 5% respecto al año 2014.

Fig. 21 Importación Plástico Materia Prima en Chile



Fuente: Elaboración propia a partir datos Asipla

7.3.5.2. Exportaciones

Chile no es un país productor de plásticos, por lo cual solo exporta productos manufacturados, es así como el comportamiento de las exportaciones ha sido negativo, y desde el año 2011 que las exportaciones han ido decreciendo, llegando a su punto más bajo el año 2014 con una disminución del 20,9%. Sin considerar el alza que tuvo del año 2010 al 2011, el decrecimiento promedio ha sido de 11% anualmente.

Según cifras de Asiplas en el año 2015 los productos más exportados fueron: plástico en láminas, artículos del hogar, bolsas y sacos y tubos, que en conjunto representaron el 64% del total. La mayoría de las exportaciones fueron dentro del continente Americano, donde los países más importantes fueron: Perú (17%), Argentina (15%), Brasil (13%), Colombia (12%) y México (8%).

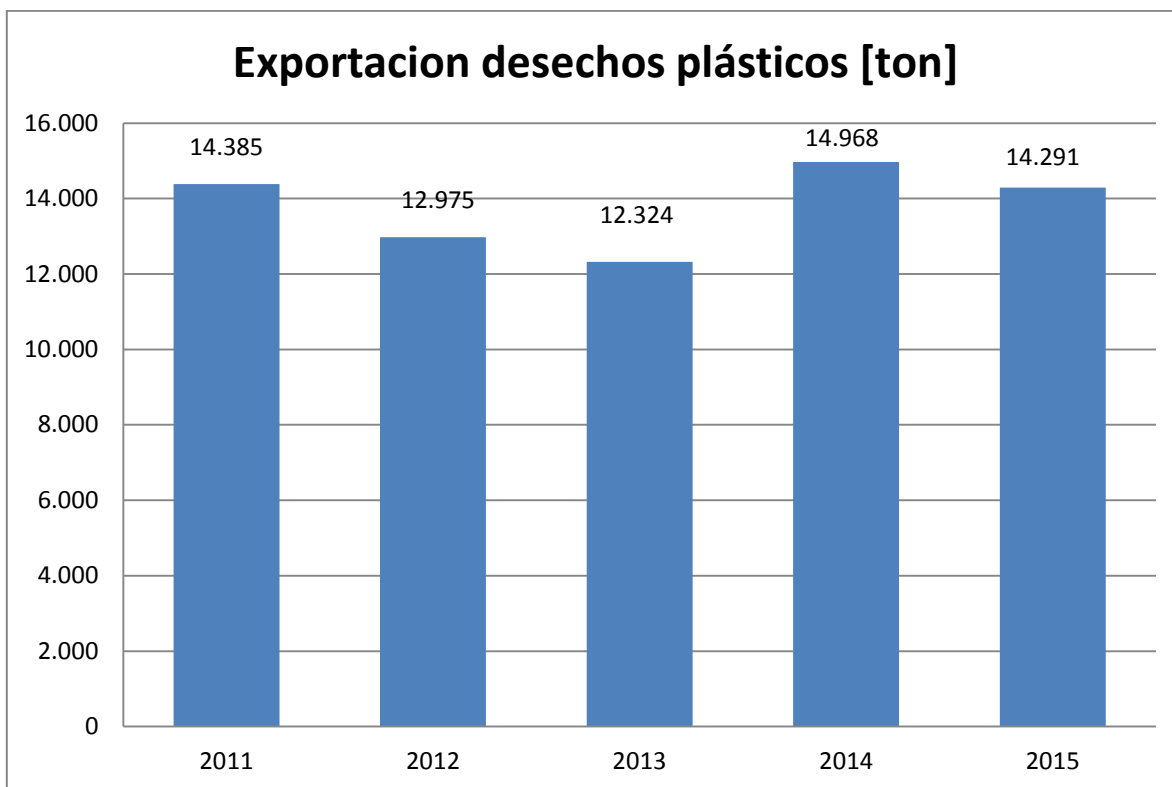
Fig. 22 Exportación productos manufacturados en Chile



Fuente: Elaboración propia a partir datos Asipla

Por otra parte, existe una gran cantidad de plástico que es exportado al exterior como material de desecho. Dichas exportaciones en el año 2015 fueron de 14.951 [ton], lo que representó una disminución del 5% en comparación con el año 2014. Las exportaciones son destinadas principalmente a China (55%), Vietnam (18%) y Hong Kong (10%) (Trade Map, 2016).

Fig. 23 Exportación de desechos plásticos en Chile



Fuente: Elaboración propia a partir de exportación de TradeMap (2016)

7.3.6. Precios Plástico Reciclado

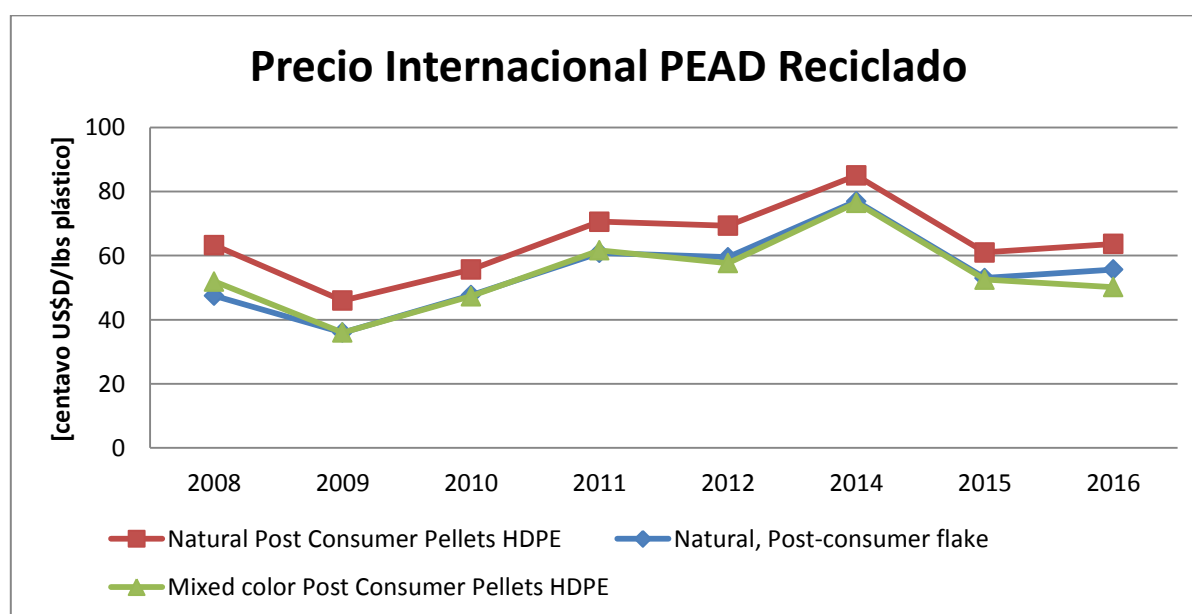
7.3.6.1. Precio internacional de plástico reciclado

A nivel mundial existen diferentes países que producen plástico virgen y en los últimos años han aumentado la cantidad de empresas que se dedican al reciclaje de estos, alrededor del 5% de la producción mundial de petróleo y gas se destina a la fabricación de plástico virgen. En este sentido el precio del material reciclado depende principalmente de la producción de materia prima virgen, que a su vez, posee relación con el precio de los combustibles fósiles (petróleo y gas). En general cuando el precio del crudo disminuye también se reduce los costos de producción de plástico virgen, en consecuencia, esto puede disminuir el incentivo de utilizar el material reciclado para la fabricación de productos. Por el contrario si el precio del material virgen aumenta, los productores de productos manufacturados se ven incentivados a utilizar plástico reciclado (Polychem USA, s.f.).

En Estados Unidos la mayoría del plástico producido proviene del petróleo y gas, desde el año 2014 hasta el año 2016 ha ido disminuyendo drásticamente el precio del petróleo. En el año 2014 su precio bordeaba los 115 dólares y en el año 2016 llegó a tener un precio de 30 dólares (ver anexo 10.7), equivalente a una disminución del 76% (M.Garrido, 2016). Esto ha impactado en el precio de los plásticos reciclados, tal como se muestran en la figura 25 y 26, dado que las resinas de PEAD y PEBD desde el año 2014 han venido disminuyendo su precio.

Para el caso del PEAD su precio el 2014 fue cercano a los 90 [centavo US\$/lbs], y este ha ido disminuyendo progresivamente llegando a cifras cercanas a los 60 [centavo US\$/lbs]. Es decir su precio ha disminuido cerca de un 35%, que se acopla a la disminución del precio del petróleo y por ende una baja de precios de plástico virgen.

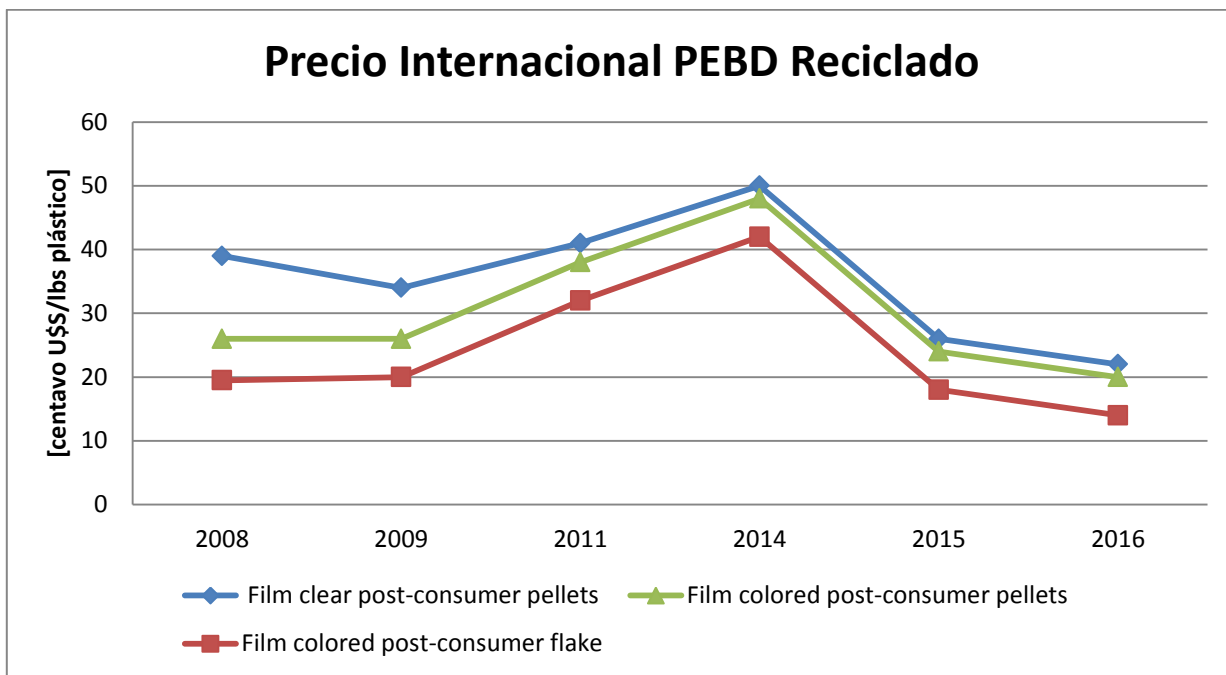
Fig. 24 Precio internacional PEAD



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Plastic News (2016)

Para el caso de PEBD sucede un fenómeno similar. En el año 2014 alcanzaba un precio cercano a 50 [centavo US\$/lbs], y este ha ido disminuyendo sostenidamente hasta llegar un precio cercano a los 20 [centavo US\$/lbs]. Es decir ha registrado una disminución del 40%, cercana a la disminución del PEAD y produciéndose el mismo fenómeno, producto de la disminución del precio del petróleo.

Fig. 25 Precio internacional PEBD



Fuente Elaboración propia a partir de datos de Plastic News (2016)

7.3.6.2. Precio nacional de plástico reciclado

Existen diversas empresas especializadas en la producción de pellets a partir de material reciclado, la mayoría de ellas se encuentra en Santiago y compran plástico a distintos proveedores. En la siguiente tabla se muestran las empresas que compran polietileno y sus precios.

Tabla 6 Precio nacional plástico reciclado como materia prima

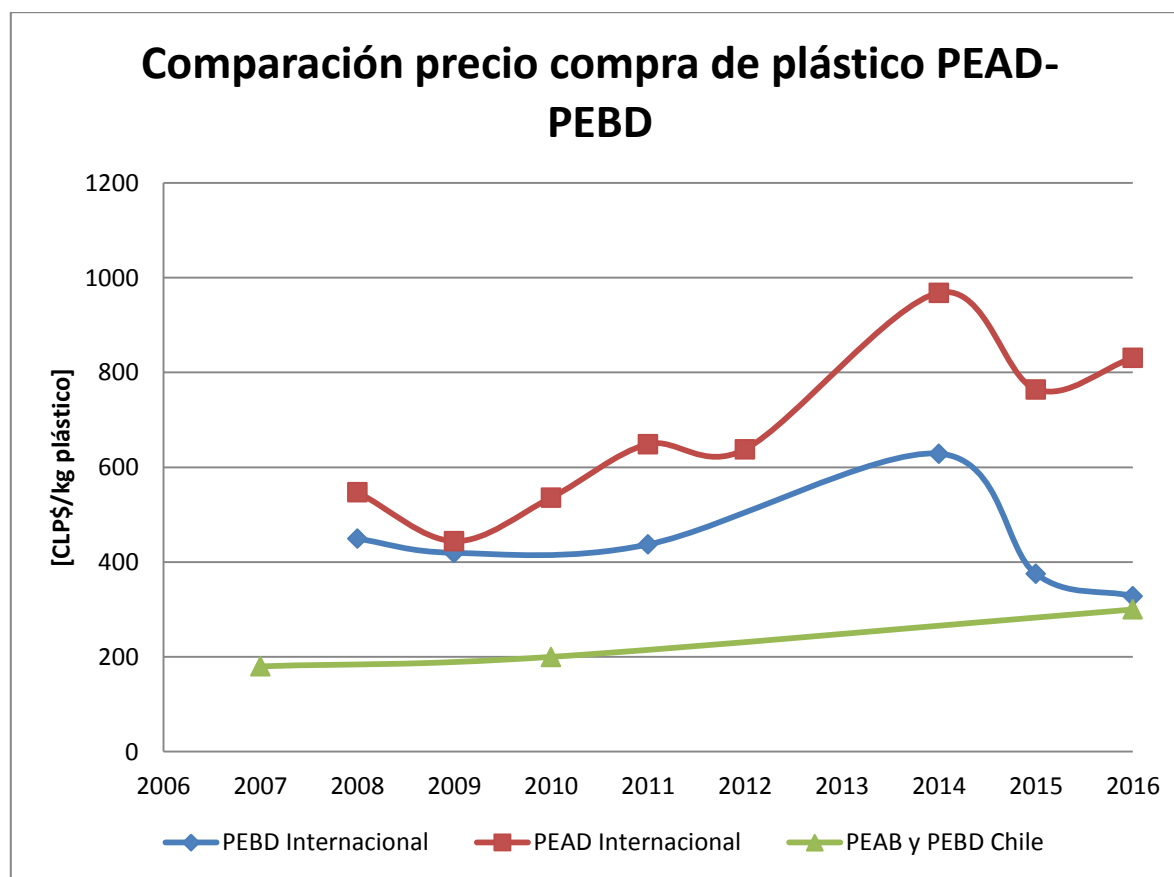
Empresa	Tipo de plástico	Precio compra [CLP\$/kg]	Fuente	Observación
Green plast (Santiago)	PEAD PEBD	300 280-300	Llamado telefónico	El precio puede variar acorde a la calidad del plástico y la cantidad.
Reciclean Spa (Santiago)	PEAD PEBD	100 100	http://www.reciclean.cl/	-
Cambiasso Hnos. (Valparaíso)	PEAD PEBD	250 200-220	Recicladores Quinta Región	Deben venir limpios, secos y enfardados, libres de materia orgánica y elementos contaminantes.
Ecopli (Santiago)	PEAD PEBD	300-400 300	Llamado telefónico	El plástico debe venir limpio y enfardado. Si viene en mal estado podría disminuir el precio de compras hasta en un 50%.
Inproplas (Santiago)	PEAD PEBD	350 350	Llamado telefónico	No poseen proceso de limpieza por lo cual el plástico debe venir limpio y seco.

En promedio, no existe mayor diferencia entre el precio de compra de PEBD y PEAD para el caso de empresas recicladoras de Santiago, dichos valores se encuentran cercanos a los \$300 por kilogramo (sin considerar Reciclean SpA), donde la empresa Ecopoli otorga la mejor oferta para el PEAD. Dichos precios han experimentado un alza desde el año 2010, donde el plástico se compraba a valores cercanos a \$200 por kilogramo (Célis, 2010), es decir, ha aumentado en un 50% su precio de comprar por parte de las empresas recicladoras (ver figura 27). Esto se debe principalmente al incremento de empresas del rubro, lo cual genera una competencia por la recolección.

Si comparamos el precio de compra en Chile con los mercados internacionales, podemos ver que en nuestro país, durante años, ha estado por debajo de los valores del plástico a nivel internacional (ver figura 27). Desde del año 2007 ha existido una brecha de más de \$200 pesos chilenos, por lo cual, este no se ajusta a los parámetros de los mercados globales. En consecuencia, el precio no depende de ello. En este sentido el precio de compra se ajusta al comportamiento habitual de una materia prima que experimenta un incremento es su demanda, y por consiguiente un aumento en los precios.

Para el caso del PEBD el aumento del precio ha generado que este se equipare a los mercados internacionales, alcanzado valores cercanos a los \$300 pesos chilenos por kilogramo, y por ende, ello ha acortado esta brecha. Por otra parte, el precio de PEAD sigue muy por debajo del mercado internacional, teniendo diferencias de más de \$600 pesos chilenos por kilogramo.

Fig. 26 Comparación precios internacionales y nacionales de compra de plástico



Fuente Elaboración propia a partir de datos de Plastic News (2016) y datos del mercado Chileno.

7.4. Capítulo IV: Disposición de Desechos Plásticos Agrícolas

7.4.1. Metodología de Investigación

En este estudio, se aborda el manejo de residuos plásticos proveniente de los agricultores de la Quinta Región, en específico de la zona de Quillota, Limache y Olmue, donde el principal objetivo es identificar el actual sistema de manejo, analizar sus falencias y entregar lineamientos que logren mejorar y contribuir en la conducción integral de residuos plásticos. Para ello se llevó una metodología de investigación basada en la búsqueda de antecedentes que permitieran describir modelo de manejo de residuos, siendo las variables de investigación más relevantes: tipo de plástico utilizado en la agricultura, área de cultivo bajo invernadero (hectáreas), cantidad de plástico generadas anualmente (ton/año), cantidad de plástico reciclado anualmente (ton/año), y por último la generación de residuos provenientes del reciclaje de plástico.

En primera instancia se consultó fuentes bibliográficas de entidades públicas tales como: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Ministerio Agricultura y Ministerio Medio Ambiente. Luego se realizó diversas consultas a través de la Ley de Transparencia, a las mismas entidades anteriormente mencionada, donde se obtuvo información sobre diferentes proyectos que se estaban realizando a lo largo del país y las políticas relacionadas con la Buenas Prácticas Agrícolas, que favorecen y fomentan el manejo integral de residuos plásticos. Por último, se llevó a cabo un estudio de campo, donde se visitó diversas entidades relacionadas con la agricultura, tales como: Seremi Ministerio Agricultura, Asociación de Agricultores de Quillota, COAGRA sucursal Quillota y Recicladores Locales, siendo esta última entidad la que poseía información relevante para la estimación de las variables de estudio. En específico, se contactó a un reciclador de plástico agrícola de la zona de Santa Rosa (Limache), el cual opera un Centro de Acopio, donde se realizaron distintas visitas entre los meses de Enero, Febrero y Marzo del año 2017, con la finalidad de comprender el proceso y definir las operaciones que se llevaban a cabo. Además, se realizó una entrevista (ver anexos 10.12). con el objetivo de obtener mayor información, centrándose en siguientes parámetros: generación de desechos plásticos, cantidad de plástico reciclado, y residuos producidos en el Centro de Acopio.

Por otra parte, se realizó un estudio de reconocimiento, que por medio del programa Google Earth y sus imágenes satelitales, se identificó las zonas de cultivos de invernadero, y por medio de polígonos se pudo estimar las cantidades de hectáreas de invernadero de la zona de estudio. Sin embargo, es importante mencionar que la esta metodología utilizada, posee un margen de error, dado que reconocimiento es poco preciso, además no se considera la variación estacional que poseen los cultivos agrícolas, dado que solo se analizó imágenes del mes de octubre (2016) y marzo (2017).

Finalmente, al desarrollar los lineamientos del proyecto para mejorar el actual manejo residuos, se consultó fuentes bibliográficas asociadas al manejo de residuos plásticos, donde destacan: Documento de trabajo Modelo de Gestión de Reciclaje Inclusivo Región Metropolitana desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente en el año 2016, Guía para la Elaboración de Estrategias de Gestión de Residuos Plásticos en Chile, documento llevada a cabo por el Centro de Investigación de Polímeros Avanzados (CIPA), la Universidad de Concepción, la Asociación de Industriales del Plástico (ASIPLA) y el Ministerio de Medio Ambiente en el año 2014, y por último el informe de la Implementación de Proyecto Piloto de Reciclaje Comunal: Enfoque Metodológico para la Separación Domiciliaria realizado por Mireya Anzieta en el 2004.

7.4.2. Generación de Plástico Agrícola en Quillota, Olmue y Limache

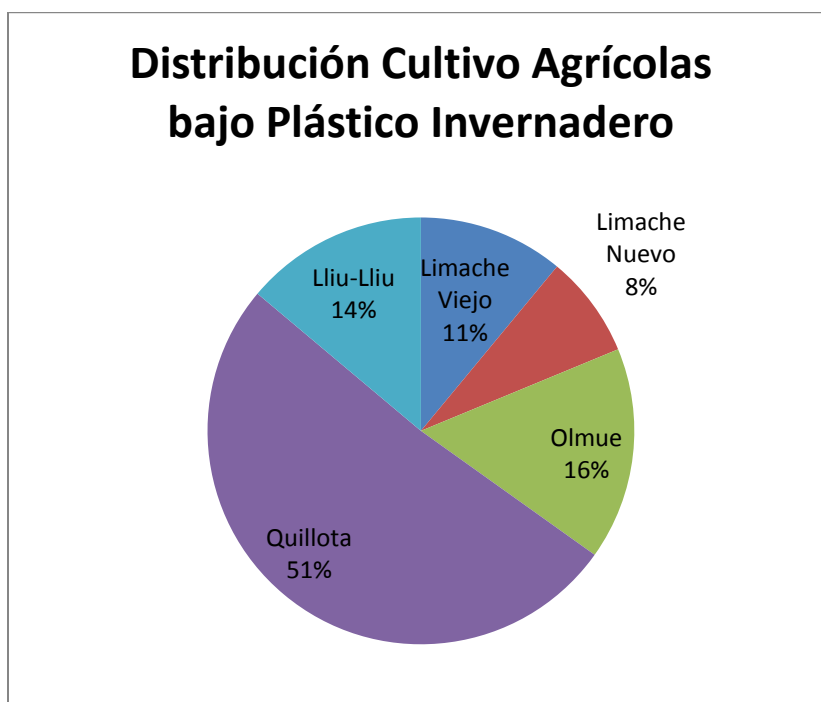
Los plásticos son utilizados por diversas aplicaciones agrícolas, según cifras de Asipla, este sector consume el 8% a nivel nacional equivalente a 73.000 [ton/año], y como se ha mencionado anteriormente existe escasa información sobre la generación de residuos. Según cifras del Ministerio del Medio Ambiente del Gobierno Español, alrededor del 40% de los plástico agrícolas consumidos poseen un ciclo de vida corto y por ende son desechados rápidamente, estos proviene de invernaderos, mulch y tunelillos. Por lo tanto basándose en este parámetro de manera estimada en Chile anualmente se generan cerca de 29.000 [ton] de residuos plásticos agrícolas.

Por lo dicho anteriormente se estimó la generación de plástico agrícola de la zona de la Quinta Región, basándose en las hectáreas de invernadero presentes en la zona y datos proporcionados por recicladores locales. Para determinar las hectáreas de invernadero se utilizó el programa Google Earth, donde en específico se reconoció las áreas de cultivos bajo plástico de invernadero en las zonas de Quillota, Limache y Olmue, con imágenes satelitales del mes de octubre y marzo, del año 2016 y 2017 respectivamente. Dicha estimación determino que existían un área cercana a 1.300[ha] de cultivo bajo plástico, distribuida en distintas zonas dentro de las cuales destacan: Quillota (51%), Olmue (16%), Lliu-Lliu (14%), Limache Viejo (11%) y Limache Nuevo (8%) (ver figura 28).

Según la información proporcionada por recicladores locales la mayoría de residuos plástico generados provienen de invernadero, los cuales se diferencian principalmente por el espesor. En la zona agrícola se utilizan 3 tipos: invernaderos de 200 [μm], de 150[μm] y de 80[μm]. Los invernaderos de mayor espesor duran alrededor de 3 años, sin embargo es uno de los menos utilizado ya que tienen un peso cercano a los 20 [kg/m^2], lo que se traduce en un mayor costo para los agricultores, ya que se necesitan más kilos y una infraestructura de mayor envergadura. Estos plásticos por hectárea generan alrededor de 1.800 [kg] de residuos. En cambio los de 80[μm] son los más utilizado, puesto que poseen un peso cercano a los 10[kg/m^2] y necesitan estructuras más simple para su correcta instalación, dichos plásticos por hectárea generan alrededor de 1.000 [kg] de desechos. Por último los de 150 [μm] poseen una duración de dos años, y por hectárea generan alrededor de 1.400[kg] de desechos plásticos.

A raíz de que no existe conocimiento sobre el porcentaje de área que representa cada tipo de invernadero, para estimar la cantidad de residuos se consideró un promedio de los datos de generación y se obtuvo que cada hectárea de cultivo genera 1.400 [kg] de la plástico invernadero. Por otra parte los mulch o cubierta plástica y cintas de riego son elementos que deben estar presentes en cada invernadero, puesto que contribuyen a mejorar la humedad, temperatura, sistema de regadío y calidad de las tierras. Para el caso de las cintas de riego se generan alrededor de 150 [kg] por hectárea y para los mulch cerca de 300[kg] por hectárea. En conjunto (invernadero, mulch y cintas de riego) tenemos que cada hectárea de cultivo de invernadero genera cerca de 1.850 [kg]. Si comparamos dichos datos con la información de generación de desechos plásticos agrícolas en España, podemos apreciar que no difieren en demasía. Para el caso de los invernadero se estima que cada hectárea genera alrededor de 1.015 [kg] de desechos, mientras que el acolchado por cada hectárea genera 322 [kg] (Ministerio de Medio Ambiente España, 2007). *Por lo tanto de manera aproximada en la zona agrícola de Quillota, Limache y Olmue se generan alrededor de 2.400 [ton/año] de desechos plásticos, considerando que cada elemento es cambiado cada un año.*

Fig. 27 Distribución cultivos agrícolas de invernadero



Fuente: Elaboración propia

7.4.3. Manejo de Residuos Plásticos Agrícolas en Quillota, Olmue y Limache

Específicamente en la zona Quillota, Limache y Olmue, existen muchos agricultores que utilizan el plástico para mejorar la eficiencia de cultivos, con diversidad de usos donde se destacan como los más relevantes: cintas de riego, invernadero, mulch y cubiertas plásticas, habitualmente estas presentan un alto contenido de impurezas, correspondiente a tierra, arena, piedras, residuos

vegetales y residuos de poda. Según un informe realizado por la Junta de Andalucía (España), los plásticos que tienen un contacto directo con la tierra poseen mayor contenido de impurezas (cintas de riego, mangas de riego, mulch y cubiertas plásticas) que puede variar entre el 60 a 80%, en cambio los plásticos de invernaderos poseen un menor porcentaje de impureza, que puede variar entre un 15 a 20% (Ángeles, 2002), por otro lado, según la información de los recicladores locales, el material proveniente de invernaderos poseen una suciedad entre el 10 a 15 %, y los otros poseen una suciedad entre un 30 a 40%.

En vista de que no existe información disponible sobre la cantidad de residuos generados, se estimó que el área de cultivo bajo plástico es de 1.300 [ha], que generan cerca de 2.400 [ton] de residuos proveniente en su mayoría de invernaderos (ver capítulo 7.4.2). En la zona de estudio, existen diversos recicladores informales que desarrollan labores de recolección y comercialización, estos se ubican en: Limache, Los Maitenes, Santa Rosa y Llui-Lliu, *que en conjunto recuperan cerca de 2.200 [ton/año] de desechos*. Esta actividad se practica desde 1995, a causa de que la empresa Cambiasso Hnos, comenzó a diversificar su rubro incursionando en el reciclaje de plástico y por ende, en la búsqueda de proveedores. La operación de los recicladores se basa principalmente en la recolección, lavado, secado y enfardado, que finalmente es comercializado en su mayoría con la empresa Cambiasso Hnos.

Actualmente existe un alto índice de reciclaje en la zona, por lo cual el plástico recolectado por los recicladores informales, es comprado a los agricultores en un valor que oscila entre \$80 y \$120 por kilogramo, este precio varía según el porcentaje de suciedad y materia orgánica que contengan. Además existen testimonios, proporcionados por la Asociación de Agricultores de Quillota, que empresas recicladoras de Santiago de manera esporádica, retiran plásticos para abastecer sus plantas, no se tiene información específica de la cantidad retirada, ni tampoco de cuáles son las empresas que realizan estas prácticas.

El principal interés de los agricultores por reciclar, viene dado por el cambio en la legislación, asociado a las normas que prohíben las quemas ilegales, ya que antiguamente en la zona agrícola de la Quinta Región, esto era una práctica frecuente para disponer de los plásticos, por otra parte, existen instrumentos que obligan a los agricultores a justificar la disposición de los residuos, destacándose: el Protocolo de Agricultura Sustentable llevado a cabo por INDAP y el programa Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) encabezado por Chile G.A.P. Este último consiste en una certificación voluntaria con una serie de normas, que permite garantizar la calidad de los productos, estableciendo estándares dictados por el mercado internacional, donde uno de los ellos es contar con un programa de gestión de residuos, que permita minimizar la contaminación del medio ambiente, favoreciendo el reciclaje y reutilización de desechos. Por último, existe un interés comercial por parte de los agricultores, ya que antiguamente el plástico era un desecho, pero en la actualidad, representa también una buena fuente de ingresos.

7.4.4. Descripción del proceso

▪ *Recolección*

El principal objetivo del proceso de recolección, es trasladar el plástico desde los diversos puntos donde es utilizado, hasta el centro de acopio para asegurar la continuidad operativa. Dicho proceso se lleva a cabo mediante la recolección desde los diversos predios agrícola de Limache, Olmue y Quillota por medio de camiones recolectores. Existen cuatro mecanismos de recolección dentro de los cuales destacan:

- Recolección desde el punto de utilización, por medio del contacto directo de los agricultores con los recicladores.
- Agricultores que llegan directamente al centro de acopio.
- Búsqueda de nuevos predios agrícolas que no reciclen sus plásticos.
- Contacto directo de agricultores de otras zonas de la región, que desean disponer sus desechos.

▪ *Acopio de materia prima*

Dicha etapa consiste en la acumulación de plástico en el centro de acopio, con el objetivo de facilitar el proceso de recolección y disponer de materia prima suficiente para asegurar la continuidad operativa. Dicho acopio se realiza al interior de la planta y en zonas aledañas, estas últimas no poseen un buen sistema que permita proteger los materiales de las condiciones climáticas.

Fig. 28 Imagen de acopio de plástico sin protección



▪ **Lavado**

En esta etapa se realiza una inspección visual del material, retirando los elementos más voluminosos y suciedad de manera manual. Los materiales que poseen un alto índice de suciedad, son pre-lavados en una zona que dispone de mangueras con agua a presión para retirar la tierra u otro tipo de suciedad. Pasado este control, se reduce el tamaño del material con instrumentos de corte, para luego ser ingresados a una máquina de lavado provista de un tambor giratorio, con pequeñas ranuras que retiran la tierra del plástico. El agua utilizada para este proceso proviene de acequias o canales de regadío aledañas al centro de acopio, como desechos se obtiene un líquido que posee altos índices de tierra. Una vez finalizada la operación el agua de lavado es desechada hacia un canal de regadío, utilizado por agricultores cercanos al centro de acopio.

Esta etapa es sumamente importante, ya que la mayoría de las empresas recicladoras tienen como requerimiento de compra que venga limpio, y libre de tierra, esto es considerando que la suciedad encarece la operación de limpieza y afecta el proceso de extrusión de las plantas recicladoras.

Fig. 29 Representación equipo de equipo de lavado giratorio



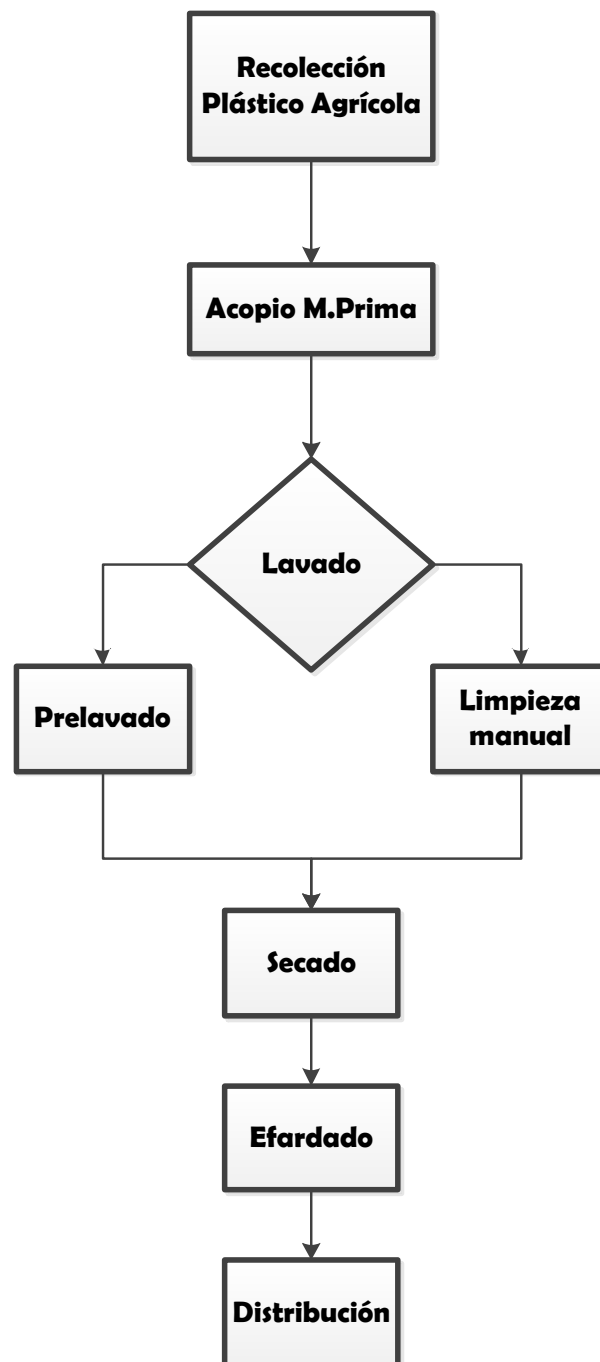
▪ **Secado**

Una vez lavado el plástico, se seca de manera natural exponiéndolo al sol. Dicho proceso no posee un tiempo determinado ya que depende de la cantidad que se procesa semanalmente y las condiciones climáticas imperantes en la zona, además este método no logra secar por completo el material.

▪ **Enfardado y Distribución**

Por último viene el proceso de enfardado, donde se utiliza una máquina compresora que apila los residuos y reduce su volumen para facilitar el proceso de distribución y transporte. Dicha distribución, es llevada a cabo por camiones que soportan una carga de 2 a 5 [ton] que son llevados en su mayoría, a empresas recicladoras ubicadas en la Quinta y Región Metropolitana.

7.4.5. Diagrama flujo del proceso



Fuente: Elaboración propia

7.4.6. Impacto del actual Manejo de Residuos Plásticos Agrícolas

7.4.6.1. Impacto Medio Ambiental

La Quinta Región es una de las regiones del país donde existe el mayor índice de degradación de los suelos agrícolas, dicha degradación, se entiende como la alteración de las propiedades debido a causas naturales o actividades humanas que disminuyan la productividad de suelos agrícolas.

Estudios del año 2010 llevado a cabo por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), la Región de Valparaíso se cataloga como una de zonas más afectadas del país por la degradación de suelos agrícola. Según este, cerca de 1,1 millones de hectáreas poseen una condición de fragilidad y un potencial índice de riesgo de erosión. Dentro de las causas posibles, está la degradación por características naturales del suelo y malas prácticas de las actividades humanas (Ministerio Agricultura, 2013), donde se identifican 3 grandes factores:

- Características propias del suelo, tales como material de origen, pendiente, profundidad, textura y estructura del mismo.
- Frecuencia, intensidad y cantidad de las precipitaciones.
- *Adopción de malas prácticas por parte de los agricultores, tales como cultivos en pendiente, exceso de laboreo, escasa fertilización, uso de fertilizantes acidificantes, exceso de plaguicidas, desprotección del suelo, entre otras.*

Este último punto es uno de los que dice relación con el actual manejo de los residuos generado por el reciclaje de plástico en la Quinta Región. La industria del reciclaje como toda actividad produce desechos (no peligrosos), los cuales se clasifican en dos tipos: residuos líquidos y residuos sólidos. En general los residuos líquidos provienen del agua utilizada para el lavado, y los residuos sólidos se generan de los desechos no reciclables. En particular para el reciclaje de plástico agrícola, los residuos líquidos que se generan de la operación de lavado, entra en contacto directo con la tierra proveniente de los predios agrícolas. Es así como las tierras van quedando contaminadas por agroquímicos, dichos compuestos según sus características físico-químicas se disuelven en los residuos líquidos. Por lo cual el vertimiento de esta agua en canales de regadíos, puede contribuir a la acumulación de agroquímicos en los terrenos donde se utiliza, generando una degradación química en los suelos, y favoreciendo la contaminación en aguas superficiales y subterráneas (Ministerio Medio Ambiente, 2010).

En Chile existe evidencia sobre la contaminación de aguas y suelos, producto de mal uso de agroquímicos. En un estudio publicado en el año 2007 desarrollado por el Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA), se establece el comportamiento del Manejo de Agroquímicos en Sistema Hortícolas, se puso en evidencia la contaminación de suelos y recursos hídricos por agroquímicos. En este sentido, se analizó el comportamiento de los herbicidas en el medio agua, suelo y vegetación, donde se muestra una serie de agroquímicos utilizados en Chile que dado sus características, poseen una mayor movilidad desde los suelos donde son aplicados, hasta las aguas subterráneas y superficiales (listado se encuentra en Anexo 10.9). Dicha movilidad se produce a causa de: derrame accidental, mal manejo en los sistemas de aplicación y disposición de envases

agroquímicos, y por el lixiviado de los suelos. Como regla general todos los pesticidas y agroquímicos poseen un riesgo potencial de contaminación ambiental, no obstante algunos, poseen un mayor riesgo de lixiviación teniendo en cuenta diversos factores, dentro de los cuales los más relevantes son:

- Coeficiente de Adsorción (K_{oc}), si los compuestos poseen un coeficiente menor a 500, implica una baja capacidad de adherirse al suelo y en consecuencia un mayor riesgo de contaminación.
- Solubilidad, la alta solubilidad aumenta la capacidad de solubilizarse con el agua de regadío y por ende alto riesgo de contaminación.
- Vida media (o periodo de carencia), este parámetro mientras mayor sea aumenta el riesgo de contaminación puesto que implica una mayor permanencia de los compuestos en los suelos.

Dichos parámetros en conjunto incrementan el potencial de lixiviación en el suelo y por ende la contaminación de las aguas, además uno de los factores que más afecta este hecho es la dosis, métodos de aplicación y la tasa de degradación de los suelos respecto a los componentes activos del agroquímico (INIA, 2007).

En particular en la Quinta Región, existen suelos contaminados por compuestos nitrogenados, en especial los agricultores que utilizan invernaderos, siendo la causa más probable la intensa rotación con otras especies hortícolas, que favorece la acumulación de compuestos nitrogenados, debido a que en un reducido espacio y periodo de tiempo se aplican las mismas dosis de fertilizante. Para el caso de los agricultores que cultivan tomates bajo invernadero, se registró que cerca del 50% de los suelos presentaba un contenido alto y muy alto de Nitrógeno, mientras que para los agricultores de pimentón bajo invernadero, cerca de un 60% de los suelos presentaban un contenido alto o muy alto de Nitrógeno. Esto se condice con la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por compuestos Nitrogenados, siendo el promedio regional 19,2 [mg NO₃ / L] excediendo en casi el doble la normativa nacional para el agua de consumo, donde las subsuperficiales (pozos o norias), son las más contaminadas con un promedio de 31, 1 [mg NO₃ / L] (INIA, 2007).

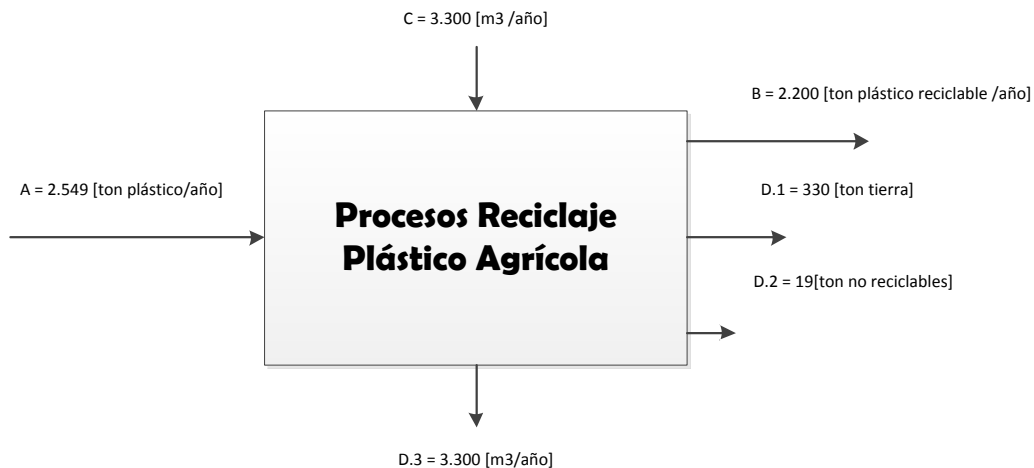
Por lo tanto, es necesario llevar a cabo diferentes análisis químicos a las aguas utilizadas en los centros de acopio, y a los suelos de cultivos bajo invernadero, para determinar el grado de contaminación que estos contienen y como pueden afectar al medio ambiente, centrándose en los fertilizantes Nitrogenados, además se debe proporcionar una mejor disposición de los residuos no reciclables, ya que la quema incontrolada también causa daños medio ambientales, siendo una de las opciones más adecuada la valorización energética.

7.4.6.2. Generación de residuos

En cuanto a los residuos líquidos se trata, de manera aproximada se utilizan cerca de 1,5 litro de agua por kg de plástico, y por cada 100 kilos de plástico reciclado existen 15 kilos de tierra. Mientras que para el caso de los residuos sólidos, se generan 8,5 kilos de desechos plásticos por cada tonelada reciclada, estos desechos son generados porque poseen un alto contenido de suciedad o se encuentran degradados.

En la actualidad se reciclan cerca de 2.200 [ton/año] de residuos sólidos, por lo tanto, anualmente se utilizan 3.300 [m³] de agua para el lavado, las cuales contiene cerca de 360 [ton] de tierra, que generan cerca de 19 [ton] de desechos. El agua para la operación de lavado proviene de canales de regadío cercano al centro de acopio y una vez llevado a cabo el proceso, son evacuados a un canal de regadío que es utilizado por agricultores cercanos. Por otra parte, la mayoría de los desechos plásticos son quemados de manera ilegal, o simplemente son mezclados con desechos domiciliarios.

Fig. 30 Generación desechos del reciclaje de plástico agrícola de la Quinta Región



Fuente: Elaboración propia

Donde

A= Cantidad de plástico recolectada para reciclar [ton /año].

B= Cantidad de plástico destinado para el reciclaje [ton/año].

C= Agua utiliza en proceso de lavado [m³/año].

D.1= Cantidad de tierra como material de desecho [ton/año].

D.2= Cantidad de plástico no reciclado como material de desecho [ton/año].

D.3= Agua de desecho del proceso de lavado [m³/año].

7.4.5 Marco Legislativo

7.4.5.1. Normativa Asociada

En Chile existen diversas normas que regulan el tratamiento y gestión de residuos, tales como: DS 148/2004 que establece el Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos, DS 189/2008 que regula las condiciones sanitarias y de seguridad básica en rellenos sanitarios, y la reciente Ley 20.920 conocida como Ley Fomento al Reciclaje entre otros (para mayor información ver anexo 10.8). De manera histórica el énfasis en la gestión de residuos, ha estado enfocado a la disposición final de manera controlada, sin embargo en los últimos años, se ha demostrado que no basta solo con la disposición final, ya que esto conlleva una serie de problemas sanitarios y medioambientales que afectan a mediano plazo (Ministerio Medio Ambiente , 2013). Por ello el MMA ha impulsado un cambio en la forma de abordar y legislar sobre el tema, donde la gestión de residuos se base en evitar su generación, procurar su minimización, fomentar su reciclaje y revalorización energética, y como última opción, su disposición final de manera controlada, tal como se refleja con la promulgación de la Ley Fomento al Reciclaje, o también la llamada Ley Extendida del Productor.

En este sentido, *el actual manejo de residuos plástico agrícolas no se asocia a ninguna de las leyes históricas que regulan el tratamiento y gestión de residuos* (mencionadas en el anexo 10.8), más bien, se acopla a la realidad de muchos recicladores del país, y por ende es descrita en cierta medida por la Ley 20.920. Dado que dichas labores se llevan a cabo de manera informal o como comúnmente se dice, son labores realizadas por recicladores bases. Por años estos trabajadores no han tenido ningún tipo de denominación jurídica, lo que ha generado una serie de problemas tales como: incapacidad de establecer un diagnóstico sobre la capacidad recicladora del país, condiciones de trabajo ilegal que no aseguran la protección de la salud de las personas, incapacidad negociadora con las condiciones de venta y precios de los desechos, y por último, la poca capacidad técnica y empresarial por parte de los recicladores, lo que a la larga genera poca especialización en los proceso de recolección y tratamiento (Ministerio Medio Ambiente, 2015).

Según la promulgada Ley de Fomento al Reciclaje, los recicladores bases se definen como: *“Persona natural que, mediante el uso de la técnica artesanal y semi-industrial, se dedica en forma directa y habitual a la recolección selectiva de residuos domiciliarios o asimilables y a la gestión de instalaciones de recepción y almacenamiento de tales residuos, incluyendo su clasificación y pre tratamiento”* (Ley 20.920, 2016). Los recicladores bases se dedican a la recolección, separación y comercialización de residuos para el reciclaje, donde la venta de estos productos, generan ingresos que le permiten obtener beneficios económicos. No obstante esta definición, suele hacer más alusión a los recicladores de desechos municipales, con ingresos que varían entre 0,5 a 3 sueldos mínimos, y que por lo general, no poseen una gran capacidad recolectora y venden sus productos a intermediarios (acopiadores o recicladores con mayor capacidad de compra, transporte y almacenamiento) (Ministerio Medio Ambiente, 2015). Por lo tanto en base a esta definición, los recolectores informales de plástico agrícola de la Quinta Región, serían un ente intermediario entre los “recicladores bases” (que serían los agricultores que reciclan sus plásticos) y las empresas recicladoras, pues realizan labores de recolección y pre-tratamiento de los

residuos, donde la capacidad de recolección y la cantidad de residuos procesado, es mucho mayor a las cantidades procesada por recicladores base. En otras palabras, tal y como lo define la ley serían un Gestor (informal): *“Persona natural o jurídica, pública o privada, que realiza cualquiera de las operaciones de manejo de residuos y que se encuentra autorizada y registrada en conformidad a la normativa vigente”* (Ley 20.920, 2016).

En líneas generales la promulgada Ley de Fomento al Reciclaje, posee como objetivo establecer un marco para la gestión de residuos utilizando diferentes métodos, dentro de los cuales, se encuentra la Responsabilidad Extendida del Productor (REP). Dicho método tal y como lo establece la ley, se define como un instrumento que otorga la responsabilidad a los productores (o importadores) de productos prioritarios de la organización y financiamiento de la gestión de los residuos que generen una vez terminado su ciclo de vida. En este sentido los plásticos se enmarcan dentro de la categoría d) envases y embalajes del artículo 10° de la Ley 20.920, sin embargo dicha categoría hace más alusión a otros tipos de productos que no incluye a los plásticos utilizados en los predios agrícolas. *Por lo tanto la disposición de desechos plásticos agrícolas y sus productores no se acogen a esta ley*, en consecuencia dicha actividad aún se mantendría dentro de la informalidad, pese a la promulgación y próxima puesta en vigencia.

7.4.5.2. Inclusión de Plásticos Agrícola a la Ley 20.920.

Como se mencionó anteriormente, los plásticos provenientes de los predios agrícolas no son parte de la Ley de Reciclaje. Este hecho genera diversos problemas dentro de los cuales podemos mencionar: falta de poder judicial para obligar a los agricultores o productores a reciclar los residuos generados, poca información relacionada con el reciclaje de plástico agrícola, falta de fiscalización sanitaria y laboral para los trabajadores en los centros de acopio, bajo nivel de información por parte de las entidades públicas y privadas relacionada con el tratamiento de residuos plásticos proveniente de la agricultura. De modo que para mejorar dichos aspectos, es necesario realizar un cambio en la legislación utilizando como instrumento la Ley 20.920, ya que el artículo 10° establece como productos prioritarios solo plástico proveniente de envases y embalajes y en definitiva, es necesario incluir los plásticos agrícolas como parte de esta Ley para aumentar su valorización a nivel nacional y fomentar una gestión integral, con el objetivo de evitar su disposición final y contribuir al medio ambiente.

Este cambio genera un serie de beneficios dentro de los cuales los más importantes son: obligación de tratar los residuos plástico provenientes de la agricultura, aumentar el reciclaje de plásticos agrícolas, inclusión de todo los actores estratégicos que estén involucrado en la gestión de residuos plásticos agrícolas, mayor regulación sanitaria y laboral para los recicladores informales y sus trabajadores, oportunidad de aumentar sus ingresos y condiciones laborales, la capacidad de recibir residuos de otros rubros y así aumentar su producción. La inclusión de los plásticos agrícolas en la Ley 20.920, implica una formalización de los recicladores agrícolas, los cuales deberán cumplir una serie de autorizaciones ambientales, sanitarias y cumplir con las legislaciones laborales.

En cuanto a las autorizaciones ambientales, la primera viene dada por el DS N°40/2012 del MMA “Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental”, que establece la obligatoriedad de ingresar al SEIA. La obligatoriedad de ingresar al SEIA, para un Centro de Acopio está relacionado con los literales o) y p) del artículo 3 del Reglamento del SEIA. El literal o) hace alusión a proyectos de saneamiento ambiental, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos, y el literal p) está relacionado en la ejecución de obras en zona protegida (Seremi del MMA R.Metropolitana, 2016)). Por lo tanto cualquier Centro de Acopio de Plástico Agrícola, que cumpla con las características nombradas en estos literales, debe ingresar al SEIA. En el caso de los Centros de Acopio de Plástico Agrícola (operando) en la Quinta Región por medio del literal p) no tendrían que ingresar al SEIA dado que no están emplazados en zonas protegidas. Sin embargo en el caso del literal o) de manera preliminar debiesen entrar al SEIA, ya que pueden reunir las condiciones señaladas en los literales:

- o.5.) Plantas de tratamiento y/o disposición de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, estaciones de transferencia y centros de acopio y clasificación que atiendan a una población igual o mayor a cinco mil (5.000) habitantes.
- o.7.) Sistemas de tratamiento y/o disposición de residuos industriales líquidos, que cumplan al menos alguna de las siguientes condiciones: o.7.2) Que sus efluentes se usen para el riego, infiltración, aspersión y humectación de terrenos o caminos.

Para el caso de las normas sanitarias la Ley 20.920 en el artículo 35 establece la creación de “un reglamento de los requisitos necesarios para obtener las autorizaciones sanitarias para las labores de recolección, recepción y almacenamiento de residuos, peligrosos y no peligrosos, de productos prioritarios”. Una vez dictado dicho reglamento, los Centros de Acopio deberán cumplir esta norma, además se debe respetar el Código Sanitario el cual establece una serie de normas que tiene relación con las condiciones de trabajo, autorizaciones sanitarias y autorizaciones ambientales necesarias para el tratamiento de residuos. Finalmente se deben cumplir con lo indicado en el Código del Trabajo, el cual establece la relación entre el empleador y sus trabajadores y el DS N°594 del Ministerio de Salud, el cual establece las condiciones sanitarias y ambientales básicas que deberá cumplir todo lugar de trabajo.

7.4.5.3. *Lineamientos Asociadas al Reciclaje de Plástico Agrícola*

Por otra parte existen otros instrumentos que contribuyen al reciclaje, como se ha mencionado existen lineamientos que se enmarcan en la gestión de residuos plásticos, tales como: el Protocolo de Agricultura Sustentable llevado a cabo por INDAP y el programa Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) encabezado por Chile G.A.P. Dichos programa tiene un objetivo en común, el cual establece diversas normas, que contribuyan a la productividad agrícola basados en la sustentabilidad ambiental y social.

En particular el programa de BPA consiste en una certificación voluntaria que acredita al agricultor que cumple con una serie de parámetros y estándares internacionales, que aseguren la calidad e inocuidad alimentaria del producto final. Dentro de estas políticas se encuentran las Buenas Prácticas de la Sustentabilidad, las cuales considera 3 ejes fundamentales: Sustentabilidad Social, Sustentabilidad Económica y Sustentabilidad Ambiental. Estas últimas implican el buen uso y cuidado de los recursos naturales que son parte del proceso productivo, de los cuales se desprenden 5 ámbitos de acción: 1) Uso y mantención de los recursos naturales (con énfasis en agua y suelo), 2) Control de plagas y enfermedades, 3) Uso eficiente de la energía, 4) Control y reducción de emisiones y por último, 5) Manejo de desechos. En la Guía de Buenas Prácticas de la Sustentabilidad, Capítulo III sobre Sustentabilidad Ambiental, que señala el punto sobre Manejo de Desechos, indica que como principio se debe realizar una buena gestión de los residuos y dar cumplimiento a la legislación nacional, donde se deben identificar los desechos producidos para disponer de ellos de manera correcta. Los plásticos caen en la categoría de residuos inorgánicos y por lo tanto, se debe asegurar que su disposición no afecte negativamente el medio ambiente y si es factible, se deben llevar a cabo prácticas de reciclado (Chile G.A.P, 2013). En este sentido muchos de los agricultores solicitan Certificado Sanitarios que acrediten la correcta disposición de los desechos plásticos, para cumplir con las normas impuestas por el programa. Dicho programa se puede interpretar como una herramienta que fomenta el reciclaje de los plásticos agrícolas, igualmente que el Protocolo de Agricultura Sustentable, que posee el mismo objetivo.

7.5. Capítulo V: Proyecto para Mejorar Gestión de Residuos Plásticos Agrícolas

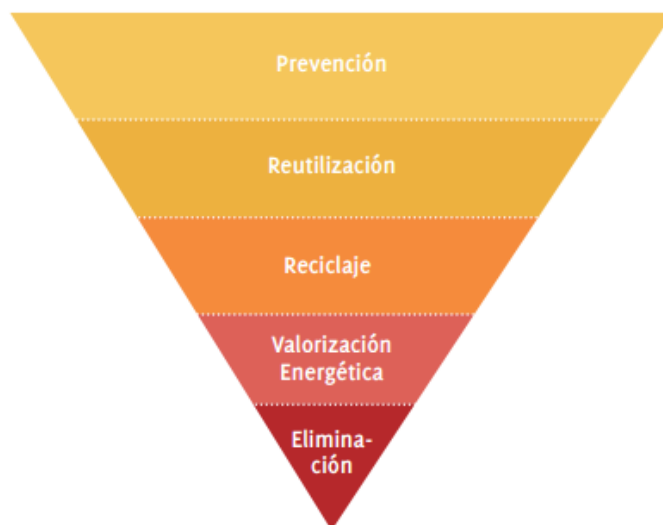
7.5.1. Estrategia de gestión residuos plástico agrícolas

En la zona agrícola de la Quinta Región, se ha desarrollado durante años de manera informal el reciclaje de plástico. Dichas prácticas han contribuido a mejorar la calidad del medio ambiente y han generado puestos de trabajos para diversas personas, sin embargo es necesario mejorar esta práctica con el objetivo de aumentar el reciclaje y disminuir la generación de residuos, para tener una gestión integral.

La gestión integral de los residuos implica una serie de actividades que ayudan a controlar la generación, separación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final. Dichas actividades permiten disminuir la generación y la cantidad de residuos que se disponen en los rellenos sanitarios, minimizando así el impacto ambiental, reduciendo los efectos negativos sobre la salud de la población, impidiendo la generación de micro basurales y evitando el impacto a nivel paisajístico (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

La directriz del Ministerio del Medio Ambiente para la gestión integral de residuos sólidos, se basa en prevenir la generación de estos, fomentando así diversas práctica que contribuyan a un buen manejo de dichos residuos, tales como: Prevención, Reutilización, Reducción, Reciclaje, Valorización Energética, Tratamiento y como último recurso, su Disposición final de manera controlada (ver figura 31). En este sentido, el objetivo principal de este proyecto es contribuir al actual manejo de residuos plástico con la finalidad de disminuir la generación de estos y contribuir al reciclaje, para evitando así una mala disposición.

Fig. 31 Jerarquización gestión integral de residuos sólidos



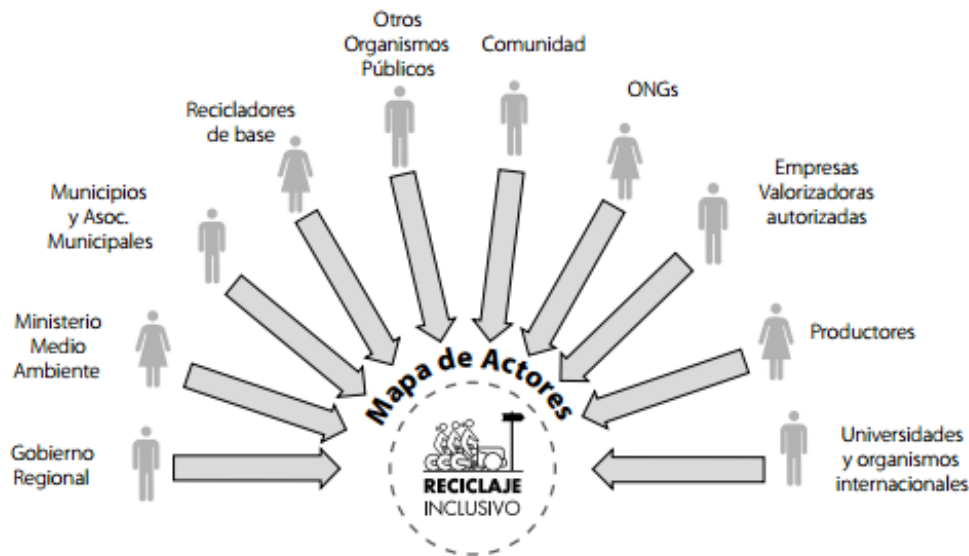
Fuente: Ministerio Medio Ambiente, 2013

Para desarrollar de manera correcta un plan de reciclaje, es necesario identificar a todos sus participantes, delimitar las condiciones iniciales y obtener la mayor información sobre la generación y actual tratamiento de los residuos (Anzieta, 2004). Dado la escasa información que existe sobre el manejo de los residuos plástico agrícola, es importante llevar a cabo una *fase inicial* en la cual se contemple la ejecución de una Encuesta Agrícola (ver encuestas en el anexo 10.10) enfocada a los agricultores y recicladores, que permitan identificar diversos parámetros tales como: cantidad de residuos generados, composición de estos, distribución geográfica de los puntos de generación y variaciones estacionales de los mismos, con el objetivo de estimar su generación de una manera más exacta y su tasa de reciclaje. Luego es necesario realizar una *fase de formulación* en la cual se deben llevar a cabo diversas tareas. La primera viene dada por la definición de objetivos y el establecimiento de un área de influencia del proyecto, la segunda viene dada por la selección de indicadores que permitan medir el nivel de cumplimiento de los objetivos, y por último, se tienen que disponer de recursos para la educación ambiental, que permitan mostrar el programa a las comunidades agrícolas. Por último, se debe llevar a cabo una *fase de ejecución*, donde se deben implementar programas de educación ambiental que ayuden a los agricultores y recicladores a mejorar el actual manejo de sus residuos, ayudando a reducir, minimizar y almacenar de manera correcta los plásticos. Una vez establecido el programa se deben analizar los parámetros de la situación inicial y evaluar el cumplimiento de los objetivos (Asiela, 2014, págs. 12-14). Para así asegurar la continuidad operativa y consolidarlo como un proyecto viable, que pueda ser replicado en diversas regiones del país.

Participantes estratégicos

En el actual sistema de reciclaje de plástico agrícola, se pueden identificar tres grandes actores, primero se encuentran los *agricultores* quienes recolectan el material de sus predios y lo acopian para su posterior comercialización (ganancia por ingreso de las ventas). El segundo, viene dado por lo *recicladores de plástico agrícolas*, los cuales llevan a cabo diversas labores de recolección, pre-tratamiento (clasificación, lavado y enfardado), distribución y comercialización con una *empresa recicladora*. Siendo este último el tercer actor encargado de la recuperación de residuos, por medio de la reutilización, reciclaje y valorización energética, donde que el reciclaje mediante procesos mecánicos es el más común para los residuos plásticos. No obstante lo anterior, para establecer una gestión integral de los residuos, se debe integrar y crear una red con todos los aliados estratégicos para fomentar un reciclaje inclusivo. Tal como lo propone la Ley 20.920 se considera a diversos actores tales como: Municipios, Productores, ONG, Ministerios Medio Ambiente y otros organismos públicos (ver figura 32), siendo fundamental para este caso el Ministerio de Agricultura, considerando que en la actualidad dicha entidad no posee información respecto al reciclaje de estos plásticos.

Fig. 32 Participantes estratégicos para la gestión integral de los residuos



Fuente: SEREMI de MMA de la Región Metropolitana

Condiciones iniciales

El actual manejo de residuos plástico agrícolas de la zona de Quillota, Limache y Olmue, establece un escenario inicial donde existe un alto porcentaje de reciclaje, *según las estimaciones cerca del 90% de los plásticos generados son reciclados* mediante recicladores locales que de manera independiente e informal, establecen un modelo de gestión. Dicha práctica se basa en una estructura de negocio que se inicia con un servicio de recolección desde el punto generación (totalmente gratuito), siendo esta vía una de las principales formas de recolectar la materia prima. Luego en el centro de acopio se llevan a cabo un pre-tratamiento, dando como resultado final fardos de plásticos que son distribuidos a empresas recicladoras para ser comercializados.

El alto porcentaje de residuos reciclados evita una mala disposición de estos, y genera una serie de beneficios medioambientales. Sin embargo la informalidad de este sistema, genera diversos problemas dentro de los cuales se puede mencionar: falta de información por parte de las entidades públicas y privadas que posean relación directa con el tratamiento de residuos plásticos provenientes de la agricultura, incapacidad de establecer una diagnóstico certero sobre la cantidad de plástico generada y su porcentaje de recuperación, tanto a nivel nacional como local, bajo grado de especialización sobre los sistema de recolección, incapacidad de los recicladores agrícolas de negociar con las empresas recicladoras sobre el precio de venta de los materiales de desechos, y por último, se observa un mal manejo de los residuos que son generados en los centros de acopio.

Educación ambiental

La educación ambiental se define como: *un proceso de carácter formativo permanente, ya sea formal o no formal, cuyo propósito es que la comunidad desarrolle valores, conceptos, habilidades y aptitudes que permitan generar una conciencia armónica entre seres humanos, su cultura y su medio biofísico circundante*. Dicha herramienta es un pilar fundamental de la Ley 20.920 considerando que la comunidad posee un rol fundamental en el tratamiento de residuos (Seremi del MMA R.Metropolitana, 2016).

En el actual sistema de gestión de residuos plástico agrícolas, no existen estrategias que permitan mejorar las condiciones iniciales. Es por ello que la educación ambiental es el elemento principal que permite promover un sistema integral de residuos, involucrando sus principales actores: agricultores y recicladores de plástico agrícolas. Pese a esto para fomentar un sistema integral, y acorde a lo que establece la Ley de Reciclaje, es necesario incluir a los productores de plástico como parte de la cadena de participantes estratégicos, y en conjunto con estos promover una educación ambiental, como acciones adicionales que contribuyan a la implementación del proyecto, podemos mencionar el uso de estrategias comunicacionales que promuevan el programa dentro de la comunidad agrícola, y el diseño de estrategias para prevenir la generación de residuos.

Dentro de los tópicos más relevantes que tienen que estar presentes en los programas educativos que promuevan la gestión integral de residuos plásticos, se debe diferenciar entre los agricultores y recicladores. En la siguiente tabla se muestra los principales temas que deben estar incluidos en los programas de educación ambiental.

Fig. 33 Tópicos de educación ambiental del proyecto para mejorar la Gestión de Residuos Plásticos Agrícolas

Programa de Educación Ambiental para el Reciclaje de Residuos Plásticos Agrícolas	
Agricultores	Recicladores
Conciencia sobre el reciclaje de plástico, y los beneficios/problemas medio ambientales que estos generan.	Optimización del sistema de recolección y reducción de tiempo de traslado.
Capacitación sobre el manejo y acopio de los residuos plásticos, para evitar la generación de elementos no reciclable.	Capacitación en materia contable, centralizándose en costos operacionales, remuneraciones e ingresos.
Capacitación sobre el uso y selección del tipo de plástico utilizando en los invernaderos.	Uso eficiente de los recursos energéticos y suministro de agua.
Capacitación sobre la legislación que regulariza la gestión de residuos, enmarcado en la Ley 20.920.	Capacitación sobre la legislación que regulariza la gestión de residuos, enmarcado en la Ley 20.920.
Capacitación para prevenir la generación de residuos plástico.	Capacitación sobre la formalización del negocio, y modelos de organización.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SEREMI MMA de la Región Metropolitana

7.5.2. Implementación del proyecto

Como se mencionó anteriormente la implementación del proyecto establece 3 fases: fase inicial, fase desarrollo y fase ejecución. La *fase inicial* es una de las más importantes del proyecto ya que permite recopilar información actual del manejo de residuos, volúmenes y puntos de generación. Esta etapa se llevará a cabo por medio de una encuesta presentada en el Anexo 10.10, donde se muestran el tipo de pregunta con la cual se puede obtener información para estimar el volumen de generación de desechos y la tasa de reciclaje de los mismos, dicha encuesta será realizada a los agricultores y los recicladores locales. Esta etapa debe tener una duración de 3 a 6 meses, y se debe desarrollar en la zona agrícola de Quillota, Limache y Olmue. Es importante mencionar que en este periodo se deben realizar alianzas estratégicas con los diversos actores del medio local tal como: Ministerio de Agricultura, Municipalidades, Asociaciones de Agricultores y Recicladores locales, y productores o vendedores de plástico agrícola. Debido a que hoy en día ninguno trabaja de manera interconectada, es decir, no existe una relación que permita mejorar y aumentar el reciclaje de los plásticos agrícolas y tampoco poseen proyecto que fomenten dicha práctica (a excepción de los APL de tomate bajo invernadero).

Según la jerarquización de la gestión integral de residuos, el primer curso de acción es la prevención, es decir, evitar que se generen los desechos. Por ello la *fase de formulación* tiene como objetivo analizar toda la información anteriormente catastrada para determinar la cantidad de residuos generados, donde se generan y como son manejados, con la finalidad de implementar diferentes recursos de educación ambiental que permitan mejorar el manejo de los desechos y disminuir su generación. Con dichos parámetros se pueden establecer indicadores que permitan evaluar el cumplimiento de los objetivos, siendo los más importantes:

- Nivel de participación : Actualmente no existe información sobre cuantos agricultores reciclan sus residuos, por lo cual es importante establecer dicho parámetros y capacitar a los agricultores para mejorar el proceso de recolección de los recicladores locales.
- Volumen de generación: Se define como la cantidad de plástico promedio que genera una hectárea de cultivo bajo plástico. Este parámetro es muy importante dado que permite estimar de manera certera la cantidad de residuos que se generan en los campos agrícolas, permitiendo comparar dicha cifra, una vez implementado los programa de capacitación para reducir la cantidad de desechos generados.
- Volúmenes de recuperación: Es la cantidad de plástico procesado por los recicladores locales, que son destinadas a las empresas recicladas. Según lo estimado en este estudio, este parámetro es de 2.200 [ton] anuales, sin embargo es necesario tener mayor certeza sobre esta cifra por medio de la Encuesta Agrícola.

Además teniendo una idea de los puntos de generación de los desechos, se puede establecer un área de influencia acotada y promocionar de manera correcta el programa dentro de las comunidades agrícolas, enfocado en aquellas zonas que posean malas prácticas que perjudiquen el reciclaje o predios agrícolas, donde no exista reciclaje. Sin embargo de antemano el área de influencia será la zona agrícola de Quillota, Limache y Olmue enfocado en los agricultores que utilicen invernaderos, ya que este es uno de los plásticos más reciclados.

Por último viene la *fase de ejecución*, que es donde se deben llevar a cabo las capacitaciones, estas permitirán instruir a los agricultores y recicladores para reducir la cantidad de plástico que se utiliza en los predios, mejorar el manejo y acopio de residuos, conocer los puntos de recolección y establecer campañas donde se incentive al acopio de los desechos, y se fomenten prácticas que mejoren el uso de los recursos naturales, esto con el fin de minimizar el impacto medio ambiental de su actividad. Luego se debe llevar a cabo una encuesta abreviada que permita obtener datos para comparar un indicador previo a la implementación del proyecto y una vez finalizado este, determinar el cumplimiento del programa y evaluar su implementación.

Tabla 7 Fases del plan de gestión integral de residuos plástico agrícolas

Fase Inicial	Fase Formulación	Fase Ejecución
De 3 a 6 meses	De 3 a 6 meses	Indefinido
- Realizar encuesta para recopilar información. - Alianzas estratégicas con entes involucrados.	- Establecer objetivos e indicadores para el cumplimiento de estos. - Promoción de proyecto dentro de las comunidades agrícolas.	- Realizar capacitación a los agricultores y recicladores. - Realizar encuesta abreviada para medir el cumplimiento de los objetivos. - Evaluar la implementación de las medidas. - Establecer nuevos objetivos.

Fuente: Elaboración propia

7.5.3. Estructura Organizacional

Para llevar a cabo el proyecto se necesitan diferentes profesionales y técnicos relacionados con el sector agropecuario y medio ambiental, los cuales deben llevar a cabo el programa acorde a directrices y plan operativo del mismo, esto con el objetivo de recopilar información relacionada con la generación de desechos plásticos y el desarrollo de programas de capacitación que permitan mejorar las prácticas de los agricultores y recicladores de la zona.

Tabla 8 Recursos humanos

Cargo	N° Trabajadores	Descripción
Directo Programa Reciclaje Plástico Agrícola	1	Define, dirige e implementa las estrategias que permita llevar a cabo de manera eficiente el proceso de recopilación de la información. Está a cargo de analizar, interpretar y rectificar los datos obtenidos de la encuesta realizada, definir las metas que darán cumplimiento a los objetivos del proyecto. Además se encarga de promover y promocionar la implementación del proyecto, gestionando las alianzas estratégicas con las autoridades locales.
Supervisor de Programa Reciclaje Plástico Agrícola (SPA)	1	Administrar los recursos humanos implementados para el desarrollo del proyecto, controlar y gestionar la cobertura de la encuesta. Por último debe coordinar los seminarios y capacitaciones que se realizaran a los agricultores y recicladores de la zona.
Asistente de SPA	2	Apoyar al Supervisor del Programa llevando a cabo labores administrativas de contratos, controlar la recepción de planillas de encuesta y su correcta digitalización, y por último apoyar en el proceso de capacitación.
Analista y digitadores	3	Encargados de digitalizar la información obtenida de la encuesta, calcular los parámetros de interés y desarrollar un completo informe con todos los resultados obtenidos.
Encuestadores	-	Encargados de recibir la planilla de encuesta, programar su trabajo acorde a la carga diaria estimada por el Supervisor y cerciorarse de que la planilla de encuesta este bien completada, sin dejar omisión a ningún tipo de información.

Fuente: Elaboración propia

8. Conclusiones

La mala disposición de los residuos es un problema medioambiental y sanitario que afecta a toda la población y el medio ambiente, por ellos es de vital importancia la gestión integral de estos.

En el ámbito legislativo, en la actualidad no existe ninguna ley o decreto que permita incentivar el reciclaje de plástico agrícola, sin embargo, con la publicación de la Ley 20.920, se ha instalado un precedente para avanzar en esta temática. Pese a no existir leyes, hay lineamientos centrados en las Buenas Prácticas Agrícolas, que tiene como objetivo entregar directrices y apoyar a los agricultores para que sus procesos productivos sean social y medio ambientalmente sustentables y que como consecuencia, se fomente así el reciclaje de residuos plásticos.

Pese a la falta de instrumentos legislativo, en la Quinta Región, se han desarrollado informalmente sistemas de gestión, que permiten reciclar cerca del 90% de los plásticos generados, equivalente a 2.200 [ton] por año. Dicho sistema se basa en un modelo de negocio llevado a cabo por recicladores informales, los cuales realizan una serie de procesos semi-industriales en Centros de Acopio, dentro de los cuales los más importantes son: recolección, acopio de materia prima, pre-lavado, lavado, secado, enfardado, distribución y comercialización en las empresas recicladoras. Este sistema genera una serie de falencias que se asemejan a la realidad de muchos recicladores informales del país, viéndose afectados principalmente por la poca fiscalización laboral, sanitaria y ambiental, y la falta de información relacionada con el tema que impide realizar un diagnóstico certero con el manejo de estos residuos.

De acuerdo a la información recopilada, los Centros de Acopio generan una serie de residuos que se pueden clasificar en dos tipos: residuos líquidos que poseen altos índices de tierra, y residuos sólidos que vienen dado por los plásticos que no pueden reciclarse. En la actualidad ambos representan un factor de riesgo que está generando una posible contaminación ambiental en las zonas aledañas a éstos. Los residuos líquidos representan un factor de riesgo, ya que según lo señalado en el estudio del INIA, existe una serie de agroquímicos que presentan características físico-químicas que aumenta su factor de riesgo (periodos de carencia altos, bajo coeficiente de adsorción y solubilidad alta). En particular, en este estudio, se registra un alto índice de compuesto nitrogenados (fertilizantes) presentes en los suelos de invernaderos de la zona agrícola de la Quinta Región. Por ende si existen suelos contaminados por agroquímicos, los efluentes provenientes de la operación de lavado, pueden contener diversos compuestos químicos que son descargados en zonas de regadío aledañas, favoreciendo la degradación química de los suelos. No obstante, es necesario llevar a cabo análisis químicos para determinar con mayor exactitud el factor de riesgo. En cuanto a los plásticos no reciclables la mayoría son quemados ilegalmente, produciendo anualmente cerca de 19 [ton], por lo cual, es necesario tratar de mejor manera dichos residuos siendo la opción más adecuada la valorización energética, esto dado que el grado de degradación desfavorece su reciclado químico y mecánico.

Para mejorar las falencias del sistema desde el punto de vista legislativo, es necesario que los plásticos agrícolas se incluyan en la Ley 20.920, considerando que esta describe de buena manera el reciclaje informal que hoy en día se práctica en la zona agrícola de la Quinta Región, además involucrará a los principales actores que están relacionados con la generación de residuos (productores, consumidores y diversas entidades públicas y privadas). Esto por ende permite fomentar una gestión integral basado en la Responsabilidad Extendida del Productor, que los obliga a hacerse cargo del ciclo de vida de los productos prioritarios, y fomenta la Prevención, Reutilización, Reducción, Reciclaje, Valorización Energética y Tratamiento de los Residuos.

Además la inclusión del plástico agrícola a la Ley 20.920, posee un fuerte impacto sobre los recicladores informales, considerando que existe un bajo nivel de especialización en sus procesos productivos. Como consecuencia de lo anterior, es necesario apoyarlos en la formalización de sus operaciones, dado que esto les permitirá ampliar la gama de residuos que procesan, obtener ingresos por los servicios de recolección (por parte de los productores) y mejorar las condiciones laborales de los trabajadores de los centros de acopio. Ésto logrará un impacto positivo en la comunidad y el medio ambiente, posicionando a la Región de Valparaíso como un modelo a seguir en otras zonas agrícolas del país.

Dicha inclusión, debe estar ligada a la implementación de un proyecto que permita integrar a los actores principales y fomentar su educación ambiental, con el objetivo de disminuir la cantidad de residuos generados y aumentar el reciclaje de estos. En este sentido, es de vital importancia llevar a cabo una Encuesta Agrícola que permita recopilar información detallada sobre la generación y reciclaje de los plásticos. Debido a que los parámetros en este estudio son estimativos y poseen un margen de error, están basados en supuestos tales como:

- El reconocimiento de hectáreas de cultivo bajo plástico mediante el programa Google Earth, en el cual se presume un error puesto que este método implica una inexactitud en la cifra.
- No se considera la variación estacional que poseen los cultivos agrícolas, dado que solo se analizó imágenes del mes de octubre (2016) y marzo (2017), lo que también puede inducir a un error en la estimación del área de cultivo.
- Se asume igual distribución porcentual para cada tipo de invernadero (200 [μm], 150[μm] y 80[μm], siendo que este parámetro puede diferir de la realidad, y por ende, variar la cantidad de plástico generado.

A nivel nacional en base a la información recopilada, se identificaron diversas iniciativas que promueven la gestión integral de los residuos plástico agrícola, tales como: APL aplicados para diversos cultivos y regiones, implementación de modelos de negocio para el reciclaje de plástico (Región de Arica y Parinacota), implementación de proyecto reciclaje (Región del Maule), e incentivo del consumo de plástico reciclable (Región del Maule). Dichos proyectos están llevándose a cabo en zonas donde existe un uso intensivo del plástico, es decir, tal y como se produjo en la Quinta Región, los sectores donde existen invernaderos se producen de manera espontánea este tipo de iniciativas, lo que genera una gran cantidad de residuos. No obstante

estos proyectos están acotados a ciertas zonas, y por ende posee un impacto local en cada región, siendo que el uso de este se hace presente en la mayoría de los cultivos agrícolas del país.

Por otra parte, existe escasa información relacionada con la gestión de los residuos plásticos agrícolas. Entidades como el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Agricultura, no poseen ningún tipo de reporte sobre la generación y tratamiento de estos, ni tampoco estudios sobre el impacto medio ambiental generado por la mala disposición. Por ello es necesario se identifiquen estos parámetros, con el objetivo de implementar diversos proyectos para mejorar la gestión de los residuos. Se recomienda recopilar información sobre la generación de estos residuos, en base a las hectáreas de invernaderos y el tipo de plástico consumido, debido a que dichos parámetros determinan la cantidad de kilos que se generan y el tiempo en el cuales se disponen de éstos. Además es necesario identificar el consumo de plástico por región, para poder determinar el porcentaje de reciclaje que existe en cada zona, y establecer las áreas que se encuentren más afectadas por su mala disposición. Por otra parte, es fundamental reconocer las zonas del país donde existe reciclaje informal, y evaluar dichos sistemas, puesto que como se identificó en este estudio, el reciclaje informal produce problemas relacionados a la baja fiscalización laboral, sanitaria y medioambiental. Para el caso de zonas donde existan sistemas de gestión informal, es necesario implementar proyectos que eduquen a los agricultores y se capacite a los recicladores, con el objetivo de mejorar las condiciones laborales, sanitarias y medio ambientales del proceso. En cambio en las zonas donde no existe reciclaje, es importante incorporar sistemas de recolección que involucren a empresas locales dedicadas a dicho proceso, y educar a los agricultores dado que en estas zonas las malas prácticas de disposición están interiorizadas.

En resumen existen diversas zonas del país donde se desarrollan actividades que promueven el reciclaje de plástico. El sistema de gestión nace del reciclaje por medio del acopio de materia prima, pre-tratamiento y comercialización. Dichos sistemas han permitido involucrar diversos actores: agricultores, recicladores, Ministerios, y empresas recicladoras, sin embargo, no se incluye a las empresas que venden en plástico agrícola (siendo estas un eje fundamental). Además no se cuenta con información específica que permita establecer un diagnóstico del tratamiento de residuos a nivel nacional. Mientras no se establezcan estudios que recopilen información, el tratamiento de estos residuos se verá disminuido y será llevado a cabo de manera informal, teniendo así, sólo un impacto local.

9. Referencias

- Agricultureros. (2009). Plásticos Agrícolas: Sus usos y problemas. Recuperado en Mayo 2017 de <http://agricultureros.com/plasticos-agricolas-sus-usos-y-problemas/>
- Anzieta, M. (2004). Implementación de Proyecto Piloto de Reciclaje Comunal: Enfoque Metodológico para la Separación Domiciliaria. págs.11-14. Recuperado en Enero 2017 de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/comunal.pdf>
- Arándes, J.M. Bilbao, J. & López Valerio, D. (2004). Reciclado de los Residuos Plásticos. Revista Iberoamericana de Polímeros, vol. 5(1), págs. 28-45. Recuperado en Agosto 2016 de <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/MAR04/Danilo2004.pdf>
- Asociación Gremial de Industriales del Plástico de Chile (ASIPLA). (2014). Guía para la Elaboración de Estrategias de Gestión de Residuos Plásticos en Chile. págs. 1-2, 4-5, 9, 12-14, 16-21. Recuperado en Agosto 2016 de http://www.asipla.cl/wp-content/uploads/2014/10/GUIA_RESIDUOS_PLASTICOS_VF.pdf
- Asociación Gremial de Industriales del Plástico de Chile (ASIPLA). (2015). Cifras de la Industria. Recuperado en Septiembre 2016 de <http://www.asipla.cl/cifras-de-la-industria/>
- Campo Limpio . (2017). Campo Limpio (Programa de Manejo de Evases Fitosanitarios): Resultados 2016. Recuperado en Agosto 2017 de <http://www.campolimpio.cl/site/index.php/styles/resultados-2016>
- Centro de Información de Recursos Naturales de Chile (CIREN). (2010). Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile. págs. 131-133. Recuperado en Abril 2017 de <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/2016>
- Colet Lagrille, M.N. (2015). Estudio de las Variables de Operación del Proceso de Pirólisis Catalítica de Polietileno (Tesis de Maestría / Trabajo de grado, Facultad de Ciencia Física y Matemáticas, Universidad de Chile). págs. 7-12. Recuperado en Julio 2016 de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/133512>
- Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile (CONAMA). (2010). PRIMER REPORTE DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN CHILE. págs 52-54. Recuperado en Noviembre 2016 de http://www.sinia.cl/1292/articles-49564_informe_final.pdf
- Congreso Nacional de Chile. (2016). Artículo 2 [Título I]. Ley que Establece Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje. [Ley 20.920 del 2016]. Recuperado en Mayo del 2017 de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1090894&idParte=&idVersion=2016-06-01>
- Corplastic. (2016). Productos Agrícolas. Recuperado en Agosto 2016 de <http://www.corplastic.cl>

- Costas Velis. (2014). Global recycling markets: A story for one player – China. págs 39-40 .
Recuperado en Febrero 2017 de nn
- De los Ángeles Blázquez, M. (2002). Capítulo X: Los Residuos Plásticos Agrícolas. Consejo de Gobierno Junta Andalucía. págs. 308-309, 312-314, Recuperado en Julio 2016 de https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Educacion_Y_Participacion_Ambiental/Educacion_Ambiental/Educam/Educam_IV/MAU_RU_y_A/rua10.pdf
- Eco Plas. (2013). Industria del Plástico: Datos de Mercado. Recuperado en Marzo 2017 de http://www.ecoplas.org.ar/ecoplas_datos_mercado.php
- Environmental Protection Agency de EE.UU (EPA). (2016). Advancing Sustainable Materials Management: 2014 Fact Sheet: Assessing Trends in Material Generation, Recycling, Composting, Combustion with Energy Recovery and Landfilling in the United States. págs 7-8. Recuperado en Febrero 2017 de <https://www.epa.gov/smm/advancing-sustainable-materials-management-facts-and-figures-report>
- Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica. (2009). Informe: Invernaderos de plástico. págs. 14-16. Recuperado en Mayo 2017 de http://informecotec.es/media/N26_Invernad_Plastico.pdf
- Garrido, H.(2016). Las 5 causas y 10 efectos de la crisis del petróleo: ¿Quién gana, quién pierde y cómo nos afecta?. 20 Minutos Edición España. Recuperado en Octubre 2016 de <http://www.20minutos.es/noticia/2653191/0/causas-efectos/crisis-petroleo-barato/perjudicados-beneficiados/>
- Instituto de Desarrollo Agropecuario de Chile (INDAP). (2015). Lineamiento Estratégico 2014-2018. págs. 14-15. Recuperado de <http://www.indap.gob.cl/docs/default-source/Lineamientos-Estrat%C3%A9gicos/lineamientos-estrategicos-2014-2018-vf.pdf?sfvrsn=0>
- Instituto de Investigación Agraria de Chile (INIA). (2007). Manejo de Agroquímicos en Sistema Hortícolas. págs 101-110. Recuperado en Abril 2017 de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR35470.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE). (2014). Informe Anual Agropecuario 2014. págs. 18, 37, 61. Recuperado en Agosto 2016 de http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/calendario_de_publicaciones/pdf/agropecuarias_informe_anual_2014_web.pdf
- Joseph Kennedy. (2016). Chinese Recycling Industry | Part Three – Import Recycling Market. Recuperado en Agosto 2017 de <http://www.plasticexpert.co.uk/chinese-import-recycling-market/>

- Lopez J.C, Pérez J. (2005). Evolución de las Estructuras de Invernadero. Págs 1-4. Recuperado en Abril 2017 de <http://www.publicacionescajamar.es/pdf/series-tematicas/centros-experimentales-las-palmerillas/evolucion-de-las-estructuras.pdf>
- Ministerio Medio Ambiente de Chile. (2010). Capítulo 9: Suelos para Uso Silvoagropecuarios. págs. 374-375. Recuperado en Marzo 2017 de http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_9.pdf
- Ministerio Medio Ambiente de Chile. (2013). Primer Reporte Estado Medio Ambiente, Capítulo 3: Residuos. págs. 156-157. Recuperado en Marzo 2017 de http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_3.pdf
- Ministerio Medio Ambiente de Chile. (2015). Política de Inclusión de Recicladores de Base 2016-2020. págs. 2-5. Recuperado en Noviembre 2016 de <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/12/Politica-de-inclusion-de-recicladores-de-base.pdf>
- Ministerio Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. (2011). Mejores Técnicas Disponibles de Referencia Europea para Incineración de Residuos. págs. 1-2. Recuperado en Noviembre 2016 de http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/Mejores_T%C3%A9nicas_Disponibles_de_referencia_europea_respecto_a_las_emisiones_generadas_por_el_almacenamiento_tcm7-326706.pdf
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2013). Degradación de los Suelos Agrícolas y el SIRSD-S. págs 2. Recuperado en Abril 2017 de http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/138297243312645.pdf
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2014). Catastro Frutícola Principales Resultados Región de Valparaíso. págs. 5, 9-10, 13. Recuperado en Agosto 2016 de <http://www.odepa.cl/wp-content/uploads/2012/09/CF-V-Region-Valparaiso-2014.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (2007). Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Capítulo 2: ¿Qué es la gestión integral de RSM?. Recuperado en Marzo 2017 de http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/unidad2.html
- Plastics American Chemistry. (2017). U.S. Resin Production & Sales 2016 vs. 2015. Recuperado en Marzo 2017 de <https://plastics.americanchemistry.com/Sales-Data-by-Resin.pdf>
- Plastic Europe Association of Plastic Manufactures. (2015). Plastics – the Facts 2015 An analysis of European plastics production, demand and waste data. Recuperado en Septiembre 2016 de <http://www.plasticseurope.es/industria-del-plastico/datos-de-mercado.aspx>
- Plastic Europe Association of Plastic Manufactures. (2016). Uso de los plásticos: Agricultura. Recuperado Agosto de 2016 de <http://www.plasticseurope.org/use-of-plastics/agriculture.aspx>

- Plastic Industry Trade Association. (2016). Executive Summary: Size and Impact of the Plastics Industry on the U.S.: 2016. Recuperado en Marzo 2017 de <http://www.plasticsindustry.org/sites/plastics.dev/files/PLASTICS%20Size%20%26%20Impact%20-%20Summary.pdf>
- Plastic News. (2016). Historical Resin Pricing: HDPE-LDPE. Recuperado en Diciembre 2016 de <http://www.plasticsnews.com/resin/recycled-plastics/historical-pricing>
- Plastic Recyclers Europe. (2013). Plastics - the Facts 2013. Recuperado Noviembre 2016 de <http://www.plasticsrecyclers.eu/publications>
- Polychem Usa Raw Materials For The Plastic Industry. (s.f.). Factors Impacting the Cost of Plastics. Recuperado en Febrero 2017 de <http://www.polychem-usa.com/recycling-in-2016-oil-prices-recycling-rates-and-new-technologies/>
- Proteka. (2016). Cintas de Riego. Recuperado en Agosto 2016 de <http://www.protekta.cl/cintas-de-riego.html>
- Rivera Tavera, R. (2004). Propuesta de Reciclaje Mecánico de Plástico en la Ciudad de Pirua. (Trabajo de grado, Facultad Ingeniería, Universidad de Pirua). págs. 36-44, 47-50. Recuperado en Agosto 2016 de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/123456789/1180>
- Seremi del Ministerio del Medio Ambiente Región Metropolitana. (2016). Documento de trabajo Modelo de Gestión de Reciclaje Inclusivo Región Metropolitana. págs 18-23, 57-64, 69-72. Recuperado en Mayo del 2017 de <http://www.adapt-chile.org/web/wp-content/uploads/2017/01/Recicladores-b-2016.pdf>
- Sun, N.Y. (2015). China's resin consumption growing 6 percent annually, but exports surge in 2014. Recuperado en Enero 2017 de <http://www.plasticsnews.com/article/20151105/BLOG10/151109911/chinas-resin-consumption-growing-6-percent-annually-but-exports>
- The Association of Plastic Recyclers. (2015 a). Resorce, Rate Report: Plastic Bags & Film Report 2014 National Postconsumer Plastic Bag & Film Recycling Reports. págs. 2,6. Recuperado en Octubre 2016 de http://www.plasticsrecycling.org/images/pdf/resources/reports/Film/2015Film_Report_FIN AL.pdf
- The Association of Plastic Recyclers. (2015 b). 2015 United States National Postconsumer Plastic Bottle Recycling Report. págs. 5. Recuperado en Octubre 2016 de http://www.plasticsrecycling.org/images/pdf/resources/reports/Rate-Reports/2015_US_National_Postconsumer_Plastic_Bottle_Recycling_Report_Final.pdf

The Statistics Portal. (2017). Total United States thermoplastic resin sales from 2011 to 2015, by major market. Recuperado en Agosto 2017 de <https://www.statista.com/statistics/203599/total-us-thermoplastic-resin-sales-by-major-market/>

Trade Map. (2016). Lista de los mercados importadores para un producto exportado por Chile, Producto: 39 Plástico y sus manufacturas, Desechos, desperdicios y recortes, de plástico. Recuperado en Diciembre 2016 de http://www.trademap.org/Country_SelProductCountry_TS.aspx?nvpm=3|152|||39|||2|1|1|2|2|1|2|1|1

Universidad Politécnica de Valencia. (2016). Materiales Poliméricos y Compuestos. Recuperado en Julio 2016 de http://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15_3.html

Universidad Valladolid. Departamento de Química Orgánica. (2016). Los problemas del Pet y su Solución. Recuperado en Agosto 2016 de http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pet/los_problemas_del_reciclado.htm

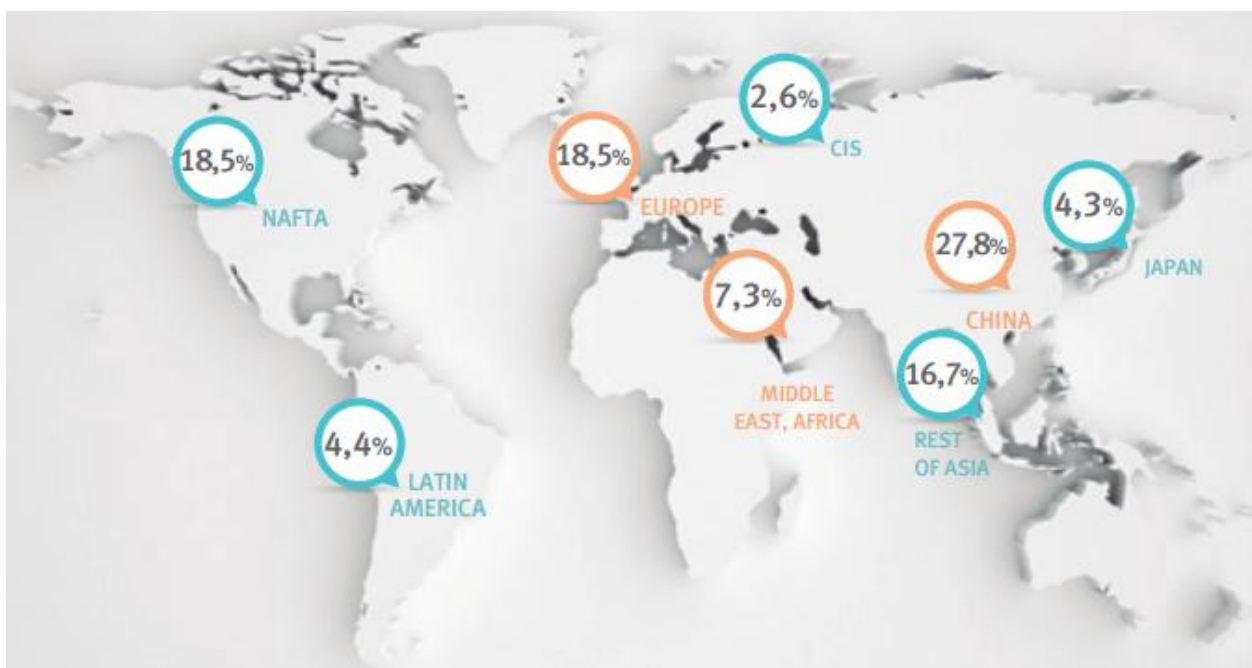
Vázquez Morillo, A. Espinosa Valdemar, R.M. Beltrán Villavicencio, M. & Velazco Pérez, M. (2014). El Reciclaje de los Plásticos. (Universidad Autónoma Metropolitana). págs. 5-7. Recuperado en Agosto 2016 de http://biblioteca.anipac.mx/wp-content/uploads/2016/10/0047_El_Reciclaje_de_los_Plasticos.pdf

10. Anexos

10.1. Producción plástico en porcentaje a nivel Mundial (2016)

A nivel Mundial en el año 2016 se produjeron 269 millones de toneladas de plástico como materia prima. China se posiciona como el mayor productor de termoplásticos y poliuretano a nivel mundial, seguidos de NAFTA y Europa.

Fig. 34 Producción mundial plástico en porcentaje



Fuente: The Facts, Plastic Europe (2016).

10.2. Estimación del consumo de plástico en Chile.

Para estimar la cantidad de plástico hasta el año 2025 se contrastaron los datos de consumo aparente desde el año 2008, hasta el año 2015 (Asiplas, 2016) con los datos de estimación de la población del Instituto Nacional de Estadísticas, para determinar el consumo per cápita de los últimos 8 años.

Tabla 9 Datos de consumo plástico Chile

Consumo aparente	Consumo plástico [ton]	Población	Consumo Per Cápita [kg/hab]	Variación (%)
2008	730.838	16.763.470	44	
2009	621.044	16.928.873	37	
2010	780.273	17.094.275	46	
2011	818.420	17.248.450	47	4,89%
2012	886.420	17.402.630	51	8,31%
2013	901.942	17.556.815	51	1,75%
2014	890.860	17.711.004	50	-1,23%
2015	913.102	17.865.185	51	2,50%

Con estos datos se consideró una relación lineal entre el aumento de población y el aumento del consumo per cápita. Para determinar la relación lineal de dichas variables, se graficaron dichos puntos (ver figura) sin considerar los datos del año 2009 y 2014, ya que en estos existe un aumento de población pero una disminución en el consumo per cápita. Considerando esta relación, se obtuvo una gráfica con coeficiente de determinación (R^2) de 0,84 y una ecuación de la recta de la siguiente estructura (ver figura 35):

$$Y = M X + N ; Y = 8^{-6} X - 88,968$$

Dónde:

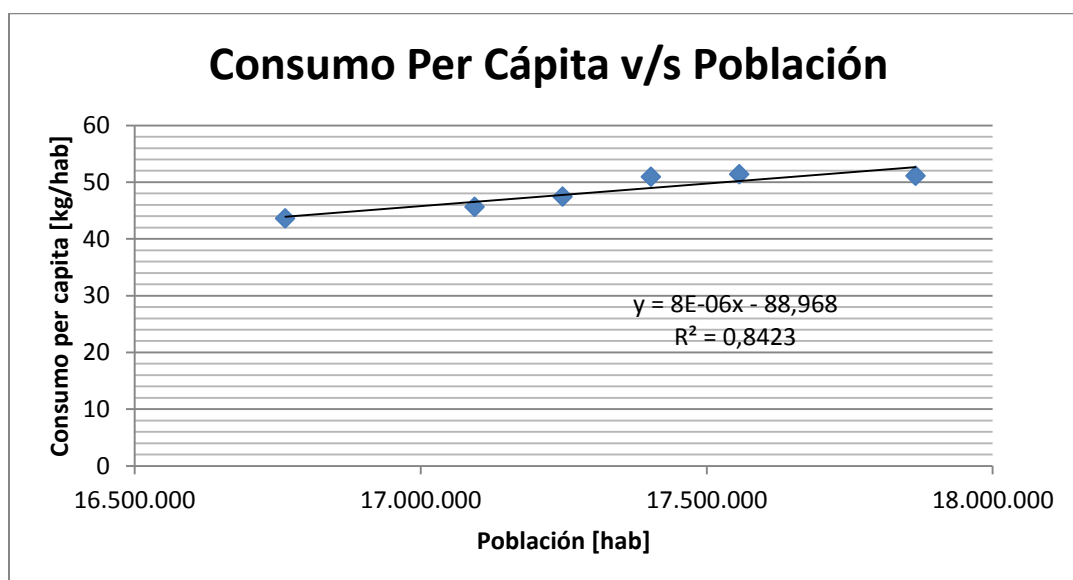
Y = consumo per cápita [kg/habitante]

X = población [habitante]

M = Pendiente de la recta [kg/habitante²]

N = Intercepto de la recta [kg/habitante]

Fig. 35 Gráfica consumo per cápita de plástico versus población



Con la ecuación de la recta y los datos de la población se determinó el consumo per cápita hasta el año 2025 y con ello se obtuvo la cantidad plástico consumido. Dichos resultados se muestran en la tabla 18.

Tabla 10 Estimación consumo plástico método lineal

Año	Consumo aparente plástico [ton]	Población	Consumo Per Cápita promedio [kg/hab]
2016	918.100	18.001.964	51
2017	1.018.346	18.138.749	56
2018	1.046.023	18.275.530	57
2019	1.074.000	18.412.316	58
2020	1.102.276	18.549.095	59
2021	1.126.476	18.665.029	60
2022	1.150.891	18.780.961	61
2023	1.175.522	18.896.893	62
2024	1.200.367	19.012.825	63
2025	1.225.428	19.128.758	64

Además se consideró la variación porcentual del consumo del periodo 2010 al 2015, la cual fue de 3,24%. Con este dato se vislumbra un aumento en esta misma proporción hasta el año 2025 y se calculó el consumo per cápita de cada año con los datos de población, mismos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11 Estimación consumo plástico por variación porcentual

Año	Consumo aparente plástico [ton]	Población	Consumo Per Cápita promedio [kg/hab]
2016	942.687	18.001.964	52
2017	947.847	18.138.749	52
2018	1.051.340	18.275.530	58
2019	1.079.914	18.412.316	59
2020	1.108.798	18.549.095	60
2021	1.137.989	18.665.029	61
2022	1.162.974	18.780.961	62
2023	1.188.180	18.896.893	63
2024	1.213.609	19.012.825	64
2025	1.239.259	19.128.758	65

Para determinar los valores finales, se promediaron los resultados obtenidos de la tabla 10 y 11 obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 12 Estimación consumo plástico

Año	Consumo aparente plástico [ton]	Población	Consumo Per Cápita promedio [kg/hab]
2016	930.393	18.001.964	52
2017	983.096	18.138.749	54
2018	1.048.681	18.275.530	57
2019	1.076.957	18.412.316	58
2020	1.105.537	18.549.095	60
2021	1.132.233	18.665.029	61
2022	1.156.933	18.780.961	62
2023	1.181.851	18.896.893	63
2024	1.206.988	19.012.825	63
2025	1.232.343	19.128.758	64

10.3. Estimación del oferta plástico reciclado en Chile.

En el punto anterior se determinó la cantidad de plástico consumido hasta el año 2025, para estimar la cantidad de plástico reciclado se tomaron las siguientes suposiciones: primero se consideró que la cantidad de plástico que será reciclada solo corresponde a los plásticos consumidos por el sector de envases y embalajes. Puesto que dichos plástico poseen un ciclo de vida menor, en comparación, con los plásticos utilizados en la Construcción y Minería (Asipla, 2014), y además son los plástico considerados en la Ley 2.920, lo que se traduce en el 48% del plástico consumido. La segunda consideración viene dado por el aumento en dicho reciclaje delimitado por 10% anual, ya que según CIPA este ha sido el promedio ponderado del país en los últimos años.

Contemplando estas suposiciones en la tabla 13 se muestra los resultados de la estimación de plástico reciclado, y su valor porcentual respecto al plástico reciclado, hasta el año 2025.

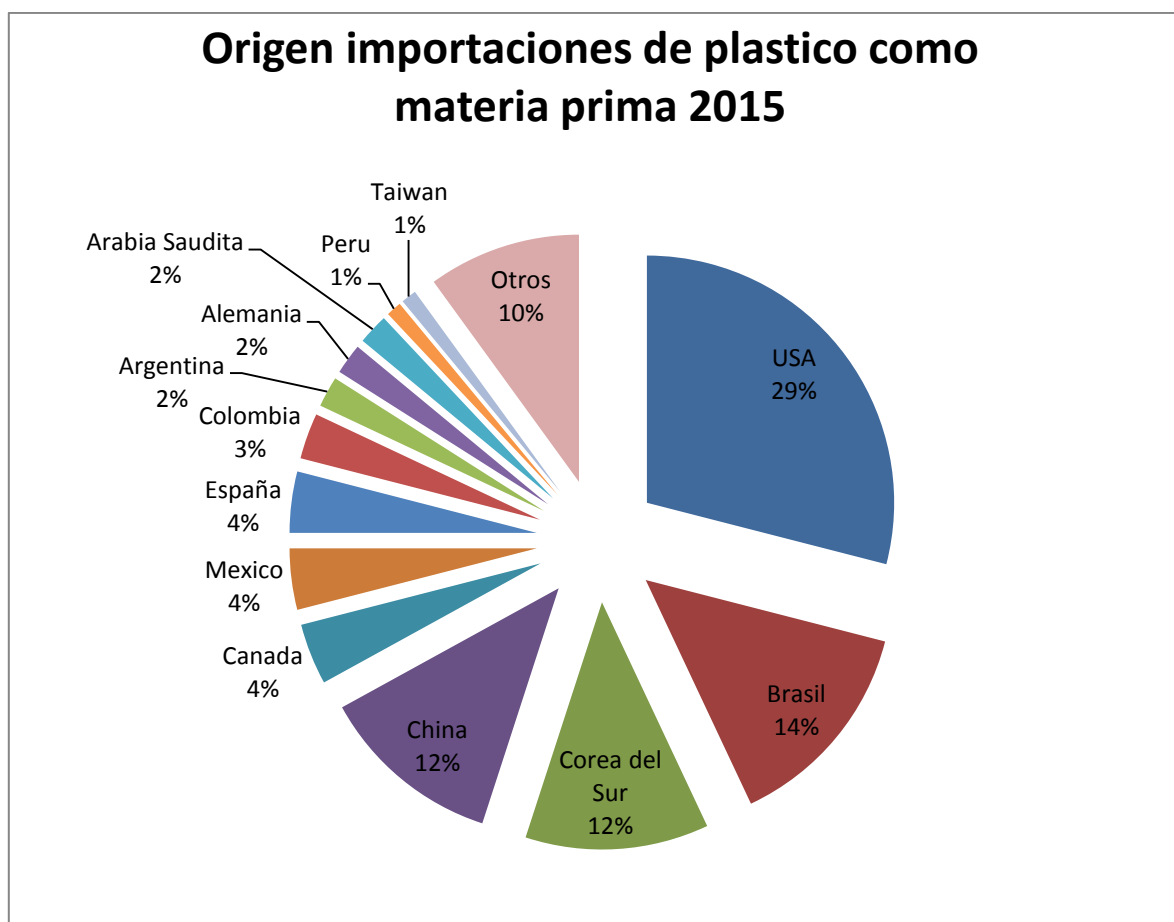
Tabla 13 Estimación oferta plástico reciclado

Año	Plástico consumido [ton]	Plástico sector Envases y embalajes [ton]	Plástico reciclado [ton]	Porcentaje plástico reciclado (%)
2008	730.838	350.802	14.032	4%
2009	621.044	298.101	11.924	4%
2010	780.273	374.531	18.727	5%
2011	818.420	392.842	23.570	6%
2012	886.420	425.482	34.039	8%
2013	901.942	432.932	47.623	11%
2014	890.860	427.613	52.385	12%
2015	913.102	438.289	57.623	13%
2016	930.393	446.589	63.386	14%
2017	983.096	471.886	69.724	15%
2018	1.048.681	503.367	76.697	15%
2019	1.076.957	516.939	84.366	16%
2020	1.105.537	530.658	92.803	17%
2021	1.132.233	543.472	102.083	19%
2022	1.156.933	555.328	112.291	20%
2023	1.181.851	567.288	123.521	22%
2024	1.206.988	579.354	135.873	23%
2025	1.232.343	591.525	149.460	25%

10.4. Origen importación de plástico como materia prima (2015)

En este gráfico se muestra el origen del plástico como materia prima, publicado por Asiplas. Donde países como EE.UU, Brasil, Corea del Sur y China son los principales, los cuales en conjunto representaron el 67% de las importaciones del año 2015. Siendo el país que más importa EE.UU con un 29%.

Fig. 36 Origen importaciones de plástico en el año 2015

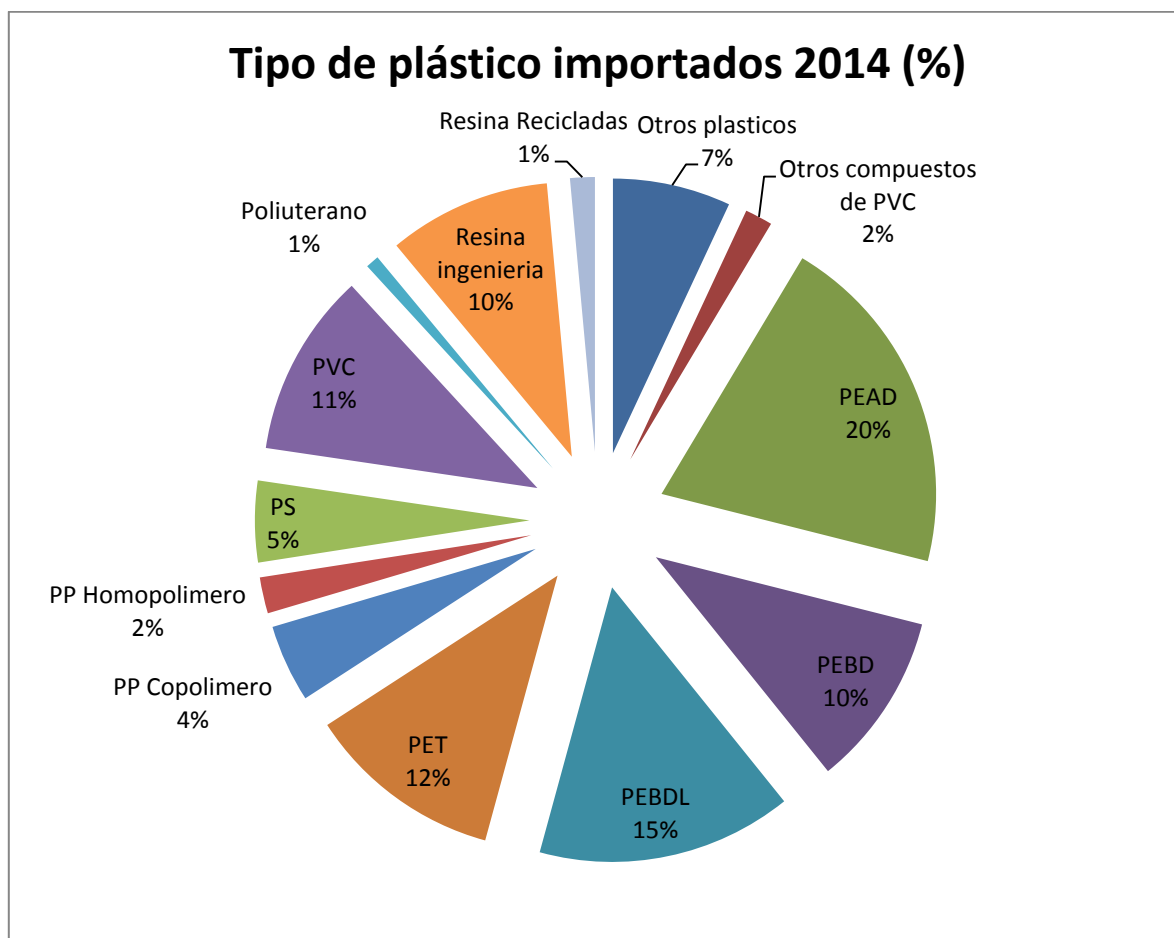


Fuente: Elaboración propia a partir de datos Asiplas 2015

10.5. Tipo de plástico importado como materia prima (2014)

En la siguiente gráfica se muestra el tipo de plástico importado por Chile como materia prima, publicado por Asiplas. Donde la resina más importada corresponde a PEAD, PEBD y PET, que representa el 57% de total importado en el año 2014.

Fig. 37 Tipo de plástico importado como materia prima en el año 2014

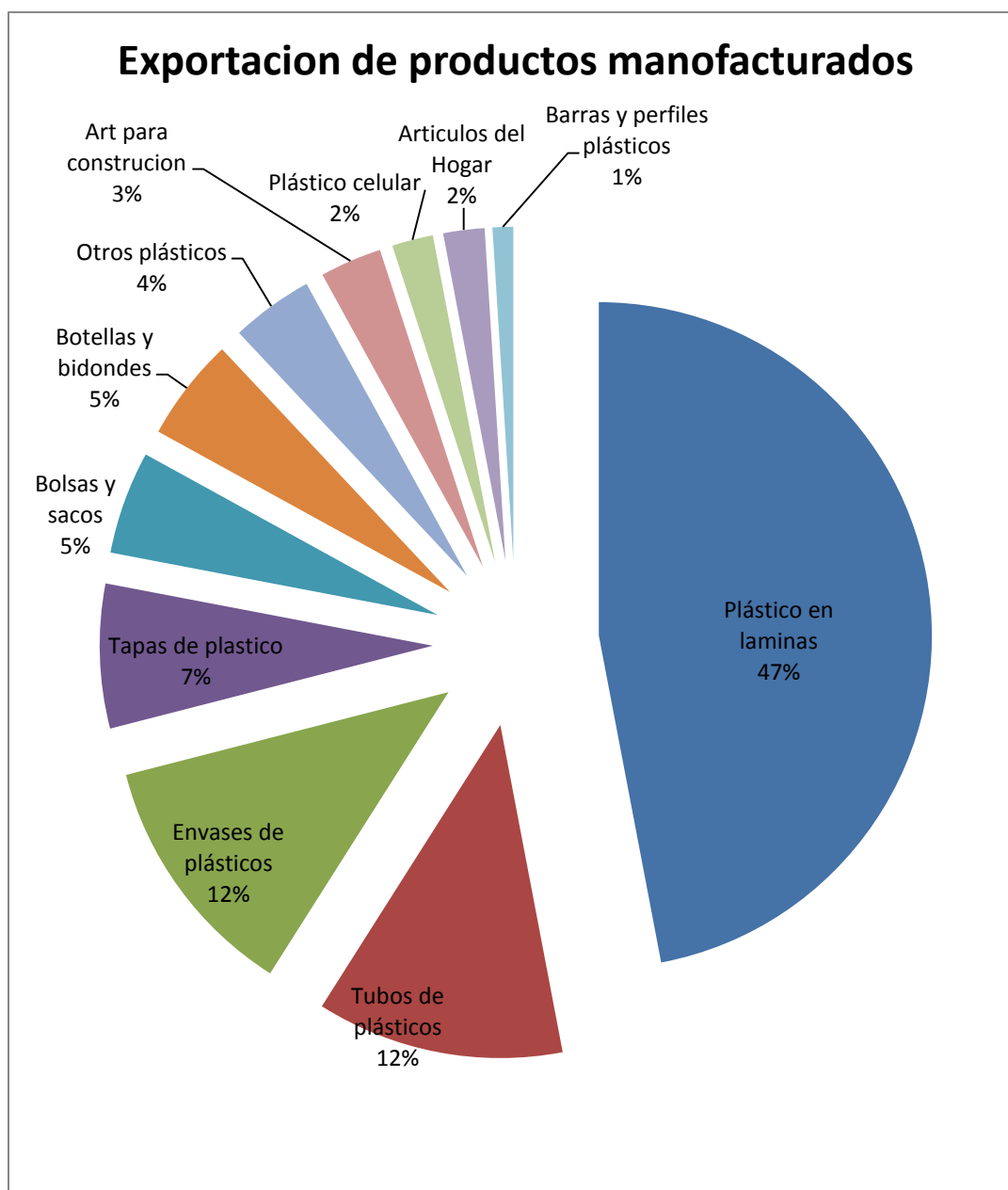


Fuente: Elaboración propia a partir de datos Asiplas 2014

10.6. Exportaciones de productos manufacturados (2015)

En la siguiente gráfica se muestra la exportación de productos plásticos manufacturados, publicado por Asiplas. Siendo los principales plástico en láminas, tubos, envases y tapas de plástico, que en conjunto representan el 78% del total de lo exportado en el año 2015.

Fig. 38 Exportaciones de productos manufacturados de plástico en al año 2015



Fuente: Elaboración propia a partir de datos Asiplas 2015

10.7. Evolución del precio del petróleo (2016)

Esta gráfica muestra la variación del precio del petróleo y sus posibles causas, dicha gráfica fue publicada por el periodista Héctor M. Garrido en la sección de economía, en la versión online del diario 20 minutos edición España. La variación del precio se debe principalmente a parámetros de mercado dentro de los cuales los más importantes son: 1) La oferta supera en 1,5 millones de barriles la demanda, debido a que uno de sus principales consumidores (China) registra una desaceleración del crecimiento económico, 2) Una mejora tecnológica (fracturación hidráulica) ha permitido posicionarse a EE.UU. en el primer productor mundial del crudo, en un periodo menor a 5 años.

Entre el año 2011 y 2014 el precio del petróleo fluctuó entre los 100 y 120 U\$S por barril, sin embargo a partir del año 2014 hubo un desplome en el precio del petróleo, registrándose una caída del 76% llegando a valores cercanos a los 30 U\$S por barril.

Fig. 39 Evolución del precio del petróleo

EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL PETRÓLEO

Precio del barril de Brent en \$. Dato del día 1 de cada mes.



Fuente: Héctor M. Garrido, 20 minutos España (2016)

10.8. Leyes y decretos de Chile asociados a la gestión de residuos sólidos

A continuación se presenta una tabla publicada por el Ministerio del Medio Ambiente, en la cual se señala la mayoría de las leyes y decretos de Chile que poseen relación con la gestión de residuos sólidos. No obstante la mayoría de estas leyes están enfocadas en reglamentar la disposición final de residuos, sin considerar una gestión integral de estos. La ley que aborda este parámetro es la Ley 20.920 publicada el 1 de Junio del 2016, la cual *“Establece un marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje”*. Teniendo como objetivo *“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”* (Ley 20.920, 2016).

Ninguna de las leyes mencionada en la figura 40 posee una definición clara sobre los residuos plásticos agrícolas, solo la Ley 20.920 se enmarca en el sistema que hoy en día rige el reciclaje plástico agrícola de la Quinta Región, pero de manera formal dichos residuos no están considerandos.

Fig. 40 Leyes y decretos asociados a la gestión de residuos sólidos

Cuadro 1 Leyes y decretos asociados a la gestión de residuos sólidos	
AÑO DE VIGENCIA	LEYES Y DECRETOS
1967	DFL N°725, del Ministerio de Salud, que establece el Código Sanitario.
1992	DS 685/1992 en que Chile ratifica el Convenio de Basilea, el cual regula el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y estipula obligaciones a las Partes para asegurar el manejo ambientalmente racional de los mismos, particularmente su disposición.
1994	Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, que incorpora el tema de los residuos en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental artículo 10 letras i) y o).
2000	DS 594/2000 del MINSAL sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo (proviene del D.S. 745 del año 1993).
2004	DS 148/2004 del MINSAL, que establece el Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos.
2007	DS 45/2007 de MINSEGPRES, el cual establece la norma de emisión para la incineración y co-incineración.
2008	DS 189/2008 del MINSAL, que regula las condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los rellenos sanitarios.
2009	DS 6/2009 del MINSAL, sobre el manejo de residuos generados en establecimientos de atención de salud.
2009	DS 4/2009 de MINSEGPRES, para el manejo de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas servidas.
2010	Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, modificada por la Ley 20.417, establece como función del Ministerio del Medio Ambiente proponer políticas y formular normas, planes y programas en materias de residuos (artículo 70 letra g).

Fuente: Ministerio Medio Ambiente 2013

10.9. Agroquímicos utilizados en Chile con potencial de contaminar el agua y suelos, y generar efectos desfavorables para la salud humana.

En la figura 39 se muestra una serie de pesticidas utilizados en Chile que dado sus propiedades físico-química poseen una permanencia activa en el suelo, que va desde algunos días hasta más de un año, y por ende poseen un potencial para contaminar las aguas. Siendo considerando tres parámetros: a) *Solubilidad*, mide la capacidad del agroquímico a solubilizarse en agua una vez aplicado en el suelo, b) *Coeficiente de Adsorción (Koc)*, mide el grado de adsorción o adherencia electromagnética de las partículas al suelo considerado una baja adherencia valores menores a 500, c) *Vida media*, es una medida de la persistencia del ingrediente activo una vez aplicado y es expresada en número de días necesarios para reducir a la mitad la concentración inicial en que fue aplicado el pesticida.

Estos tres parámetros en conjunto determinan el potencial bajo, medio o alto de contaminación de las aguas. Considerando que sí un agroquímico posee una alta solubilidad tiende a solubilizarse en el agua y por ende puede contaminar estas. Además si este mismo posee un coeficiente de adsorción bajo y una vida media alta, esto implica mayor persistencia de los agroquímicos en el suelo y por ende mayor probabilidad de contaminación.

Fig. 41 Pesticidas utilizados en Chile con permanencia activa en el suelo

Ingrediente activo	Solubilidad en agua (mg/L)	Coef. de adsorción Koc	Vida media (días)	Contaminación agua
Acetocloro	223	ND	56-84	Baja
Alaclor	242	170	8	Baja
Aminotriazol	280.000	100	14	Media
Atrazina	28	100	+ 360	Alta
Bensulfurón-metil	2,9-120	ND	11-143	Baja
Cloridazon	400	ND	ND	
Cyanazina	171	190	14-63	Media
Cyclosulfamurón	ND	ND	ND	ND
Diurón	42	480	30-360	Media
EPTC	375	200	6-32	Baja
Hexazinona	33.000	54	30-180	Alta
Imazetapir	0,14	11-31	ND	Baja
Lenacil	6	ND	ND	Baja
Linuron	81	400	30-150	Media
Metabenzthiazuron	59	ND	ND	Baja
Metolaclo	530	200	15-70	Media
Metribuzina	1.050	60	30-120	Media
Metsulfuron-metil	2.790	NA	14-180	Baja
Molinate	880	190	5-21	Media
Napropamida	73	700	56-84	Baja
Nicosulfurón	1,2g/100g	15-78	26-63	Baja
Oryzalin	2,5	600	20-128	Baja
Oxadiazon	0,7	ND	90	Baja
Oxifluorfen	0,1	100.000	30-40	Baja
Pendimetalina	0,3	5.000	40	Baja
Picloram	430	16	20-300	Media
Pirazosulfurón-etil	14,4	ND	ND	Baja
Propizamida	15	800	60	Baja
Simazina	5	130	28-149	Media
Terbutizalina	8,5	ND	30-90	Baja
Triasulfurón	1.500	ND	ND	Baja
Trifluralina	<1	8.000	45-320	Baja

Fuente. Manejo Agroquímicos en Sistemas Hortícolas (2007)

Por otro lado existe una lista de agroquímicos registrados en Chile que están prohibidos o severamente restringidos en otros países por sus efectos sanitarios y medio ambientales, publicado por el Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA) en el año 1998. En esta lista se mencionan cerca de 40 compuestos, de los cuales muchos se encuentran prohibidos de uso, tales como: Aldicarb (prohibido año 2011), Endosulfán (prohibido año 2011), Lindano (prohibido año 1998) y Pentaclorofenol (prohibido año 2004). A pesar de ello existen otros compuestos que hasta el día de hoy se siguen usando, tales como:

Tabla 14 Agroquímicos utilizados en Chile restringidos en otros países

Componente	Efectos sanitarios y medioambientales	Periodo de Carencia (días)	Países donde se prohíbe su uso
Amitrol	Dicho componente produce toxicidad aguda baja para humanos y contamina aguas subterráneas.	-	Ecuador, Finlandia, Bulgaria, Panamá, Suecia.
Benomyl	Este compuesto afecta el sistema nervioso, es altamente toxico y afecta la vida silvestre.	1 a 10	Bulgaria
Bromuro de metilo	Es un compuesto que produce malformaciones congénitas, neurotoxicidad, disminuye la fertilidad de las tierras, contaminación aguas subterráneas, entre otros.	2 a 5	Belize, Filipinas, <i>Restringido en:</i> México, Bélgica, Finlandia, Malasia, Holanda
Captan	Posee una baja toxicidad agua en humanos, es un contaminante de suelos y aguas subterráneas, entre otros. Sin embargo según el estudio de INIA aplicado a tomates de invernadero de la Quinta Región, no se encontró presencia de este compuesto, y por ende los agricultores utilizaron este componente respetando los tiempos de carencia y dosificación.	1 a 30	Finlandia, EE.UU <i>Restringido en:</i> Noruego
Carbaryl	Este componente unido a otros plaguicidas aumenta su toxicidad, posee efectos neurotóxicos y poseen efectos tóxicos sobre diversas especies silvestres tales como las abejas.	1 a 14	Bangladesh, Alemania, Indonesia, <i>Restringido en:</i> Rusia
Cyhexatin	Produce daño cutáneo, cambios degenerativos en el hígado, entre otros efectos.	18 a 25	Suecia
Dimetoato	Afecta el sistema nervioso, produce daño cutáneo, y es muy tóxico para abejas y aves.	28	Chipre, Estados Unidos.
Diruon	Es un irritante gastrointestinal, cancerígeno y reduce la vida silvestre.	-	Rusia, Suecia.
DNOC	Produce alteración del metabolismo, produce daño cutáneo, es un producto fitotóxico y provoca problema en las hojas y flores.	-	Belize, Suecia <i>Restringido en:</i> Rusia

Continuación tabla 14 Agroquímicos utilizados en Chile restringidos en otros países

Componente	Efectos sanitarios y medioambientales	Periodo de Carencia (días)	Países donde se prohíbe su uso
Folpet	Es un irritante dérmico, irritante ocular, altera funciones de hígado, contaminación de suelos y aguas subterráneas.	3 a 7	Finlandia, Suecia
Fosmet	Inhibe la colinesterasa, tóxicos para los riñones, y es tóxico para las abejas.	1 a 3	Rusia.
Malathion	Produce deshidratación, afecta sistemas nerviosos, altamente tóxico en especies animales tales como: abejas, peces y otras especies marinas.	1 a 7	Sri Lanka, Indonesia, Rusia
Metamidofós	Es un insecticida que posee alta toxicidad y puede ser fatal si se inhala, y produce efectos tóxicos en aves, peces, abejas y otros animales.	1 a 14	China, Gran Bretaña, Sri Lanka. <i>Restringido en:</i> Bangladesh, India, Estados Unidos.
Metidatión	Insecticida que puede generar problemas respiratorios y al sistema digestivo, afecta el sistema nervioso, y posee efectos tóxicos para diversos mamíferos, abejas y peces.	21 a 35	Rusia, <i>Restringido en:</i> Filipinas.
Metomil	Insecticida con posibles efectos mutagénicos, puede alterar el sistema reproductor y endocrino, peligroso para diversas especies silvestres y tóxicas para abejas e insectos.	4 a 8	Malasia
Paraquat	Herbicida que genera vómitos, diarrea, dolor de cabeza, afecta el sistema cardiovascular, es potencialmente cancerígeno y mutagénico, y es altamente tóxico y persistente en el ambiente.	30	Finlandia, Noruega, Rusia, Suecia, <i>Restringido en:</i> Uruguay, Alemania, Hungría, Israel, Nueva Zelandia, Bangladesh, Filipinas, Estados Unidos.
Rovral	Funguicida irritante dérmico, ocular y mucoso, altamente tóxico, alteración al hígado y riñones, y crea resistencia a algunas razas de hongos.	7 a 14	Rusia

Para desarrollar la tabla 14 se comparó la lista publicada por OLCA (disponible en <http://www.olca.cl/oca/plag03.htm>, consultado en abril 2017), con lista de agroquímicos autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero, actualizada en abril del año 2017 (disponible en <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/evaluacion-y-autorizacion-de-plaguicidas/1367/registros>).

10.10. Encuesta agrícola

A continuación se muestra una serie de preguntas que se podrían realizar a los agricultores y recicladores de plástico, para obtener una mayor información sobre la generación de estos, y así mejorar el actual manejo de los residuos. Teniendo en cuenta que no existe información detallada sobre la generación de residuos plásticos agrícolas de los interiores de la Quinta Región.

Encuesta para agricultores que utilizan plástico.

 Encuesta Plástico de Agricultura Quillota, Olmue y Limache, V Región																	
I. Antecedentes Generales																	
Nombre o razón Social del Productor																	
Ubicación del Predio																	
Número de Contacto																	
II. Reciclaje Plástico Agrícola																	
¿Recicla desechos plásticos?			1. Sí 2. No														
¿Forma parte de programa de Buenas Prácticas Agrícola?			1. Sí 2. No														
¿Posee capacidad para trasladar sus residuos plásticos, y cuantos kilos puede trasladar?			1. Sí 2. No														
Periodo del año renueva el plástico de invernadero			<table border="1"> <tr> <td>1. Enero</td> <td>5. Mayo</td> <td>9. Septiembre</td> </tr> <tr> <td>2. Febrero</td> <td>6. Junio</td> <td>10. Octubre</td> </tr> <tr> <td>3. Marzo</td> <td>7. Julio</td> <td>11. Noviembre</td> </tr> <tr> <td>4. Abril</td> <td>8. Agosto</td> <td>12. Diciembre</td> </tr> </table>			1. Enero	5. Mayo	9. Septiembre	2. Febrero	6. Junio	10. Octubre	3. Marzo	7. Julio	11. Noviembre	4. Abril	8. Agosto	12. Diciembre
1. Enero	5. Mayo	9. Septiembre															
2. Febrero	6. Junio	10. Octubre															
3. Marzo	7. Julio	11. Noviembre															
4. Abril	8. Agosto	12. Diciembre															
¿Qué entiende por reciclaje de desechos plásticos?																	
¿Qué entiende por minimización de desechos plásticos?																	
¿Qué entiende por sustentabilidad agrícola?																	
II. Cultivo bajo plástico																	
Tipo de cultivo																	
Variedad de cultivo																	
Superficie de Invernadero [ha]																	
Plástico Invernadero		Sistema Regadío		Cubierta plásticas o mulch													
Tipo	1. PEAD	Tipo	1. PEAD	Tipo	1. PEAD												

plástico	2. PEBD 3. Otro	plástico	2. PEBD 3. Otro	plástico	2. PEBD 3. Otro								
Espesor plástico invernadero [mm]	1. 150 2. 100 3. 80 4. Otro	Sistema de regadío	<table border="1"> <tr> <td>1. Tendido</td> <td>5. Goteo y cinta</td> </tr> <tr> <td>2. Surco</td> <td>6. Micro aspersión</td> </tr> <tr> <td>3. Aspersión</td> <td>7. Micro goteo</td> </tr> <tr> <td>4. Carrete o pivote</td> <td>8. Otro</td> </tr> </table>	1. Tendido	5. Goteo y cinta	2. Surco	6. Micro aspersión	3. Aspersión	7. Micro goteo	4. Carrete o pivote	8. Otro	Espesor cubierta plástica[μm]	1. 25 2. 50 3. 60 4. Otro
1. Tendido	5. Goteo y cinta												
2. Surco	6. Micro aspersión												
3. Aspersión	7. Micro goteo												
4. Carrete o pivote	8. Otro												
Color plástico		Color plástico		Color plástico									

III. Generación plástico agrícola por temporada	
Generación residuos plástico Invernadero [kg]	
Generación residuos plástico sistema de goteo [kg]	
Generación residuos plástico cubierta o mulch [kg]	
Cantidad de plástico reciclado [kg]	

Encuesta para recicladores de plástico agrícola.



Encuesta Recicladores de Plástico de Agricultura Quillota, Olmue y Limache, V Región

I. Antecedentes Generales

Nombre o razón Social del Productor	
Ubicación del Centro de Acopio	
Número de Contacto	

II. Reciclaje Plástico Agrícola

¿Que tipo de plástico recicla?	1. PEAD 2. PEBD 3. Otro				
Plástico Invernadero		Cintas de riego		Cubierta plásticas o mulch	
Tipo plástico recibido	1. PEAD 2. PEBD	Tipo plástico recibido	1. PEAD 2. PEBD	Tipo plástico recibido	1. PEAD 2. PEBD

	3. Otro		3. Otro		3. Otro
Capacidad de recolección de los plásticos					
En qué periodo del año procesa más cantidad de plástico reciclado	1. Enero	5. Mayo	9. Septiembre		
	2. Febrero	6. Junio	10. Octubre		
	3. Marzo	7. Julio	11. Noviembre		
	4. Abril	8. Agosto	12. Diciembre		
¿Qué entiende por reciclaje de desechos plásticos?					
¿Qué entiende minimización de desechos plásticos?					
¿Qué entiende por sustentabilidad agrícola?					
Precio de compra del plástico					
Precio de venta del plástico					
III. Operación de Reciclaje					
Operaciones que lleva a cabo para el reciclaje de plástico			1. Recolección 2. Acopio Materia Prima 3. Pre-lavado 4. Lavado 5. Secado 6. Enfardado 7. Distribución 8. Toda las anteriores		
¿Cuánta agua utiliza en el proceso de lavado de manera mensual?					
¿De dónde proviene el agua de lavado?					
¿Dónde desecha el agua de lavado?					
¿Cuántos kilowatt de energía eléctrica consume?					
¿Qué hace con los desechos plásticos que no se pueden reciclar?					
¿Cuánto combustible gasta en el proceso de recolección?					
¿Cuánto combustible gasta en el proceso de distribución?					
IV. Volumen de reciclaje					
Cuanto plástico recicla proveniente de invernaderos [kg]					
Cuanto plástico recicla proveniente de cintas de riego [kg]					
Cuanto plástico reciclaje proveniente de mulch o cubiertas plásticas [kg]					
Cuanto plástico recicla proveniente de otro tipo de plástico [kg]					
Cuanto plástico desecha [kg]					

10.11. Bitácora solicitud de información

A continuación se muestra una tabla la cual contiene información sobre toda las entidades públicas y privadas que fueron consultadas, en busca de información sobre la generación y manejo de residuos plásticos agrícolas, como también información de mercado del plásticos. Dichas consultas fueron realizadas ente Noviembre del 2016 y Marzo del 2017, utilizando diferentes medios.

Tabla 15 Bitácora de solicitud de información

Información solicitada	Fecha	Ente Consultado	Medio de consulta	Respuesta
a) Capacidad de producción de pellets de PEAD y PEBD de las empresas de reciclaje en Chile b) Consumo de pellet de PEAD y PEBD en Chile c) Precio mercado del plástico de PEBD y PEAD.	Noviembre 2016	Asiplas	Llamada telefónica Vía Email.	No hubo respuesta a la información solicitada, debido a que solo se comparte con empresas asociadas al gremio.
a) Generación de desechos plásticos agrícolas nivel Nacional y de la Quinta Región. b) Implementación proyectos de reciclaje plástico agrícola a nivel Nacional y de la Quinta Región	Enero 2017	Oficinas de Estudios y Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura	Ley Transparencia Visita oficina de Seremi del Ministerio Agricultura Quillota (Freire # 765, Quillota)	No poseen información, solo antecedentes de la gestión de residuos de los envases fitosanitarios
a) Generación de desechos plásticos agrícolas nivel Nacional y de la Quinta Región. b) Implementación proyectos de reciclaje plástico agrícola a nivel Nacional y de la Quinta Región c) Estudios de impacto ambiental del plástico en los predios agrícolas.	Enero 2017	Súper Intendencias del Ministerio de Medio Ambiente	Ley Transparencia Visita oficina de Seremi del Ministerio Medio Ambiente Valparaiso	No poseen información

Continuación tabla 16 Bitácora de solicitud de información

Información solicitada	Fecha	Ente Consultado	Medio de consulta	Respuesta
a) Generación de desechos plásticos agrícolas de la Quinta Región. b) Implementación proyectos de reciclaje plástico agrícola de la Quinta Región	Enero 2017	Asociación de Agricultores Quillota	Visita a las Asociación de Agricultores de Quillota (Pinto #86, Quillota)	No poseen información oficial. Se tiene conocimiento por medio informales de empresas de Santiago que recolectan plástico agrícola de manera esporádica, pero no se tiene conocimiento de los volúmenes reciclados. Se tiene conocimiento de una empresa cerca de Quillota que recibe plástico agrícola.
a) Generación y reciclaje de desechos plásticos agrícolas de la Quinta Región.	Enero 2017	Reciclaje Cat Limitada	Visita a la planta recicladora (Ruta 60, Sector el Silo, Quillota)	Esta empresa se dedica al reciclaje de cartón. Sin embargo los últimos años de manera esporádica recibe plástico agrícola y lo vende a compradores locales. Dado que no es su negocio principal, no poseen información sobre cuánto es el volumen de reciclaje. Conoce de personas del medio local que de manera informal reciclan el plástico y que a veces llega a su planta de reciclaje, dicho plástico solo es recibido si vienen limpio y libre de materia orgánica, dado que no posee ningún tipo operación que permita llevar a cabo labores de limpieza.
a) Generación y reciclaje de desechos plásticos agrícolas de la Quinta Región.	Enero 2017	COAGRA	Visita a la sucursal comercial de Quillota (Aristía 560, Quillota)	No poseen información oficial al respecto, pero se tiene conocimiento de personas que reciclan en el Sector de Santa Rosa, Limache.
a) Generación de desechos plásticos agrícolas nivel Nacional y de la Quinta Región. b) Implementación proyectos de reciclaje plástico agrícola a nivel Nacional y de la Quinta Región	Marzo 2017	Instituto de Desarrollo Agropecuario, Ministerio de Agricultura	Ley Transparencia	Poseen información respecto a las políticas públicas que tienen como objetivo mejorar la sustentabilidad medio ambiental y social en la agricultura, dichas políticas vienen dadas por el Protocolo de Agricultura Sustentable.
a) Generación y reciclaje de desechos plásticos agrícolas de la Quinta Región.	Marzo 2017	Recicladores Locales	Entrevista	Se realizaron una serie de preguntas, para recopilar información sobre el reciclaje y generación de plástico, las cuales se muestran en el siguiente anexo.

10.12. Entrevista Reciclador Agrícola

Nombre del Entrevistado: Daniel Galea

Profesión: Reciclador Informal

Ubicación Planta Reciclaje: Limache, Sector Santa Rosa

Forma: Entrevista Oral

Fecha: 07/03/2017

Preguntas

1. *¿Desde cuándo se dedica al reciclaje de plástico agrícola?*

Se dedica al reciclaje de plásticos agrícolas desde la década del 90', ya que la empresa Cambiasso Hnos. compraba este material. Al principio se comenzó solo con labores de recolección de manera esporádica y se llevaba directamente a la planta de reciclaje de Cambiasso. Sin embargo con el pasar de los años, dado las grandes cantidades de plástico que se manejaba, se instalaron centros de acopio para mejorar el proceso de recolección y se empezaron a emplear máquinas para el enfardado y limpieza, dado que tenían mucha suciedad que afectaba la operación de reciclaje de Cambiasso. Hace aproximadamente 5 años atrás reciclaba no más de 40 [ton] anuales.

2. *¿Por qué se interesó en el reciclaje de plásticos agrícolas?*

Comenzó a reciclar plástico debido a que un tercero le comentó que Cambiasso Hnos. estaba incursionando en el reciclaje de plástico, y por ende se dedicaba a comprar materia prima.

3. *¿Cuál es el método que utiliza para reciclar el plástico? ¿y de qué manera recolecta el plástico?*

El proceso de reciclaje implica 4 etapas, primera se viene la etapa de recolección. Dicha recolección se lleva a cabo por tres métodos. 1) Retiro desde el punto de generación, 2) Agricultores llegan directamente al Centro de Acopio, 3) Por la búsqueda de nuevos predios agrícolas que generen plástico.

La segunda etapa consta de un lavado, por medio de una máquina con un eje rotatorio el cual limpia el material retirando la materia orgánica, se utilizan alrededor de 4.000 [L] diarios, que equivalen a 1,5 [L] por kilogramo de plástico. Luego viene el proceso de secado el cual se realiza de manera natural, dejándolo expuesto a la intemperie. Sin embargo este método no seca completamente los fardos de plástico. Por último viene el proceso de prensado que permite reducir el tamaño y facilitar su distribución al centro de reciclaje.

4. *¿Por qué se utiliza el plástico en los predios agrícolas?*

Se utiliza para distintas aplicaciones tales como cintas de riego, mulch y plástico de invernadero. El plástico invernadero es el más utilizado, principalmente para cultivo de tomate, morrones, pepinos y flores.

5. *¿De estos plásticos cual es el que más recibe?*

El plástico más recibido es el que proviene de invernadero, cerca del 80% del material procesado corresponde a desechos de invernaderos. En esta zona se utilizan 3 tipos de plástico: 200 micras, 150 micras y 80 micras de espesor.

La mayoría de los agricultores utiliza el plástico de 80 micras ya que deben utilizar menos kilos por hectárea y por lo tanto es más rentable. Además para los invernaderos de mayor espesor se necesita una estructura mucho más elaborada para sostener y asegurar su funcionamiento. Dichos invernaderos siempre utilizan mulch, dado que permite conservar la humedad y temperatura de los cultivos, y además mejora el sistema de riego que en su mayoría son cintas de riego.

6. *¿Qué tipo de plástico recicla?*

Casi el 100% del plástico que llega a la planta es PEBD, no obstante este último tiempo ha reciclado PEAD proveniente de envases fitosanitarios, pallet y bins.

7. *¿Cuánto plástico recicla mensualmente?*

En promedio se recicla cerca de 120 [ton] y 180[ton] mensuales.

8. *¿De qué zona recibe plásticos?*

Principalmente de Quillota, Olmue y Limache, sin embargo a lo largo de los años ha recibido plástico de diversas zonas del país como por ejemplo San Felipe, Rancagua, Temuco, entre otros.

9. *¿Entre Quillota, Olmue y Limache, de qué zona recibe más plástico? ¿y por qué?*

De la ciudad de Quillota es donde más se recibe plástico, dado que en esta zona existe muchos predios agrícolas que utilizan invernaderos.

10. ¿Cuál es el interés de los agricultores de reciclar el plástico?

Una de las principales razones por la cual los agricultores reciclan el plástico se debe a la corporación Chile G.A.P con su programa de certificación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). La certificación de BPA es un programa de participación voluntaria que establece un marco de trabajo con reglas establecida que permite garantizar el cumplimiento de estas y asegurar la calidad de los productos para el consumidor, ajustándose a los parámetros de los principales mercados internacionales. Dentro de sus reglas, establece que se debe justificar la disposición final de los residuos, por lo tanto se vuelve muy importante la Resolución Sanitaria que justifique una buena disposición de estos. Por otra parte las condiciones y fiscalizaciones sobre las condiciones sanitarias impiden a los agricultores disponer de manera incorrecta los residuos, como por ejemplo la quema de estos.

Además existe un interés económico por parte de los agricultores, ya que la mayoría de los recicladores locales compran el plástico de desecho. Su precio varía entre los \$80 y \$120 por kilo, dependiendo de la cantidad y calidad de este.

11. ¿Qué hacen los agricultores que no reciclan, para eliminar los desechos plásticos?

En general no existen agricultores que dispongan de manera incorrecta sus residuos puesto que existe mucha conciencia e interés por parte de los agricultores en reciclar.

12. ¿Cuánto plástico desecha mensualmente por tener malas condiciones que impidan el reciclaje, y cuáles son esas causas?

Anualmente se generan entre 2.000 y 3000 kilos por año, la principal causa de esto se debe a que el plástico se encuentra en un estado de biodegradación muy alta, lo que imposibilita su reciclaje, siendo desechado mediante la quema.

13. ¿En qué periodo del año usted recibe más plástico y porque?

En el periodo del 15 de Marzo hasta como el 15 de Agosto se recibe mayor cantidad plástico, debido a que esta fecha coincide con el recambio agrícola de la mayoría de los invernadero de la zona.

14. ¿De cada 100 kg de plástico recibido cuantos kilos son suciedad? Para el caso de los plásticos invernadero y para el caso de los demás plásticos.

Para el plástico de invernadero, por cada 100 kg de plástico aproximadamente entre el 10 %-15% es materia orgánica.

Mientras que para los mulch y cintas de riego, de cada 100 kg entre 30% - 40% son tierra.

15. ¿Cada cuánto tiempo se renueva el plástico invernadero?

Los invernaderos de 200 micras se cambian cada 3 años, los invernaderos de 150 micras se cambian cada 2 años y los invernaderos de 80 micras se cambian cada 1 año.

16. En el caso del plástico de invernadero, ¿Cuántos kilos de plástico se retira por cada hectárea de cultivo? Existen algún tipo de invernadero en el cual se extraen más kilos.

Los plástico de invernadero de 200 micras por hectárea poseen alrededor de 1800 kg, los plástico de invernadero de 150 micras poseen 1400 kilos y los de 80 micras poseen cerca de 1000 kg.

Además los mulch de los invernaderos generan alrededor de 300 kg por hectárea y las cintas de riego cerca de 150 kilos por hectárea.

17. ¿A quién se lo vende y a qué precio?

El principal comprador de plástico de Invernadero es la empresa Cambiasso Hnos. La cual compra PEBD entre unos \$ 200 - \$220 por kilogramo. Dicha empresa posee un centro de reciclaje en el sector de Placilla.

18. ¿Cuántos kilos semanalmente distribuye a los compradores de plástico?

Se distribuyen semanalmente entre 18 y 20 [ton], en uno o dos viajes dependiendo de la cantidad y los camiones disponibles.

19. ¿Existen otro recicladores dentro de la zona? ¿Cuánto plástico reciclan mensualmente?

Sí existen otros recicladores principalmente en Quillota, Limache y Olmue, en la zona de Santa Rosa, Llui-Llui y Maitenes. Dichos recicladores en conjunto no reciclan más de 65 [ton] mensuales.

20. Es su opinión personal, ¿Porque cree que aún existen malas prácticas con el tratamiento de los residuos plásticos y como esto nos puede afectar a mediano o largo plazo?

Falta apoyo por parte del gobierno puesto que no existe ningún tipo de subsidio que permita mejorar los componentes tecnológicos de los equipos que permiten el reciclaje, además este es un problema que nos afecta a todo por lo cual debería existir más apoyo dentro de los mismo recicladores y no debiese ver como un negocio, donde existe una competencia y protección de la información.