



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL
ESCUELA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE**

**PROPUESTA DE FUNDAMENTOS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS
ORGÁNICOS DOMICILIARIOS A NIVEL LOCAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE**

**AUTOR:
LUENGO MELIÑIR, PEDRO
PROFESOR GUÍA:
MG. ING. CÁCERES CRUZ, GUSTAVO**

Santiago de Chile

2021

DERECHO DE AUTOR

Autorización para la Reproducción del trabajo de Titulación

1. Identificación del trabajo de titulación

Nombre del alumno

Pedro Francisco Luengo Meliñir

Rut 18.993.681-8

Dirección: Escampavía #5574

E-mail: Pedro.afs20@gmail.com

Teléfono: +569 905 76 971

Título de la Tesis: "PROPUESTA DE FUNDAMENTOS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS A NIVEL LOCAL"

Escuela: Escuela de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente

Carrera: Ingeniería Civil en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente

Título al que opta: Ingeniero Civil en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente

2. Autorización de Reproducción

Se autoriza la reproducción total o parcial de este trabajo de titulación, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo y a su autor. Es decir, que la Universidad está autorizada para dar a conocer, reproducir y/o publicar el trabajo de titulación sin perjuicio del derecho de autor.

En consideración a lo anterior, se autoriza su reproducción de forma (marque con una X):

<input checked="" type="checkbox"/>	Inmediata
<input type="checkbox"/>	A partir de la siguiente fecha: _____ (mes(/año))

Fecha: 20/07/2021 Firma: 

Esta autorización se otorga en el marco de la ley N°17.336 Sobre propiedad intelectual, con carácter gratuito y no exclusivo para la universidad

CALIFICACIONES

NOTA OBTENIDA:
6,2

A handwritten signature in blue ink is positioned to the left of a circular official stamp. The stamp contains the text "UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA" around the perimeter and "REGISTRO DE MAESTROS EN INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN" in the center.

Firma y timbre autoridad
responsable

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo con mucho amor y cariño a mis padres, mi hijo, pareja y seres queridos que me apoyaron y motivaron a dar termino a este ciclo de mi vida, el cual me permitirá tener una herramienta más para enfrentar los desafíos de esta sociedad. También a todos mis compañeros de aula y universidad con los que se debatieron ideas y se vivieron momentos de reflexión muy valiosos, los cuales aprecio hasta el día de hoy.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi profesor Gustavo Cáceres, el cual ayudó a plasmar una idea en bruto, a un documento que permitirá aportar un grano de arena al cuidado del medio ambiente y la gestión de residuos, arista importante para avanzar hacia una sociedad sustentable. También agradecer a los funcionarios de la comuna de La Pintana Matías Negrete, Tomas Muñoz y Patricio Navarrete los cuales brindaron información y apoyo importante para el desarrollo del presente trabajo de título.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes Generales	1
1.2 Planteamiento del problema	5
1.3 Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivo general	10
II. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Marco Conceptual	11
2.1.1 Los residuos	11
2.1.2 Clasificación de los residuos	12
2.1.3 Clasificación de los residuos según su naturaleza química y origen 13	
2.1.4 Impacto medio ambiental generado por los residuos sólidos domiciliarios	15
2.1.5 Gestión integral de residuos y sus fundamentos	16
2.1.6 Jerarquía de la gestión integral de residuos sólidos (GIRS) del ministerio del Medio Ambiente	21
2.1.7 Análisis de Ciclo de Vida (ACV)	23
2.1.8 Valorización de residuos orgánicos	25
2.1.9 Antecedentes generales de los avances de la valorización de residuos orgánicos en Europa	29
2.2 Marco Legal.....	36
2.2.1 Marco legal general para la gestión de residuos	36
2.2.2 Marco legal para gestión de residuos orgánicos y tratamiento	38
III. METODOLOGÍA	41
3.1 Metodología de Trabajo.....	41
3.2 Evaluación de la Metodología y Orgánica Utilizada en la Gestión de Residuos Orgánicos Domiciliarios de la Comuna de La Pintana.....	42
3.2.2 Caracterización de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA) de la comuna de La Pintana	43
3.2.3 Aplicación del análisis del ciclo de vida (ACV)	44

3.3	Análisis de la Metodología y Experiencias de Gestión de Residuos de Residuos Domiciliarios orgánicos	51
3.3.1	Identificación de aspectos claves para adaptación de metodologías al segmento de los residuos orgánicos	51
3.3.2	Recopilación de antecedentes oficiales de la región Metropolitana y la Unión Europea (UE)	51
3.3.3	Caracterización de aspectos claves para el funcionamiento de un sistema de SEORI	52
3.4	Análisis de la Situación Actual de la Valorización de Residuos Domiciliarios en Chile 53	
3.4.1	Identificación de condiciones y oportunidades de mejora	53
3.4.2	Identificación de barreras de entrada para instalación de sitios de tratamiento de residuos orgánicos	54
3.5	Evaluación de los Fundamentos para Formular una Propuesta de Gestión de Residuos Orgánicos Domiciliarios a Nivel Municipal.....	55
3.5.1	Definición de elementos y requerimientos programáticos para formular una propuesta de gestión de residuos	55
3.5.2	Definición de indicadores	57
IV.	RESULTADOS	59
4.1	Resultado de la Evaluación de la Metodología y Orgánica Utilizada en la Gestión de Residuos Orgánicos Domiciliarios en la Comuna de La Pintana	59
4.1.1	Información secundaria y primaria	59
4.1.3	Resultado de la caracterización de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA) de la comuna de La Pintana	71
4.2	Metodología y Experiencias de Gestión de Residuos de Residuos Orgánicos Domiciliarios	94
4.2.1	Aspectos claves para su adaptación al segmento de los residuos orgánicos	94
4.2.2	Revisión de documentos oficiales de la región Metropolitana y la Unión Europea	118
4.2.3	Aspectos claves para el funcionamiento de un sistema de SEORI y el tratamiento de residuos orgánicos	155
4.3	Situación Actual de la Valorización de Residuos Orgánicos Domiciliarios.....	160
4.3.1	Fuentes de información secundaria oficial e identificación de condiciones de oportunidad de mejora	160

4.3.2	Normativa e identificación de barreras de entrada para instalación de sitios de tratamiento de residuos orgánicos	165
4.4	Fundamentos para Formular una Propuesta de Gestión de Residuos Orgánicos Domiciliarios a Nivel Municipal	174
4.4.1	Elementos y requerimientos programáticos para una estrategia de gestión de residuos orgánicos domiciliarios	174
4.4.2	Definición de indicadores	190
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	193
5.1	Conclusiones.....	193
5.2	Recomendaciones.....	198
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	202
ANEXOS	206
Anexo A.	Entrevistas a Encargados de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA) 206	
Anexo B.	Fotografías de la Planta de Compostaje y Vivero Municipal de La Pintana, en las Instalaciones de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA)	220

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 RSU recolectados y tratados y compost producido por los miembros de la UE, 1999.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2.2 Marco legal para la gestión de residuos sólidos	37
Tabla 2.3 Marco legal para la gestión de residuos orgánicos y su tratamiento..	38
Tabla 3.1 Composición de residuos sólidos domiciliarios	46
Tabla 3.2 Emisiones generadas por vehículos durante el transporte	46
Tabla 3.3 Lixiviado generado por material biodegradable en relleno sanitario y proceso de compostaje.....	47
Tabla 3.4 Datos del proceso de compostaje	47
Tabla 3.5 Situación operacional.....	48
Tabla 3.6 La probabilidad o frecuencia de un aspecto ambiental ocurrir	48
Tabla 3.7 Gravedad de un impacto medioambiental (intensidad potencial y/o severidad del impacto).....	49
Tabla 3.8 Evaluación del grado de riesgo	49
Tabla 3.9 Calificación de grado de riesgo	50
Tabla 3.10 Referencia de datos para línea base de información del sistema de indicadores	58
Tabla 4.1 Poblaciones consideradas para áreas de estudio de evaluación ambiental	61
Tabla 4.2 Delimitación de área de estudio	65
Tabla 4.3 Distribución de los grupos socioeconómicos en la comuna de La Pintana	66
Tabla 4.4 Resumen de inventario de componentes naturales.....	67

Tabla 4.5 Toneladas (ton) y tasa de segregación de residuos domiciliarios del Área de Estudio N°1	70
Tabla 4.6 Definiciones de forma/leyenda diagrama de flujo de las Áreas de Estudio N° 1 y 2.....	76
Tabla 4.7 Inventario final de los procesos involucrados en el Área de Estudio N°1	80
Tabla 4.8 Matriz ambiental de aspectos e impactos ambientales del Área de Estudio N°1.....	84
Tabla 4.9 Matriz ambiental de aspectos e impactos ambientales del Área de Estudio N°2.....	87
Tabla 4.10 Datos consolidados de las Áreas de Estudio N° 1 y 2 (aspectos e impactos ambientales potenciales)	89
Tabla 4.11 Ordenamiento de la gestión de residuos sólidos domiciliarios.....	112
Tabla 4.12 Adaptación de ordenamiento de la gestión de residuos sólidos domiciliarios orgánicos	114
Tabla 4.13 Indicadores para gestión de residuos orgánicos a nivel municipal planteados por el MMA	116
Tabla 4.14 Consolidación aspectos y elementos relevantes generales por etapa de CV de los RSD según la experiencia revisada	159
Tabla 4.15 Consolidación oportunidades de mejora en prácticas de reciclaje de residuos orgánicos.....	165
Tabla 4.16 Alternativas de esquemas de gobernanza para ejecución de programa SEORI y tratamiento de residuos orgánicos	177
Tabla 4.17 Indicadores para evaluar el rendimiento y control de un programa municipal de residuos orgánicos.....	191

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.1 Clasificación flujos de residuos	2
Figura 1.2 RSD y sus componentes (Año 2004) ..	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2.1 Jerarquía en la gestión de residuos	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2.2 Áreas de trabajo ECN	36
Figura 3.1 Metodología de trabajo	41
Figura 4.1 Camión de vegetales de La Pintana	60
Figura 4.2 Mapa de la comuna de La Pintana, uso de suelo y sectores evaluados ambientalmente	62
Figura 4.3 Mapa de la comuna de La Pintana y cobertura de recolección del camión de vegetales - Año 2018.....	63
Figura 4.4 Diagrama de flujo y delimitación de la frontera de evaluación ambiental para Área de Estudio N° 1: segregación y recolección de residuos sólidos orgánicos domiciliarios por el camión de vegetales	77
Figura 4.5 Diagrama de flujo y delimitación de la frontera de evaluación del ciclo de vida para Área de Estudio N° 2: segregación de residuos sólidos orgánicos y valorización en huerto urbano.....	78
Figura 4.6 Ciclo de vida de los residuos sólidos domiciliarios	96
Figura 4.7 Modelo conceptual para el ordenamiento de residuos sólidos domiciliarios.....	97
Figura 4.8 Metodología para el ordenamiento de residuos sólidos domiciliarios	99
Figura 4.9 Esquema gobernanza de la “Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos”	101
Figura 4.10 Planta de compostaje de SIVOM, Francia	137
Figura 4.11 Cribado en planta compostaje de Gironde	139

Figura 4.12 Contenedores para colecta de residuos orgánicos domiciliarios y proceso de trituración en centro de valorización	143
Figura 4.13 Camión tolva recolector de residuos orgánicos domiciliarios puerta a puerta	145
Figura 4.14 Equipo de compostaje domestico entregado por el municipio de Arun	152
Figura 4.15 Cribado artesanal con antiguos somieres en centro de compostaje	155
Figura 4.16 Grafico N°50 de la Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018	161
Figura 4.17 Grafico N°54 de la Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018.	162
Figura 4.18 Grafico N°57 de la Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018.	163
Figura 4.19 Grafico N°62 de la Encuesta Nacional de Medio Ambiente.....	163
Figura 4.20 Alternativa organigrama para unidad ambiental	176
Figura 4.21 Diagrama de participación ciudadana	181
Figura 4.22 Esquema básico para el desarrollo de un programa de gestión integral de residuos	182

RESUMEN

La presente propuesta nace de la necesidad de cumplir con la expectativa pública señalada en la Propuesta Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040, la cual plantea metas y directrices para lograr recuperar un 66% del total de los residuos orgánicos, objetivo ambicioso que requiere de la búsqueda de lineamientos y estrategias para su cumplimiento. Este trabajo se desarrolló a través de la utilización de fuentes primarias y secundarias con el objetivo de proponer fundamentos para la gestión de residuos orgánicos a nivel local.

En primer lugar, se ha realizado una evaluación cuantitativa, cualitativa y también mediante la aplicación del análisis de ciclo de vida (ACV), del manejo realizado por la comuna de La Pintana en cuanto a sus desechos orgánicos, ya que es de las pocas municipalidades en el país que han logrado implementar un programa de separación en el origen y tratamiento de estos desperdicios utilizando sus propios recursos. Posteriormente, se revisaron fuentes de información secundarias, como metodologías de gestión de residuos adaptada a la fracción orgánica de los desechos domiciliarios, de igual manera se analizó la situación actual respecto a la valorización de desechos orgánicos en el país y el extranjero a través de documentos oficiales del Ministerio de Medio Ambiente (MMA) y la Unión Europea (UE), lo que permitió identificar oportunidades y condiciones de mejora aplicables al objetivo propuesto.

Del análisis de la información primaria y secundaria, se estableció la propuesta de fundamentos para la gestión de residuos orgánicos a nivel municipal que considera tanto elementos como requerimientos programáticos e indicadores. El resultado de este trabajo puede dar directrices para que las municipalidades puedan dar un vuelco al modo en cómo estos se relacionan con los desechos orgánicos y puedan cumplir con las expectativas públicas venideras.

ABSTRACT

This proposal arises from the need to comply with the public expectation indicated in the National Organic Waste Proposal 2020-2040, which proposes goals and guidelines to achieve the recovery of 66% of total household organic waste, an ambitious objective that requires the search for guidelines and strategies for their fulfillment. This work was developed through the use of primary and secondary sources with the aim of proposing foundations for the management of organic waste at the local level.

In the first place, a quantitative and qualitative evaluation has been carried out and also through the application of the life cycle analysis (LCA), of the management carried out by the La Pintana commune in terms of its organic waste, since it is one of the few municipalities in the country that have managed to implement a program of separation at the origin and treatment of these wastes using their own resources. Subsequently, secondary information sources were reviewed, such as waste management methodologies adapted to the organic fraction of household waste, in the same way the current situation regarding the recovery of organic waste in the country and abroad was analyzed through documents officials from the Ministry of the Environment (MMA) and the European Union (EU), which made it possible to identify opportunities and conditions for improvement applicable to the proposed objective.

From the analysis of the primary and secondary information, the proposal of fundamentals for the management of organic waste at the municipal level was established, which considers both elements and programmatic requirements and indicators. The result of these proposal can give guidelines so that municipalities can revisit the way in which they relate to organic waste and can meet future public expectations.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes Generales

Hoy en día la generación de residuos es indudablemente un problema que debe ser gestionado de forma adecuada. La generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios (RSD) en promedio en Chile es de 1 [kg/día], en donde gran parte de sus componentes es posible recuperarlo y someterlo a algún tipo de tratamiento para su recuperación.

En los últimos años, en Chile se ha propiciado un desarrollo y regulación de los residuos sólidos con un enfoque principalmente sanitario, clausurando sitios no habilitados y construyendo nuevos rellenos sanitarios, mediante la promulgación del reglamento respectivo por parte de Ministerio de Salud D189, en donde la necesidad de habilitar una mayor cantidad de sitios de disposición final se ha debido principalmente a tres razones. La primera corresponde al incremento de la población, aumento del poder adquisitivo y patrones de consumo; la segunda es por gran cantidad de residuos generados de manera innecesaria; y, por último, la escasa valorización de residuos.

Actualmente, en el país se presenta un creciente interés por gestionar de manera más eficiente los residuos generados tanto por los ciudadanos como por las distintas industrias, lo cual se ha materializado a través de la promulgación de distintas normativas orientadas en este sentido.

En cuanto a los residuos domiciliarios, estos se clasifican en 3 tipos de flujos (ver Figura 1.1), envases y embalajes (26%), orgánico (58%) y descartable (16%), donde la fracción orgánica es la que se genera en mayor cantidad y, pese a esto, no se ha abordado de manera contundente la gestión de estos.

Para la valorización de los residuos orgánicos se utilizan técnicas (aeróbicas y anaeróbicas) que da valor a estos desechos, recuperando recursos, energía y nutrientes, disminuyendo su impacto ambiental, social y económico si estos son desviados del relleno sanitario. Este tipo de prácticas van con los lineamientos del desarrollo sustentable y la economía circular, en la cual se ha ido adaptando la legislación del país. Sin embargo, para la implementación de sistemas logísticos e infraestructura que permita realizar esto a nivel macro, es necesario sortear barreras normativas, financieras, de educación y capacitación existentes. Al respecto, se ha publicado la Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040, la cual aborda las distintas áreas de trabajo para poder masificar este tipo de prácticas en función del cuidado del medio ambiente.

Figura 1.1 Clasificación flujos de residuos



Fuente: Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos, MMA, 2020

En la actualidad, no existen precedentes respecto a los impactos ambientales que traen consigo las distintas formas de manejo que pueden aplicarse a los residuos sólidos orgánicos domiciliarios, por lo que resulta interesante realizar

medidas de esta situación para poder evaluar posibles soluciones en un futuro cercano.

Dentro de la gestión integral de residuos, existe una jerarquía en el manejo de estos, que parte por la prevención, seguido por la reutilización, reciclaje, valorización energética y finalmente la eliminación en sitios de disposición final como última opción. Para que la valorización de los residuos domiciliarios sea eficiente, es necesaria la separación en el origen de los desechos con potencial de valorización, acondicionándolos adecuadamente para su posterior tratamiento, tarea que actualmente es realizada por la iniciativa del usuario, cuya participación posee gran valor ya que, por normativa, esto no es obligatorio y nace del gran grado de concientización alcanzado. En el caso de la comuna de La Pintana, se ha logrado que los vecinos separen en sus hogares los desechos orgánicos y entreguen de manera diferenciada estos al camión recolector, conducta alcanzada por la fuerte campaña de educación ambiental que incluyeron capacitaciones puerta a puerta, talleres y actividades, realizadas por la municipalidad desde la etapa previa a la implementación de este sistema de recogida hasta la actualidad, con el objetivo de prevalecer esto.

El presente trabajo se sitúa en La Pintana, donde se analizará la situación de dos sectores de esta comuna, en cuanto a su gestión de residuos orgánicos domiciliarios y los impactos ambientales de esta. En uno de los sectores, esta es recolectada de manera diferenciada a la basura común, para luego ser trasladada a la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA), donde recibe el tratamiento de compostaje y lombricultura, cuyo compost resultante es utilizado en el vivero municipal que abastece las áreas verdes de la comuna y para actividades relacionadas. En el otro caso, existe un supuesto en donde los ciudadanos segregan sus residuos orgánicos para luego trasladarlos por iniciativa propia hacia un “Huerto Comunitario”, en el cual se realiza algún tipo de valorización de

desechos orgánicos. Es importante mencionar que, el programa de huertos comunitarios es financiado por la municipalidad con recursos y capacitaciones para su implementación. Estas experiencias, junto con la revisión de información secundaria, serán utilizadas para plantear lineamientos para una posible gestión de residuos orgánicos domiciliarios a nivel local.

Es necesario abordar este tipo de temas para lograr encontrar el mecanismo adecuado para el tratamiento de residuos sólidos de forma integral, transitando hacia una economía circular. La gestión y la forma en que se tratan estos dependen de varios factores, que son posibles de identificar y posteriormente trabajar en ellos. Es por esto que, se considera una propuesta de manejo a nivel municipal debido a que, como establece el Código Sanitario, son estos los responsables directos que actúan en el territorio, por lo que depende de ellos la formulación de una estrategia adecuada para obtener resultados exitosos. Es importante considerar que, en un futuro cercano los envases y embalajes generados en los residuos domiciliarios serán organizados y financiados por los privados, al alero del mecanismo establecido en la Ley 20.920 que “Establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje”, presentándose una oportunidad en la separación en el origen y entrega diferenciada, no solo de los envases y embalajes, la cual será normada mediante reglamentos y ordenanza municipal, sino que también es posible aprovechar esta oportunidad para los residuos orgánicos.

Es importante recalcar la participación ciudadana que hoy en día existe, la que en los últimos años ha tomada fuerza gracias a los recursos empleados en este asunto, segregando desde el origen, siendo esta la forma más eficaz para

gestionar los residuos domiciliarios, aportando además al cambio de cultura ambiental del país.¹

1.2 Planteamiento del problema

El impacto medio ambiental, social y económico que ha traído consigo el cambio climático, ha sido abordado mediante distintos acuerdos y compromisos entre países, en los cuales se encuentra Chile. En la actualidad Chile, al igual que todas las partes suscritas al Acuerdo de París (AP), deben implementar acciones concretas para cumplir los compromisos adquiridos en cuanto a su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) en cuanto a sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Dentro de estas acciones, en relación a los desechos orgánicos domiciliarios, se encuentra la elaboración de la “Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040”, la cual da cumplimiento a este compromiso y además de esto da un vuelco al modo en cómo se relacionan los ciudadanos con este tipo de desechos, el cual habitualmente se bota junto con toda la basura y es trasladado hacia el relleno sanitario. Es indispensable un cambio cultural en cuanto a esta relación de los ciudadanos con la basura, con el fin de avanzar como país hacia una economía circular.

Para poder llegar a las metas que se propone la estrategia, es necesario realizar ajustes a la actual normativa sanitaria, establecida en el reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA) y de Planificación Territorial, con el

¹ “Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos”, realizada por la Comisión Nacional del Medio Ambiente del Gobierno de Chile.

fin de alcanzar la valorización del 66% de los residuos orgánicos, el que actualmente pese a los esfuerzos de ciertas municipalidades este solo alcanza un 1%. Este objetivo ambicioso, en un futuro, va a requerir de una estrategia y plan de acción que logre procesar la fracción orgánica de manera eficiente en cuanto a costos e impactos ambientales producidos por las emisiones durante el proceso, considerando que durante el transporte es donde se generan los mayores costos, donde “en promedio, una municipalidad destina \$38.000 para manejar una tonelada de residuos y, de estos, 75% se destina exclusivamente a la recolección y transporte, y solo 25% para la disposición final” (MMA, 2020), lo que indica que si es posible reducir las distancias entre el lugar de origen de los residuos y los sitios de valorización o como último lugar de disposición final, será posible generar importantes ahorros.

El costo de la disposición final en Chile es muy bajo, ya que este no considera las externalidades ambientales y sociales generadas, sumado a la tarifa de una tonelada de residuos orgánicos, que en promedio es de \$43.000, casi 4 veces el valor de una tonelada dispuesta en relleno sanitario, por lo que es prácticamente inviable que las municipalidades gestionen para valorizar los residuos orgánicos en sitios de tratamiento, donde menos aún sería posible costear la tarifa en sitios de tratamiento anaeróbico, requiriéndose una mayor inversión, debido a su tecnología de mayor complejidad.

Los residuos orgánicos domiciliarios, en general, no son tratados con las mejores prácticas ambientales disponibles por parte de las municipalidades de la Región Metropolitana. Sin embargo, la municipalidad de La Pintana, pionera y destacada en gestión ambiental, ha logrado instalar una planta de compostaje, un sistema de recolección y un programa de Huerto urbano que ha dado excelentes resultados. “Hace ocho años, la falta de recursos y el aumento de costos obligaron a la comuna a buscar alternativas para tratar su basura. Hoy, casi un

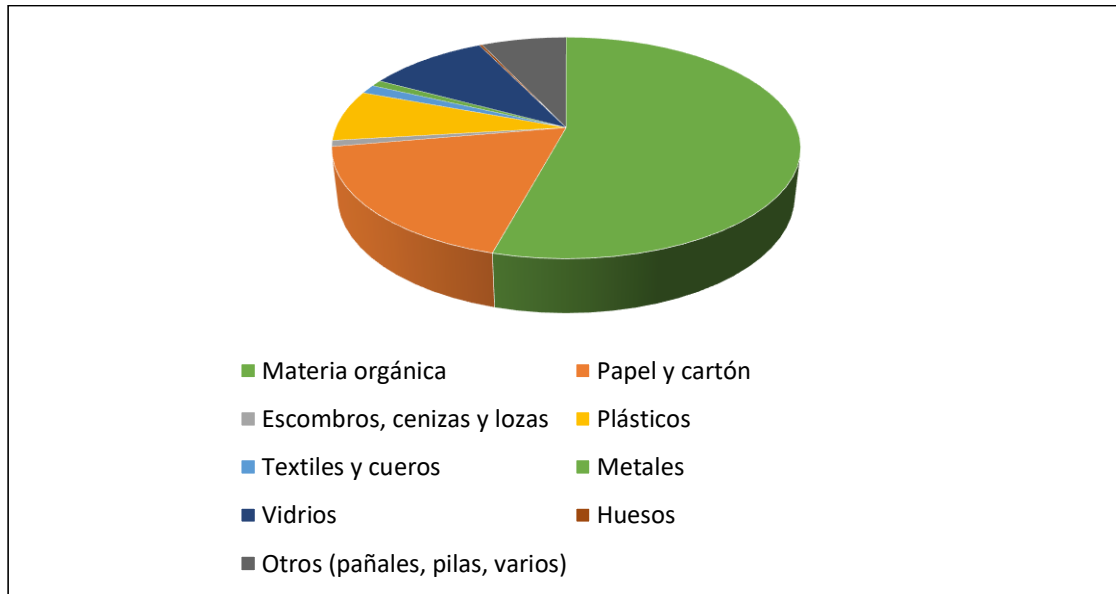
tercio de los vecinos recicla y parte de la flota de camiones se mueve con aceite de cocina reutilizado. Cercados por la estigmatización, La Pintana ha construido su identidad en torno al medioambiente” (Blanco, 2014).

En el año 2012 fue el primer municipio de Chile en alcanzar el Nivel Excelencia del Sistema Nacional de Certificación Ambiental Municipal (SCAM), alcanzando la nota máxima en todos los indicadores por lo que, debido a la trayectoria de la gestión ambiental de esta comuna, será un punto de estudio del presente trabajo. Llama la atención que esta comuna, al no tener grandes recursos y poseer el primer puesto en la categoría de “alta prioridad social” (Gajardo et al, 2019), logra implementar una gestión ambiental destacada en comparación a otras comunas de la Región Metropolitana.

No existen precedentes con respecto a la comparación de los rendimientos ambientales del tipo manejo de los residuos orgánicos a nivel local, ni tampoco los factores involucrados en ellos. Esto se debe a que la integración de este manejo es relativamente nueva. Es por ello que se reunirán y analizarán antecedentes reales, pudiéndose determinar cuáles son los aspectos que dan las directrices para obtener los resultados óptimos, tanto en la fase administrativa como operativa, adaptándose a los instrumentos públicos disponibles y considerando las políticas venideras.

Actualmente se evidencia una falta de propuestas e incentivos para poder valorizar el componente que posee el mayor porcentaje en los residuos domiciliarios (ver Figura 1.2), mediante acciones específicas en la implementación del análisis de ciclo de vida (ACV).

Figura 1.2 RSD y sus componentes (Año 2004)



Fuente: Estudio Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Región Metropolitana, 2006, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ingeniería en Construcción, Grupo de residuos

Al desviar la fracción orgánica de los desechos domiciliarios de la tradicional y generalizada disposición final, correspondiente al relleno sanitario, se lograría descomprimir la presión ejercida hacia estos sitios y alargar su vida útil, donde la tasa de valorización de los residuos no peligrosos a nivel general en la Región Metropolitana no supera el 10%. Esta tendencia se repite a lo largo del país en donde, respecto a los residuos municipales contemplados en la cuantificación de residuos no peligrosos, las municipalidades reportaron en el Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER) que el 99% de sus residuos son eliminados y sólo el 1% es valorizado.

El enfoque desde donde se abordará el problema, y se definirán indicadores, será principalmente ambiental. No obstante, para una gestión integral de residuos, que apunte a los objetivos anteriormente mencionados y que integre una participación activa de los ciudadanos, se deben considerar variables sociales para que las

medidas tomadas perduren en el tiempo y estos se sientan comprometidos, en donde para llegar a esto, es necesario un proceso de toma de decisiones consensuadas y de educación ambiental más allá de los establecimientos educacionales, sino que en junta de vecinos y distintos tipos de organizaciones sociales.

Es preciso destacar que, en cualquier proceso de reciclaje es posible obtener mejores resultados si estos son separados desde el origen, lo que actualmente solo se realiza por la iniciativa del usuario, ya que la normativa vigente no obliga y ni sanciona al respecto. Sin embargo, prontamente esto será normado y los ciudadanos deberán segregar y entregar de manera diferenciada ciertos residuos, considerando solamente la fracción de envases y embalajes, los cuales serán recolectados y financiado por privados, gracias a la implementación de los reglamentos relacionados a Ley 20.920, generando un cambio cultural en el modo de cómo los ciudadanos se relacionan habitualmente con los residuos, descartando y juntando todo en una misma bolsa, dando oportunidad para formular una mejor gestión con los orgánicos, donde las municipalidades serán las responsables de esto, tal como ocurre en la mayoría de los países de la OCDE.

Con el compromiso y recursos, además de una organización y estrategia adecuada, es posible cambiar el enfoque tradicional y dar un vuelco hacia un manejo ambientalmente racional de la basura, reduciendo las grandes inversiones y complejidades que requieren la implementación y operación de rellenos sanitarios, abriendo mercados para materiales con potencial de valorización, obteniendo beneficios tanto ambientales, sociales y económicos frente a este tema.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Proponer fundamentos para la gestión de residuos orgánicos domiciliarios a nivel local.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la metodología y orgánica utilizada en la gestión de residuos orgánicos domiciliarios.
- Analizar metodologías, modelos y experiencias de gestión de residuos orgánicos domiciliarios.
- Analizar la situación actual de la valorización de residuos orgánicos domiciliarios.
- Evaluar fundamentos para formular una propuesta de gestión de residuos orgánicos domiciliarios a nivel municipal.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 Los residuos

Existen distintas definiciones de residuos, debido al enfoque que se les dan a estos. A continuación, se presentarán distintas definiciones de residuos, para poder comprender este término en todas sus dimensiones y poder comprender la raíz de nuestro trabajo.

La legislación chilena define a este término como una “sustancia u objeto que su generador desecha o tiene la intención u obligación de desechar de acuerdo a la normativa vigente”².

En su acepción más sencilla, en general, los residuos son partes que quedan de un todo, de un cuerpo, luego que han sufrido un proceso de transformación natural o artificial que puede modificar o no sus características fisicoquímicas y estructurales iniciales. En términos estrictamente físicos, los residuos son consecuencia de la transformación de la materia y la energía (Pravia et al, 1996).

Una definición más o menos elaborada de residuo es aquella que considera que "el término residuo comprende todo bien u objeto que se obtiene a la vez que el producto principal, e incluye tanto los que han devenido inprovechables ("desechos"), como los que simplemente subsisten después de cualquier tipo de proceso ("restos" o "residuos" propiamente dichos)" (Campins, 1994).

² Ley N°20.090 “Establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje”

Basados en estas consideraciones preliminares, se podría definir un residuo como un recurso fuera de las coordenadas espacio-tiempo de interés inmediato para el Universo Antrópico (Pravia, 1996).

2.1.2 Clasificación de los residuos

La clasificación de los residuos está dada por distintos enfoques, ya que estos pueden ser evaluados de distintos parámetros y en base a su clasificación determinara el régimen para su manejo posterior. En la clasificación de los residuos se considerarán, entre otros parámetros, el origen o actividad emisora, la toxicidad y peligrosidad, el tamaño, la naturaleza química de los materiales emisores, y los parámetros físico-químico, en general. En primer lugar, se definirán los contaminantes según su fuente de origen:

Residuos urbanos o municipales: Son aquellos residuos que provienen de cualquier actividad realizada en zonas urbanas o en sus áreas de influencia, como los provenientes de podas, talas, ferias libres, residuos domiciliarios, entre otros (Sztern et al, 1999). Cabe mencionar que, la definición de residuo, según la NCh 2880, consiste en una sustancia, elemento u objeto cuya eliminación el generador procede, se propone proceder o está obligado a proceder en virtud de la legislación vigente.

Residuos industriales: Es todo aquel residuo sólido o líquido, o combinaciones de éstos, provenientes de los procesos industriales y que por sus características físicas, químicas o microbiológicas, no pueden asimilarse a los residuos sólidos domésticos³

³ DS N°745/92 del Ministerio de Salud “Establece el reglamento sobre condiciones ambientales y sanitarias mínimas en los lugares de trabajo”

Residuos no peligrosos valorizables (RV): Corresponden a aquellos que tienen un valor económico y que pueden ser sometidos a un proceso de reciclaje o valorización energética. En el primer caso, puede referirse a residuos reciclables (RR) y en el segundo, a residuos valorizables energéticamente (RVE).⁴

Residuo peligroso: Residuo o mezcla de residuos que presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar algunas de las siguientes características señaladas en el D.S. 148/03 MINSAL, Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos, los que se describen a continuación:

- Toxicidad aguda
- Toxicidad crónica
- Toxicidad extrínseca
- Inflamabilidad
- Reactividad
- Corrosividad

Residuos no peligrosos: Son aquellos producidos por el generador en cualquier lugar y en desarrollo de su actividad, que no presentan riesgo para la salud humana y el medio ambiente, ni tampoco presentan las características indicadas para residuo peligroso en el D.S. 148/03 MINSAL.

2.1.3 Clasificación de los residuos según su naturaleza química y origen

⁴ Ley N° 20.920, “Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje”

Toda clasificación tiende a simplificar la realidad y no abarca todos los casos posibles que se generan, por la heterogeneidad en la composición de la naturaleza química e interrelaciones directas e indirectas de las actividades generadoras. Realizada esta aclaración, se aplicará como criterio de clasificación, para los objetivos de este estudio la naturaleza química de los materiales emisores y aquellas actividades que generan residuos con neto predominio de materiales orgánicos. La clasificación por la naturaleza química permite establecer dos categorías de residuos: residuos inorgánicos o abiógenos y residuos orgánicos o biógenos⁵.

Residuos inorgánicos: Incluye todos aquellos residuos de origen mineral y sustancias o compuestos sintetizados por el hombre. Dentro de esta categoría se incluyen habitualmente metales, plásticos, vidrios, etc. Desechos provenientes de agro tóxicos, agroquímicos, fitosanitarios y agro veterinarios, son en su mayoría de origen sintético y con un gran efecto residual. Si bien estos residuos requieren un análisis particular y no son objeto de este trabajo, debe considerarse que los mismos representan importantes insumos en los sectores productivos y su efecto residual puede modificar sustancialmente las características y propiedades de los residuos orgánicos.

Residuos orgánicos: Se refiere a todos aquellos que tienen su origen en los seres vivos, animales o vegetales. Incluye una gran diversidad de residuos que se originan naturalmente durante el “ciclo vital”, como consecuencia de las funciones fisiológicas de mantenimiento y perpetuación o son producto de la explotación por el hombre de los recursos bióticos.

⁵ Manual para la Elaboración de Compost. Bases Conceptuales y Procedimientos”, Organización Panamericana de la Salud, OMS.

El contenido de humedad es otro parámetro a considerar en los residuos orgánicos. La humedad varía de un pequeño porcentaje, como en el caso de residuos de cosechas, hasta un 90% en el caso de lodos, aguas negras y otros desechos líquidos. El contenido en humedad puede llegar a condicionar, las alternativas de tratamiento. (Pravia et al, 1999).

2.1.4 Impacto medio ambiental generado por los residuos sólidos domiciliarios

Durante muchos años, la gestión de residuos domiciliarios era limitada a la recogida y transporte hacia sitios de disposición final, sin recibir algún tratamiento o proceso de valorización. Sin bien es cierto, las condiciones de higiene y seguridad de estos sitios en su mayoría cumplen con los estándares normados, este método se encuentra en el último nivel de la jerarquía para el manejo de RSD del MMA, debido al alto potencial de impacto ambiental debido a la generación de lixiviados generados por la descomposición de los residuos sólidos, como también la emisión de gases.

El ritmo acelerado de crecimiento de las ciudades y sus tasas de generación de basura, hace que el medio ambiente natural y urbano no tenga la capacidad de resiliencia suficiente, generando impactos en los distintos componentes ambientales (agua, suelo y aire) causando, además, impactos negativos sobre la salubridad pública y en lo económico. Este problema a nivel mundial se ha generado porque, aunque se han desarrollado modelos para su manejo, las estrategias aplicadas no son suficientes en comparación con los volúmenes diarios que se generan, por lo que es necesario buscar alternativas para evitar que los residuos domiciliarios terminen en sitios de disposición final (rellenos sanitarios), y estos sean aprovechados de la mejor manera posible según sus

características, disminuyendo de este modo los distintos impactos ambientales que trae consigo la generación de residuos.

2.1.5 Gestión integral de residuos y sus fundamentos

“La gestión de residuos sólidos puede ser definida como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de residuos sólidos de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética y de otras consideraciones ambientales, y que también responde a las expectativas públicas (Tchovanoglous et al, 1994)”. Sin embargo, el modelo económico y sus políticas ha tenido la delantera frente a las regulaciones ambientales y esto ha sido reflejado en los distintos desastres ambientales ocurridos en el mundo, además del calentamiento global que hoy en día sufre el planeta debido al acelerado crecimiento económico y sus emisiones de gases de efecto invernadero, generando una situación crítica del ecosistema global, dado al esquema económico en donde se explotaba de manera indiscriminada los recursos naturales y la valorización de residuos es escasa.

Tradicionalmente, la tendencia que se presenta en el consumo de materias primas y recursos, es tomarlo y utilizarlo, para finalmente desecharlo cuando ya no es necesario para el objetivo inicial. A este concepto se le llama economía lineal, lo que trae consigo graves consecuencias debido a que, muchas veces, este desecho final puede ser aprovechado mediante distintos métodos.

El agotamiento de los recursos, la degradación medioambiental y el cambio climático plantean amenazas fundamentales para la seguridad humana. Por separado, o en combinación con otros factores, pueden desestabilizar las formas de vida, afectando negativamente a los ecosistemas y socavando la paz y el

desarrollo. El conflicto violento puede emerger allí donde las instituciones locales y nacionales carezcan de la capacidad para resolver disputas que puedan derivar de la degradación o el agotamiento de los recursos naturales. A medida que aumente la población, y el crecimiento económico, también lo hará la demanda y agotamiento de recursos escasos, además del potencial de surgimiento del conflicto. Por lo tanto, resulta crucial que los profesionales del desarrollo sepan cómo evitar los conflictos relacionados con los recursos naturales, y como contener y apaciguar los conflictos una vez que existan (ONU, 2016).

En el caso contrario, el modelo de economía circular propone un modelo distinto, en donde no considera los recursos naturales ilimitados como la economía lineal, sino que promueve un uso más eficiente las materias primas, considerando además que la generación de residuos es nula. Este enfoque pretende el mantenimiento y cuidado del medio ambiente, el cual trae consigo múltiples beneficios, basándose en el uso adecuado de los recursos al momento de consumir y producir cualquier tipo de producto. Así es como el impacto de la economía lineal en el clima implica la extracción y uso de materias primas que contribuyen al aumento no solo del consumo energético, sino de las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono). Por el otro lado la economía circular promueve un uso más inteligente de las materias primas, lo que quiere decir la reducción de emisiones contaminantes (Vanella, 2018), además de aprovechar las oportunidades que existen en la valorización de residuos.

Teniendo en consideración que, las distintas políticas y normativas asociadas al manejo integral de residuos van de la mano con el modelo de economía circular que propone un desarrollo sostenible, es necesario que los encargados (públicos y privados) de su ejecución y cumplimiento coordinen los esfuerzos de sus acciones para el cumplimiento efectivo en la gestión de residuos domiciliarios, fomentando la valorización de estos a través de estrategias adecuadas, para esto

el apoyo de los instrumentos de ordenamiento territorial serán relevantes debido a que la actuación en el territorio es directa y requiere de infraestructura para implementar los sistemas logísticos necesarios.

“Los aspectos institucionales y de gestión de los residuos sólidos tienen la máxima importancia en la ejecución de cualquier plan, programa o proyecto. Por muy bien diseñado que esté un programa o proyecto de manejo integral de residuos, si no cuenta con los elementos necesarios de gestión, no podrá ser llevado a cabo de manera satisfactoria” (Rondón et al, 2016). Entre estos elementos se encuentran la conciencia ambiental de los ciudadanos, competencias de las personas encargadas de diseñar e implementar la gestión de residuos y distintas obligaciones e incentivos para que un programa pueda desarrollarse con éxito, por lo que se considera necesario que todos los actores asuman un compromiso frente a las acciones que se lleven a cabo para el cumplimiento efectivo de un sistema integral de residuos, en donde el enfoque debe ser participativo de la ciudadanía y la toma de decisiones consensuada entre estos y la autoridad cumplen un rol esencial.

“Dentro de su ámbito, la gestión de residuos sólidos incluye todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de los residuos sólidos. Las soluciones pueden implicar relaciones interdisciplinarias complejas entre campos como la ciencia política, el urbanismo, la planificación regional, la geografía, la economía, la salud pública, la sociología, la demografía, las comunicaciones, la conservación, así como, la ingeniería y la ciencia de los materiales.” (Rondón et al, 2016). Es por esto que, las políticas públicas y estrategias relacionadas a este tema en Chile son articuladas por la Secretaria Ejecutiva Nacional de Residuos, la que se compone por distintos Ministerios y organismos a fin en el caso de las regionales por sus correspondientes Secretarías Ministeriales entregando, cada

una de ellas, un punto de vista muy particular, encargándose de planificar, coordinar, realizar seguimientos e implementar las acciones fijadas.

La Guía General para la Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios (Rondón et al, 2016) indica que la entidad o instancia coordinadora que regule este tema de contemplar los siguientes aspectos:

- Elaborar un diagnóstico de la situación nacional con respecto al manejo de RSU y un sistema dinámico de información que permita conocer la situación permanentemente.
- Fijar políticas y estrategias.
- Elaborar un plan nacional con metas, en lo referente al manejo integral de RSU, es decir para el reciclaje, recolección, tratamiento y disposición final.
- Determinar las actividades de apoyo necesarias para permitir la consecución del plan, identificando las necesidades de legislación, regulación y normatividad, tanto ambientales como económicas.
- Establecer los instrumentos financieros como ventanillas de créditos de pre inversión e inversión en RSU, para los municipios.
- Establecer planes de capacitación técnica, educación sanitaria y de participación comunitaria.

El mismo documento indica que, para desarrollar un Plan de Gestión integral de residuos se debe considerar la formulación de una regulación económica de ciertos aspectos y fases como los son:

- Definir las características económicas de cada uno. Por ejemplo, la recolección y el transporte se definen como bienes semipúblicos, el barrido como bien público y la disposición final como bien privado.
- Determinar los sujetos de la regulación. Estos son los generadores (productores, comerciantes y usuarios finales) y los operadores (recolectores, operadores de rellenos, cobradores del servicio y recicladores).

- Definir las implicaciones sectoriales del servicio. Estas generalmente serán la salud, el ambiente, el presupuesto público, la calidad de vida, el desarrollo urbano, la economía familiar, el comercio internacional, entre otros.
- Definir los objetivos de la regulación (en función de lo anterior). Por ejemplo, minimizar los efectos sobre el medio ambiente y la salud, crear condiciones socioeconómicas para su prestación, optimizar el uso de recursos y garantizar su prestación a largo plazo.
- Identificar esquemas posibles de regulación, incluyendo la revisión de experiencias nacionales e internacionales, y evaluando su viabilidad legal, social, política y económica. El esquema debe precisar las obligaciones y responsabilidades, el sistema de control, el sistema de incentivos y penalidades y el arreglo institucional.

La Gestión integral de residuos no es lo mismo que el proyecto técnico de ingeniería. Sin embargo, estos se complementan en la práctica. “El proyecto de ingeniería debe responder a las preguntas ¿Por qué?, ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Cuánto? y ¿Cuándo?. Para que este último sea viable, la GIR proporciona el marco para el cumplimiento político, legal, financiero, ambiental y social.” (Rondón et al, 2016). De este modo, lo primero es establecer el plan y barajar las alternativas, para luego realizar el proyecto más adecuado.

Considerando las características de cada territorio y una gestión a nivel local, las distintas operaciones que se realizan en la gestión de residuos, durante todo el proceso, pueden ser realizadas por estas mismas o tercerizar servicios, dependiendo de la capacidad y recursos de cada municipalidad, así como del modo en que esta diseña la articulación de todas las acciones. En caso de que se realicen a través de terceros, la autoridad local deberá llamar a licitación, la cual deberá cumplir con ciertas condiciones.

Ya sea a un nivel de gestión nacional, regional o local, además de definir políticas, planes, estrategias o en sí misma un sistema de gestión integral de residuos, los encargados deberán cumplir con distintos aspectos legales y de regulación, ambientales, institucionales, entre otros.

2.1.6 Jerarquía de la gestión integral de residuos sólidos (GIRS) del ministerio del Medio Ambiente

El objetivo de la GIRS es velar siempre por un manejo ambientalmente racional, utilizando las mejores prácticas ambientales, a través de las mejores técnicas disponibles, barajando todas las alternativas posibles, cumpliendo con los principios de jerarquía del manejo de residuos, todo esto considerando los distintos principios rectores⁶

La finalidad de la gestión de residuos es disminuir los costos asociados a su tratamiento como también la de su disposición final, no solo para alcanzar una mayor competitividad, sino que como pilar fundamental para el desarrollo de una sociedad sustentable, para lograr esto es necesario desarrollar mecanismos adecuados para que en primera instancia se haga una prevención en cuanto a la generación de estos y valorizando aquellos que posean un potencial para esto y como en última instancia la disposición final. El criterio de aplicación para este fin será explicado mediante la Figura 2.1, que explica la jerarquía de cada método de aplicación, suponiendo acciones desde antes de su generación hasta su disposición final⁷.

⁶ Ley N°20.920

⁷ Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, de la Comisión Nacional de Medio Ambiente.

Figura.2.1 Jerarquía en la gestión de residuos



Fuente: Gestión Integral de Residuos Sólidos, Comisión Nacional de Medio Ambiente

Los instrumentos de gestión deben promover una estrategia jerarquizada la cual señala la siguiente prioridad: evitar, minimizar, tratar y finalmente disponer. A continuación, se definirá cada etapa, en la jerarquía de la política nacional de residuos:

Prevención: Conjunto de medidas adoptadas en la fase de concepción y diseño, de producción, de distribución y de consumo de una sustancia u objeto para reducir: (i) la cantidad de residuo, incluso mediante la reutilización de los productos o el alargamiento de su vida útil; (ii) los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana de los residuos generados, incluyendo el ahorro en el uso de materiales o energía; o (iii) el contenido de sustancias nocivas en materiales y productos.

Valorización: Conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar un residuo, uno o varios de los materiales que lo componen y/o el poder calorífico de los mismos, sin poner en riesgo el medio ambiente. Se asocia a las acciones de: i) reutilización: acción mediante la cual productos o componentes de

productos que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos; ii) reciclaje: empleo de un residuo como insumo o materia prima en un proceso productivo distinto del que lo generó, incluyendo el co-procesamiento y compostaje, pero excluyendo la valorización energética; y iii) valorización energética: empleo de un residuo como combustible en un proceso productivo.

Eliminación: Acciones que tienen por objeto disponer en forma definitiva los residuos o la destrucción total o parcial de los mismos en lugares autorizados.

2.1.7 Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es un instrumento para mejorar el desarrollo de la gestión ambiental y nace de la adquisición de conciencia e interés frente al cuidado del medio ambiente y los recursos naturales, frente a los impactos asociados a procesos industriales de manufacturación como consumo de la sociedad, en general, para comprender de mejor manera tanto los aspectos ambientales (AA) y sus impactos ambientales (IA) en cada etapa del ciclo.

El ACV, según la norma ISO 14040, puede ayudar a:

- la identificación de oportunidades para mejorar el desempeño ambiental de productos en las distintas etapas de su ciclo de vida,
- la aportación de información a quienes toman decisiones en la industria, organizaciones gubernamentales o no gubernamentales (por ejemplo, para la planificación estratégica, el establecimiento de prioridades, el diseño y rediseño de productos o procesos),
- la selección de los indicadores de desempeño ambiental pertinentes, incluyendo técnicas de medición, y

- el marketing (por ejemplo, implementando un esquema de etiquetado ambiental, elaborando una reivindicación ambiental, o de una declaración ambiental de producto).

La aplicación del ACV contribuye a la selección de la o las alternativas para el tratamiento más adecuado de los residuos en función de los impactos ambientales (IA) más significativos según su caracterización, considerando la eficiencia de cada fase del ciclo de vida.

La evaluación ambiental del proyecto es diseñada a partir del documento marco ISO 14040 (Principios y marco de referencia para el ACV) e ISO 14044 (Requisitos y directrices para el ACV), adoptadas en español por AENOR como UNE-EN ISO 14040 y UNE-EN ISO 14044.” (Gomes et al, 2016).

La norma ISO 14040 indica cuatro fases para un estudio de ACV:

- a) la fase de definición del objetivo y el alcance,
- b) la fase de análisis del inventario,
- c) la fase de evaluación del impacto ambiental, y
- d) la fase de interpretación.

El alcance de un ACV, incluyendo los límites del sistema y el nivel de detalle, depende del tema y del uso previsto del estudio. La profundidad y amplitud del ACV puede diferir considerablemente dependiendo del objetivo de un ACV, en particular.

La fase de análisis del inventario del ciclo de vida (fase ICV), es la segunda fase del ACV. Es un inventario de los datos de entrada/salida en relación con el sistema bajo estudio. Implica la recopilación de los datos necesarios para cumplir los objetivos del estudio definido.

La fase de evaluación del impacto del ciclo de vida (fase EICV), es la tercera fase del ACV. El objetivo de la EICV es proporcionar información adicional para ayudar a evaluar los resultados del inventario del ciclo de vida (ICV) de un sistema del producto a fin de comprender mejor su importancia ambiental.

La interpretación del ciclo de vida es la fase final del procedimiento de ACV, en la cual se resumen y discuten los resultados del ICV o del EICV, o de ambos, como base para las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y alcance definidos.

2.1.8 Valorización de residuos orgánicos

La valorización de la fracción orgánica de los residuos sólidos domiciliarios representa una gran oportunidad para aprovechar las distintas propiedades de estos, además de disminuir la presión ejercida (ver Figura 1.1) hacia los rellenos sanitarios y extender su vida útil de manera considerable al ser, en promedio, más del 50% del total. Esto significa que, si se logran establecer medidas para la recuperación a gran escala e incluyendo a todos los generadores, se estiman importantes niveles de descontaminación ambiental y mejoras en la calidad de vida, a través de esta provechosa práctica.

Esta valorización de estos residuos sólidos domiciliarios puede ser realizada mediante distintas técnicas, desde la incineración, en donde se aprovecha su poder calorífico de manera anaeróbica, mediante biodigestores, y aeróbicamente a través del compostaje y/o lombricultura.

La primera técnica no resulta ser muy provechosa debido a la generación de gases de efecto invernadero en la combustión y su poca eficiencia. Los

biodigestores representan un nivel de dificultad mayor debido a que los parámetros deben ser regulados acondicionando el digestor de acuerdo a los volúmenes y la composición de la fracción orgánica que se pretende tratar, pero ofrece la oportunidad de la recuperación del biogás generado durante el proceso. Sin embargo, los costos de su implementación son considerablemente mayores que a los del compostaje, pero tiene la particularidad de procesar la materia orgánica en un tiempo mucho menor que este.

El compostaje resulta ser una provechosa técnica ya que, con insumos básicos, es posible obtener un producto estable e higienizado, que se caracteriza por ser un recuperador de suelos con gran potencial, por su alta actividad microbiana, su capacidad para mejorar el estado de retención agua por su granulometría, favoreciendo la respiración radicular y su capacidad nutricional.

Al desviar del relleno sanitario la fracción orgánica de los RSD, se contribuye a la disminución de las emisiones descontroladas de estos sitios de disposición final, en donde el principal componente es el metano, seguido del dióxido de carbono y nitrógeno, entre otros, considerando que “el metano es el segundo mayor contribuyente al calentamiento global entre los gases de efecto invernadero, después del dióxido de carbono; el potencial de calentamiento global del metano (en un horizonte temporal de 100 años) es 21 veces mayor que el del dióxido de carbono. Sin embargo, debido a su tiempo de vida atmosférico más corto (de 12 años), se estima que las emisiones totales sólo deberán reducirse en aproximadamente el 8% de los niveles actuales para estabilizar las concentraciones de metano [7]” (Camargo y Vélez, 2009).

En estos sitios de disposición final, durante los últimos años se han implementado sistemas para la recuperación del biogás generado por la descomposición anaerobia de la materia orgánica. Sin embargo, debido a las características de

los equipos de captación, en sus mejores casos logran recuperar solo un 60%, debido a las fugas existentes en las coberturas, la presencia de oxígeno en capas superiores evitando la fermentación, entre otras causas que dependerán del contexto de cada lugar.

Este tipo de prácticas va con los lineamientos de las políticas ambientales de Chile y el mundo, por lo que su desarrollo e investigación para el levantamiento de información al respecto es crucial para obtener un retorno adecuado que retroalimente la experiencia, esto para poder tomar decisiones al respecto con el respaldo adecuado.

2.1.8.1 Fuentes de Residuos Orgánicos

Las fuentes generadoras de residuos orgánicos son muy variadas. A continuación se mencionan las expuestas en la NCH28880:

- a) Residuos orgánicos de la producción agrícola de frutas, hortalizas, legumbres, cereales, fibras, aceites comestibles, tabaco y otros similares.
- b) Residuos orgánicos de industrias de conservas, deshidratados, congelados, *packings*, industrias de tabaco e industrias de levaduras.
- c) Residuos orgánicos de producción pecuaria primaria.
- d) Residuos orgánicos de industrias de preparación y transformación de carnes, pescado y otros de origen animal.
- e) Residuos orgánicos de la industria azucarera.
- f) Residuos orgánicos de la industria lechera.
- g) Residuos orgánicos de la industria panadera, pastelera y confitera.
- h) Residuos orgánicos de la industria de bebidas alcohólicas y analcohólicas. Se excluye residuos de té, café y cacao.
- i) Residuos de industria de reciclaje de papel.
- j) Residuos producto de selección en procesos de la industria de fibras

naturales

- k) Residuos de la industria del cuero que no contengan cromo.
- l) Residuos orgánicos domiciliarios.
- m) Otras que establezca la autoridad competente.

Esto da muestra de la gran gama de residuos orgánicos resultantes de distintos procesos y consumo, ofreciendo oportunidades para su aprovechamiento, sin embargo, cada uno de ellos representa desafíos distintos en cuanto a su complejidad en el tratamiento debido a sus características.

2.1.8.2 Tipos de técnicas y métodos (aerobia y anaeróbica) para valorización de residuos orgánicos

Los principales métodos de compostaje son el de pila con volteo, técnica utilizada en el proceso de compostaje basada en el apilamiento e inversión frecuente del material, lo que permite lograr la aireación necesaria y una mezcla completa del material. Esta técnica hace posible desplazar el material que se encuentra al exterior de la pila hacia el interior, facilitando que toda la masa en elaboración pueda alcanzar las temperaturas - tiempos de pasteurización requeridos (Córdoba, 2006), y el método de pila estática aireada, técnica utilizada en el proceso de compostaje, que permite un control de la aireación y de otros parámetros importantes del proceso, especialmente temperatura y humedad. Utiliza un sistema de tuberías perforadas conectado a una bomba, que permite succionar e insuflar aire a la pila (Córdoba, 2006). Este tipo de técnicas, en la actualidad es posible optimizarlo mediante la aplicación de un pre tratamiento el cual, mediante equipo mecánico simple y productos (enzimas y catalizadores), posibilitan disminuir el tiempo del proceso, contribuyendo a la disminución costos e impactos ambientales.

En cuanto a los tipos de digestores, estos existen desde sencillos sistemas a bajo costo para el tratamiento de cantidades domésticas hasta sistemas de alta complejidad que encarecen de manera considerable su implementación dado que estos están diseñados para procesar grandes cantidades de residuos orgánicos. Además, el tipo de sistema estará condicionado a la composición del sustrato y el pre tratamiento de este.

Según indica Basurto (2013), los sistemas de digestión anaeróbica suelen diferenciarse en:

- El tipo de carga del sustrato: continuo (una o varias etapas) o discontinuo
- La concentración del sólido en el sustrato (vía húmeda o seca)
- El tipo de reactor: de mezcla completa o flujo pistón
- La agitación
- La recirculación del efluente
- La temperatura: psicrófilos, mesófilos o termófilos

2.1.9 Antecedentes generales de los avances de la valorización de residuos orgánicos en Europa

El tema de los impactos ambientales generados por los rellenos sanitarios, y su contribución al calentamiento global debido a los gases de efecto invernadero en la región de Sudamérica, ha sido abordado de manera incipiente en cuanto desarrollo de gestión una integral de los residuos domiciliarios que fomente la recuperación valorización de residuos, siendo la mayoría de ellos piloto y sin una continuidad a largo plazo, dado que en la mayoría de los países no existe una normativa que exijan este tipo de prácticas. Es por esto que, la información respecto a proyectos exitosos es escasa y los encargados de la gestión de residuos que han logrado establecer sistemas que incluyan la recuperación de la fracción orgánica de los RSD en origen han sido netamente por un fuerte

compromiso de la autoridad comunal y el equipo de trabajo a cargo de las funciones.

El marco jurídico, en cuanto a los desechos en Europa, es establecido por la Dirección de Desechos de la Unión Europea (UE), en donde este no es aplicado de manera directa, sino que deben ser adaptados por los países miembros. La directiva de la UE, en el marco de los residuos en sus primeros años, era enfocado en la correcta disposición de los desechos en sitios incineración y rellenos sanitarios, procurando que “tuvieran lugar sin causar riesgos no aceptables a la salud y el medio ambiente, en otras palabras, se aceptaba que un fenómeno como tal existía y no podía ser influenciado” (CEPAL, 1995).

En los años ´80, se tuvo la convicción que era necesario plantear un énfasis en la prevención y reciclaje de los residuos, dado el aumento del volumen de generación en países desarrollados, así como también las dificultades de emplazamiento de sitios de disposición final e incineración debido a la poca aceptación de las comunidades por lo impactos generados por este tipo de sitios. Este énfasis fue dirigido principalmente al reciclaje, pese a que la prevención habría sido preferible, ya que la recuperación de materiales en si presenta complejidades y riesgos para la salud y el medio ambiente. Ejemplo de esto es la implementación del sistema dual de recolección en la legislación alemana, a principios de los ´90, en donde se estableció que ciertos productos tipificados en la norma, debían de ser recuperados y valorizados a través de una gestión individual o colectiva por los mismos productores de estos.

Otro principio añadido por la UE es el principio de quien contamina paga, dado que no se considera que el estado ni las municipalidades sean los encargados de financiar la eliminación de desechos, sino que también los productores y

consumidores finales, por lo que se plantea la idea de internalizar los costos de eliminación en el precio de los productos (CEPAL, 1995).

En los años '70 comenzaron los primeros intentos serios en cuanto a la valorización de residuos, generando infraestructura y centros de tratamiento, en donde los RSD eran ingresados al proceso sin separación previa. Estos centros pretendían recuperar la fracción orgánica mediante distintas operaciones para poder someterla a compostaje, en donde también se realizaba un reciclaje limitado de ciertos componentes como vidrio, metales entre otros valorizables de la época. Aquellos son denominados como plantas de tratamiento mecánico y biológico (MBT) y su resultado, además de los residuos inorgánicos recuperados y su posterior reciclaje, era un compost de baja calidad, debido a la gran contaminación de la materia orgánica por metales pesados y materiales inorgánicos al momento de su separación debido a la acción de molinos de martillo, trituradoras, tambores, entre otras operaciones unitarias realizadas en la línea de procesamiento, produciendo limitaciones para ingresar el producto al mercado. Ejemplo claro de la ineficiencia del proceso es que “había 18 plantas de RSU en funcionamiento en Alemania hasta 1983 con una capacidad total de la planta de alrededor de 0,5 millones de toneladas por año. Sin embargo, en 1985, la mayoría de estas plantas se habían cerrado” (Slater y Frederickson, 2001). De los hechos concluyen que, el proceso de compostaje es viable a largo plazo si la materia orgánica de los RSD es separada en origen mediante una estrategia adecuada, evitando de este modo su contaminación y obteniendo un flujo de entrada más óptimo para obtener resultados con características que cumplan con los estándares necesarios para su uso y supuesta comercialización.

El desarrollo del compostaje moderno en Europa y su piedra angular, fue el darse cuenta de que, para poder obtener un producto con mejores

características, era necesario que la materia orgánica no estuviera contaminada con otro tipo de residuos. Es por esto que, se comenzaron a desarrollar políticas y estándares al respecto, reflejando resultados en cuanto a la cantidad recuperada en el origen para ser tratada mediante compostaje, en comparación a los que no poseían legislación e infraestructura al respecto. Según estos antecedentes, se indica que en 1999 se recuperó relativamente poco material orgánico desde Reino Unido dado que estos no contaban ni con normativa ni infraestructura suficiente, “en contraste, los cinco países con políticas de segregación de fuentes e infraestructura, Austria, Bélgica, Dinamarca, Alemania y los Países Bajos, recolectan y compostan alrededor del 85% de todos los residuos orgánicos recogidos y compostados en la UE” (Slater y Frederickson, 2001), como lo señala la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 RSU recolectados y tratados y compost producido por los miembros de la UE, 1999

EU member state	Household organic waste		Compost produced
	Quantity of organic waste recovered ('000 tonnes)	Total recoverable in each country (%)	Quantity ('000 tonnes)
The Netherlands	1800	90	650
Denmark	500	55	250
Austria	1100	50	500
Germany	4000	45	2000
Belgium	320	34	160
Sweden	250	16	100
Luxembourg	7	14	3
Finland	70	10	30
UK	317	6	159
France	400	3	150
Italy	200	2	100
Portugal	0	0	0
Spain	0	0	0
Greece	0	0	0
Ireland	0	0	0
Total	8964	(total 15 recovered)	4102

Fuente: Slater y Frederickson, 2001

Lo anterior refleja que, es necesaria la implementación de regulaciones legales para lograr obtener resultados significativos en la recuperación y tratamiento de residuos orgánicos.

Alemania se destaca en este tema debido a su diversidad y avance en el tipo de infraestructura y tecnología empleada, como también en que sus políticas se adelantaron a las decisiones de la Directiva de la Unión Europea de Rellenos Sanitarios, prohibiendo la disposición final en rellenos sanitarios sin un tratamiento previo (Slater y Frederickson, 2001). Esto sugiere que la estabilización previa al relleno sanitario mediante MBT antes que la incineración puede ser factible, según estudios alemanes.

La Directiva de la Unión Europea de Rellenos Sanitarios, en aquellos años, incorpora distintas ideas y preocupaciones de los países que poseían un mayor desarrollo en el tema, proponiendo interesantes objetivos para:

- armonizar las normas sobre vertederos entre los Estados miembros;
- reducir las emisiones de gases de vertedero, exigiendo un límite en la cantidad de desechos municipales biodegradables a eliminarse en rellenos sanitarios.
- promover la recolección separada y el reciclaje / tratamiento de los MSW biodegradables; y
- aumentar el costo del relleno sanitario, de manera que refleje los costos totales, incluidos los costos ambientales.

El último punto en la actualidad es complejo, dado que los costos por tonelada dispuesta en un relleno sanitario es aproximadamente 14US\$ y el del compostaje esta entre 35 y 90US\$ por tonelada (Roca et al, 2016).

En el año 2000 la Comisión Europea de la Dirección General de Medio Ambiente de la UE publica un documento para la orientación del tratamiento de la materia biodegradable, estableciendo parámetros y estándares para el compost resultante,

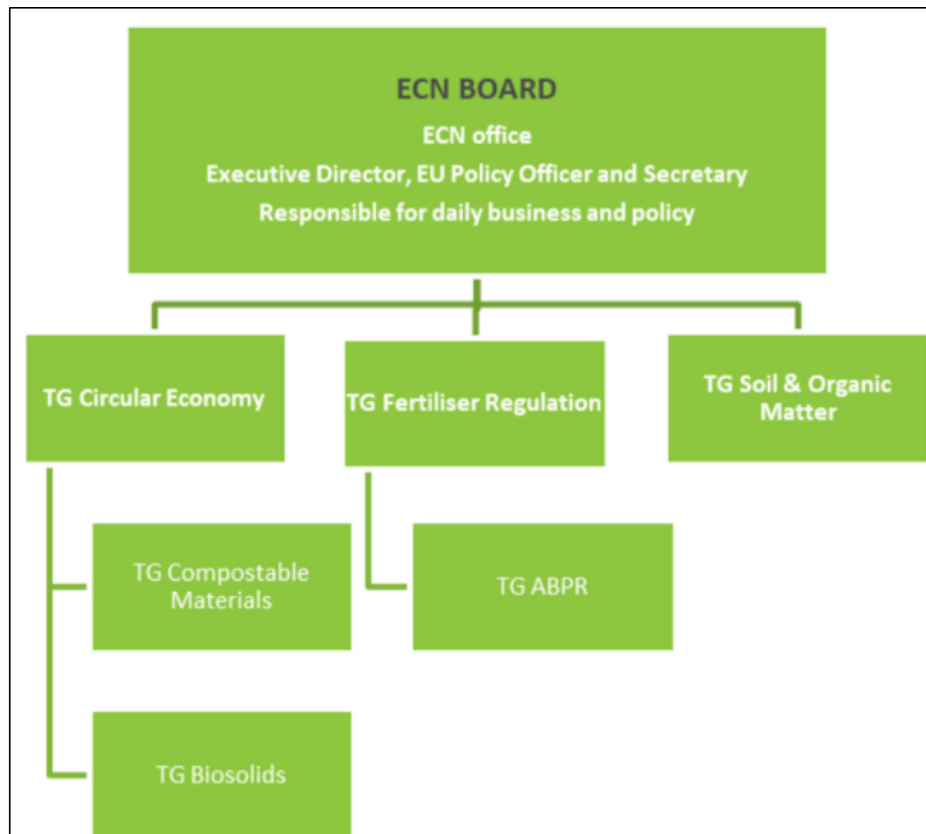
El documento de Slater y Frederickson, realiza un levantamiento del panorama en Reino Unido, en cuanto a gestión de residuos, donde se muestra que el 92% del compostaje era realizado en plantas centralizadas de tratamiento, las cuales poseían reducidos flujos de entrada y salida y que solo el 8% de los residuos orgánicos era tratado granjas o sitios administrados por la comunidad. Se identifican, además, las fuentes de residuos orgánicos biodegradable que se valorizan en Reino Unido, son restos de alimentos, jardín, papel y cartón, haciendo énfasis en que la materia prima utilizadas en este país para el proceso son, principalmente, los restos de jardín (93%), donde las 619.000 toneladas recuperadas de esta fuente en 1999, solo equivalen al 6% del total de residuos orgánicos con potencial de ser valorizados. Si se comparan estas cifras con Alemania, la que registro una tasa de recuperación del 77% en 1997, y que solo alrededor del 30% de las plantas manejaron exclusivamente desechos de jardines (Gruneklee, 1997), se puede concluir que para una gestión de residuos orgánicos ambiciosa que pretenda obtener una alta tasa de recuperación de esta fracción de la basura, debe abarcar la mayor cantidad de fuentes generadoras en cuanto a su recuperación y tratamiento.

Estas experiencias pueden orientar el enfoque que se debe optar para seleccionar las estrategias utilizadas para una gestión adecuada de los residuos orgánicos, considerando un enfoque sistémico en su manejo que deben tener estos, desde su generación y recuperación hasta los sitios de tratamiento, tomando en cuenta e identificando las distintas fuentes de

generación, así como también la proyección de la magnitud de esta, para determinar adecuadamente la capacidad de cada planta como también la cantidad de estas. Cabe hacer mención de la necesidad de desarrollar el mercado del producto final de los distintos métodos de valorización de residuos orgánicos.

En la actualidad, el tema se ha formalizado a través de la European Compost Network (ECN), organización que desde 2008 reúne a todos los profesionales europeos relacionados con el tratamiento biológico de residuos orgánicos (compostaje, digestión anaerobia, etc.). La finalidad de la misma es servir como nexo de unión y foro de discusión, enfocado a la fracción orgánica de los residuos, que permita a todos los implicados (políticos, investigadores, representantes de mundo empresarial, etc.) aunar esfuerzos en las políticas de reciclaje de los residuos orgánicos. La ECN ha subdividido su trabajo de política europea en 'Grupos de Trabajo' (ver Figura 2.6) para temas de política específicos, considerando políticas de economía circular, regulación de fertilizantes y de suelo. Lo anterior refleja la importancia que se le dio al tema en la Unión Europea, en donde el levantamiento de información de las distintas aristas desde donde se aborda la temática es fundamental para lograr avances significativos en base a experiencias reales.

Figura 2.2 Áreas de trabajo ECN



Fuente: compostnetwork.info

2.2 Marco Legal

2.2.1 Marco legal general para la gestión de residuos

En Chile existen diversas normativas que condicionan la gestión de residuos sólidos de distinto tipo. En la Tabla 2.2 se señalan aquellas que abarcan a los residuos, en general.

Tabla 2.2 Marco legal para la gestión de residuos sólidos

Normativas	Objetivo
Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades N° 18.695	<i>Establece por ley que la responsabilidad sobre el aseo y ornato de la comuna recae sobre los municipios.</i>
Decreto Supremo N° 4.740 del año 1947 “Sobre las normas Sanitarias Mínimas Municipales”	<i>Estipula que los municipios deben recolectar y someter a tratamiento adecuado para su higienización las basuras, residuos y desperdicios de la vía pública.</i>
Decreto con Fuerza de Ley N°725 del año 1968 “El Código Sanitario”	<i>Rige todo lo referente a la protección y recuperación de la salud de los habitantes, y regula aspectos específicos asociados a higiene, seguridad del ambiente y de los lugares de trabajo</i>
Política Nacional de Residuos Sólidos del año 2018-2030	<i>Garantiza el manejo ambientalmente adecuado de los residuos sólidos en un horizonte de planificación y magnitudes de inversión realistas</i>
Decreto Supremo N° 006 “Reglamento sobre manejo de residuos de establecimientos de atención de salud (REAS)” del año 2009	<i>Establece las condiciones sanitarias y de seguridad básica a las que deberá someterse el manejo de los residuos generados en establecimientos de atención de salud.</i>
Ley N°20920 “Establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje”	<i>Instrumento económico de gestión de residuos que obliga a los fabricantes de ciertos productos, a organizar y financiar la gestión de los residuos derivados de sus productos.</i>
Decreto Supremo N°148 “Aprueba reglamento sanitario para el manejo de residuos peligrosos”	<i>Reglamento que establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, rehusó, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.</i>
Decreto Supremo N°1 de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, reglamento del registro de emisiones y transferencias de contaminantes (RETC)	<i>base de datos accesible al público, destinada a capturar, recopilar, sistematizar, conservar, analizar y difundir la información sobre emisiones, residuos y transferencias de contaminantes potencialmente dañinos para la salud y el medio ambiente que son</i>

	<i>emitidos al entorno, generados en actividades industriales o no industriales o transferidos para su valorización o eliminación.</i>
--	--

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Marco legal para gestión de residuos orgánicos y tratamiento

El marco legal para la gestión de residuos orgánicos y el tratamiento de estos, se condiciona bajo las normas de la Tabla 2.3

Tabla 2.3 Marco legal para la gestión de residuos orgánicos y su tratamiento

Decreto N°47 “Fija Nuevo Texto de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones”	<i>Establece el uso de suelo para las distintas actividades (6 tipos) clasificadas para cada zona y el tipo de infraestructura permitida. Además, se establecen las infraestructuras que deben ser consideradas como sanitarias, en donde no aparecen explícitas, pero las plantas de compostaje son consideradas.</i>
Ordenanza Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS94-PRMS98-PRMS2006)	<i>Define el compostaje como una actividad industrial, salvo cuando corresponda a un procesamiento de las materias orgánicas en su lugar de origen, para ser empleadas en el mismo lugar. Además, clasifica el tipo de planta según la fuente de origen. 8</i>
Estudios de Mecánica de Suelo, informado favorablemente por Sernageomin	<i>Además de las disposiciones técnico-urbanísticas del Decreto N°47, la estación de planta de compostaje deberá ser aprobada favorablemente por el Sernageomin en este tipo de estudio.</i>
Estudio de Gases Dañinos	<i>Además de la disposiciones técnico-urbanísticas del Decreto N°47, la estación de planta de compostaje deberá ser aprobada favorablemente por el Seremi de Salud en este tipo de estudio</i>
Decreto N° 40 (MMA) Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)	<i>Señala el tipo de proyecto o actividad que debiera de someterse a SEIA y sus características en el artículo 3, en donde se indica que “Un proyecto de planta de compostaje debe ingresar al sistema de evaluación de impacto ambiental si atiende a una población igual o mayor 5.000 habitantes y/o trata al menos 30 t/día.”</i>
Ley N° 19.300 Aprueba ley sobre bases generales del medio ambiente	<i>En su artículo 10.- Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, son los siguientes, y su artículo 11.- Los proyectos o actividades enumerados en el artículo precedente requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto</i>

	<i>Ambiental, si generan o presentan a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias</i>
NCh2880.c2003 “Compost - Clasificación y requisitos”	<i>Establece los parámetros para la gestión nacional de residuos orgánicos en el territorio nacional, promoviendo su aplicación y evitando plagas que puedan venir integradas al producto.</i>
NCh 3382/2016 Gestión de Residuos - Plantas de compostaje - Consideraciones para el diseño y operación.	<i>Establece las consideraciones de diseño y operación de plantas de compostaje, estableciendo además las categorías a tratar en estas.</i>
Decreto N°119 Aprueba Reglamento de Seguridad de las Plantas de Biogás e Introduce Modificaciones al Reglamento de Instaladores de Gas	<i>Establece los requisitos mínimos desde su etapa de diseño hasta la etapa de operación de una planta de biogás (biodigestor), considerando indistintamente el tipo de sustrato y producto obtenido, así como también las personas jurídicas y naturales que interviene en dichas actividades para que se desarrollen de manera segura.</i>
Decreto Supremo N°594 de 1999 del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo. Decreto Supremo N°148 de 2003 del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos. 298/1994, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones que Reglamenta Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos.	<i>Estas normas establecen los requisitos para la autorización de transporte de residuos peligrosos y no peligrosos.</i>
Decreto Supremo N°1/2013 del MMA que aprueba Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes RETC. Decreto Supremo N° 148 de 2003 del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos	<i>Establecen la declaración de residuos en el sistema de información ambiental público RETC.</i>
Decreto Supremo N°594 de 1999 del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo. Decreto Supremo N°148 de 2003 del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos.	<i>Establecen los requisitos para la autorización del almacenamiento de residuos peligrosos y no peligrosos. También establecen las condiciones para la autorización de destino de residuos peligrosos y no peligrosos.</i>
Decreto Supremo N°594 de 1999 del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.	<i>Establece las condiciones para la autorización como sitio de disposición final de residuos no peligrosos.</i>

Decreto Supremo N°148 de 2003 del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligroso	<i>Establece las condiciones para el diseño y autorización de un plan de manejo de residuos peligrosos (PMRP), en la empresa que genere más de 12 kg/año de residuos tóxicos agudos ó 12 ton/año de residuos de cualquier característica de peligrosidad</i>
--	--

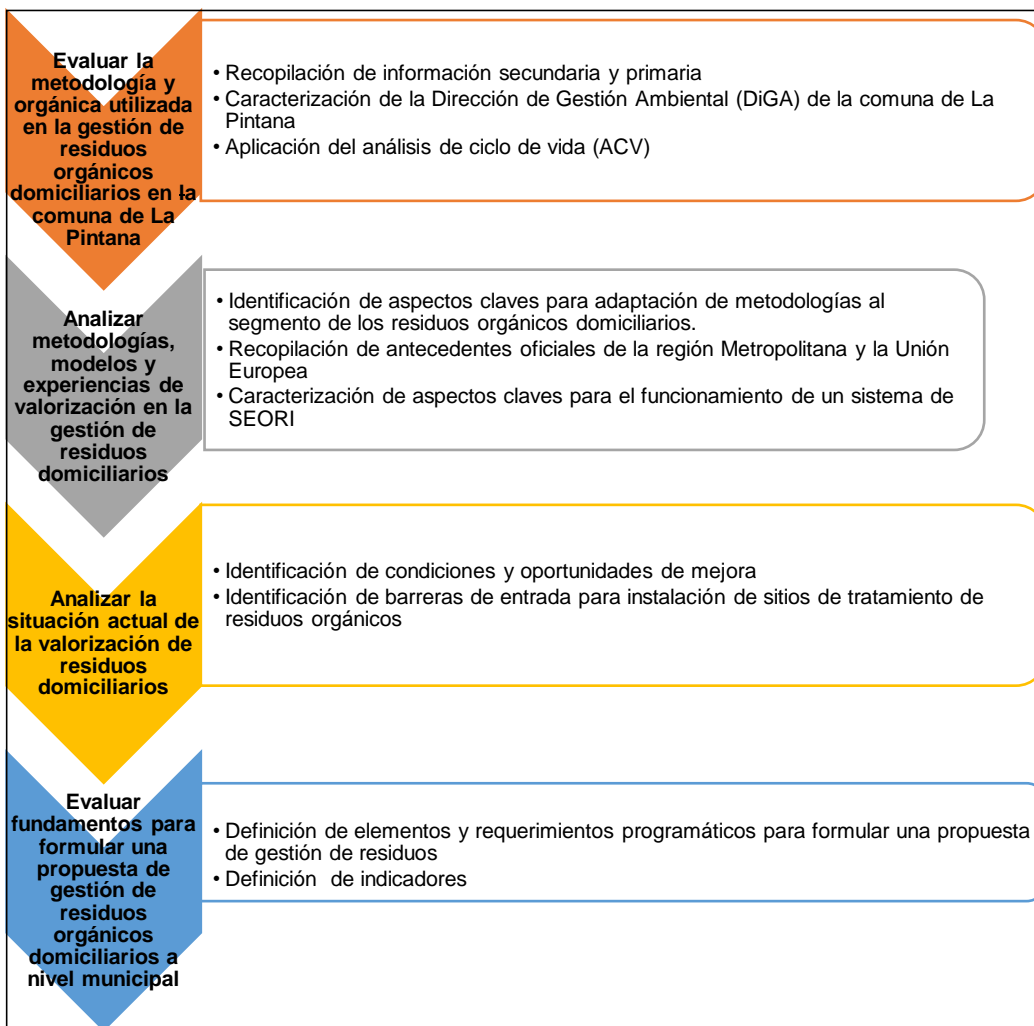
Fuente: Elaboración propia.

III. METODOLOGÍA

3.1 Metodología de Trabajo

En la Figura 3.1, el diagrama que resume la metodología empleada en el presente trabajo para poder alcanzar los objetivos propuestos, donde cada uno de ellos tendrá actividades que se definirán a continuación.

Figura 3.1 Metodología de trabajo



Fuente: Elaboración propia

3.2 Evaluación de la Metodología y Orgánica Utilizada en la Gestión de Residuos Orgánicos Domiciliarios de la Comuna de La Pintana

Esta experiencia real de gestión de residuos orgánicos, con datos extraídos directamente de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA) de la comuna de La Pintana a través de sus encargados, junto con otras experiencias reales, bibliografía, modelos y metodologías respecto a la gestión de residuos, servirán de respaldo para una propuesta de gestión de residuos orgánicos domiciliarios a nivel municipal. Considerando ciertos aspectos y factores funcionales para este objetivo, se indagó el modo en cómo se organiza la municipalidad para hacer frente a la gestión ambiental, específicamente en el manejo de este abundante componente de los residuos domiciliarios.

Para lograr esto, se recopilará información y se evaluarán las variables ambientales, identificando las virtudes y problemas de las metodologías estudiadas dentro de su proceso, como también aspectos relevantes que sean de interés.

3.2.1 Recopilación de información secundaria y primaria

Se realizará una revisión bibliográfica de la comuna en base a información secundaria, en cuanto a la cantidad de habitantes de la comuna, condición socioeconómica y superficie del territorio ocupado por la comuna. La información será recopilada de la página del Instituto Nacional de Estadísticas, con datos del último censo oficial realizado el año 2017, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) con información relacionada al uso de suelo y directamente de funcionarios de la unidad ambiental, el objetivo de esto será realizar un mapeo mediante sistema de información geográfico (SIG), para una mejor

representación espacial de la información recopilada y realizar los cálculos posteriores respecto a los impactos ambientales (IA) producidos durante el proceso a través de la aplicación del instrumento ambiental llamado análisis de ciclo de vida (ACV).

Se realizarán entrevistas de manera presencial mediante reuniones presenciales y online, a través de correo electrónico, a funcionarios de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA), de la comuna de La Pintana para obtención de datos respecto a:

- la cantidad recuperada de residuos domiciliarios dispuestos en relleno sanitario;
- la cantidad de residuos orgánicos domiciliarios recuperados para su tratamiento en el centro de tratamiento de la comuna y los huertos comunitarios;
- datos de la colecta y camiones recolectores (capacidad de camiones [m^3], n° de camiones y n° de días de recolección puerta a puerta a la semana);
- costos asociados de manera global; y
- caracterización de las estrategias empleadas para poder disminuir las cantidades de desechos orgánicos enviados a relleno sanitario

3.2.2 Caracterización de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA) de la comuna de La Pintana

Se realizará una caracterización de los departamentos que componen la unidad ambiental de la comuna de La Pintana, mediante una revisión de la orgánica en la página oficial de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA) complementada, además, con entrevistas que se realizarán a los funcionarios. Ésta se tomará como referente, ya que La Pintana es de las pocas municipalidades en Chile que

han podido consolidar un sistema para la recuperación de residuos orgánicos domiciliarios para su tratamiento que abarque gran parte de la comuna.

Se describirán de manera general los tipos de actividades que realiza cada departamento. También se comentará acerca del sistema certificación ambiental municipal (SCAM), en el cual esta comuna participa.

3.2.3 Aplicación del análisis del ciclo de vida (ACV)

El ACV se divide básicamente en cinco fases:

1. Definición de objetivo y alcance.
2. Análisis de inventario, generando diagramas para cada caso, identificando aspectos ambientales y sus correspondientes impactos ambientales.
3. Evaluación de los potenciales impactos ambientales y su cuantificación.
4. Interpretación de los resultados.
5. Evaluación crítica.

La etapa de definición de objetivo se basará en concretar una evaluación en una dimensión ambiental de los casos de estudio presentado para comparar rendimientos. En cuanto al alcance, esta se definirá gráficamente con ayuda de un sistema de información geográfico para una mejor representación

En la etapa de inventario se realizará la clasificación en relación a cuatro categorías de impactos ambientales:

1. El "contaminación atmosférica", mediante el levantamiento de las emisiones atmosféricas del vertedero, del transporte y del compostaje.
2. La "modificación de la calidad del suelo", con el potencial de contaminación si el lixiviado generado no se trata y se maneja de manera adecuada o por su tratamiento.

3. La "modificación de la calidad las aguas" con el potencial de contaminación si el lixiviado generado no se trata y se maneja de manera adecuada o por su tratamiento.
4. La "reducción de recursos naturales no renovables", a través del consumo de gasolina.

Para la evaluación cuantitativa en la etapa del inventario, se deberán definir y asumir las siguientes variables:

1. Para la recolección y transporte de los RSU, se debe definir el tipo de vehículo utilizado en cuanto a su capacidad [Ton] y rendimiento [Km*L]. Se establecerá una distancia media por viaje (incluyendo ruta recolección y transporte hacia el relleno sanitario).
2. Un relleno sanitario genera 270 Nm³ de biogás/ Ton de residuo. (Gomes et al, 2015). Para los cálculos de las emisiones de biogás, se obtendrá el valor de acuerdo a la tasa de segregación obtenida en cada unidad de estudio y el proporcional de acuerdo a este.
3. El compostaje genera solo el 20% del volumen de gas de un vertedero sin compostaje y que, de este valor, el 32% es CO₂ por lo tanto, se definirá que la generación de biogás en el compostaje es de 54 Nm³/Ton de residuos (Gomes et al, 2015)
4. Los valores de los gases de CO₂ y CH₄ son muy variados y dependen de las características de los residuos aterrizados, como las condiciones operativas y el clima, por lo tanto, se adoptarán los valores de 50% de CO₂ y 50% de CH₄ para la generación de biogás en rellenos sanitarios. Se utilizará la densidad de los gases de 0,716 Kg/ m³ de residuos para el CH₄ y 1,530 Kg/ m³ de residuos para el CO₂ Ton (Gomes et al, 2015)
5. La generación de lodo en el tratamiento del lixiviado varía entre 9 a 22 kg de residuos cada m³ tratado. Para efectos de este estudio se utilizará el valor de 15.5 kg/m³ (Gomes et al, 2015)

6. Para efectos prácticos, se definirán los porcentajes de cada componente del residuo orgánico generado por los habitantes de la comuna de La Pintana (ver Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Composición de residuos sólidos domiciliarios

Componente identificado	Porcentaje del componente identificado (%)
Materia orgánica	51,8
Papeles y Cartones	10,1
Escombro, cenizas y losas	9,2
Plásticos	12,6
Textiles	3,9
Metales	3,7
Vidrios	2,9
Huesos	0,8
Otros	5,1

Fuente: Elaboración propia, basado en el Estudio Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Región Metropolitana, UCV, 2006

7. Para la estimación de las emisiones provenientes del transporte se utilizarán los valores (Gomes et al, 2015) de la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Emisiones generadas por vehículos durante el transporte

Emisiones	kg emisiones / km generados en la recolección de residuos	Literatura
CO	0,025	Economy and Energy (2001)
CO ₂	1,210	
HC	0,006	
NO _x	0,033	
SO ₂	0,003	
MP	0,016	Silva e Kulay (2000)

Fuente: Gomes et al, 2015

8. Para la estimación del lixiviado generado durante el compostaje y relleno sanitario se utilizarán los valores de la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Lixiviado generado por material biodegradable en relleno sanitario y proceso de compostaje

Tipo de RSU por tipo de proceso	m^3 de lixiviado * ton^{-1} de residuo aterrizado	Literatura
Biodegradables en el relleno sanitario	0,15	McDougall <i>et al.</i> (2001)
Biodegradables en compostaje	0,15	

Fuente: Gomes et al, 2015

9. Para las estimaciones del compost producido y residuos del proceso, se utilizarán los datos de la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Datos del proceso de compostaje

Compostaje	(%)	Literatura
Compost	54	Gomes e Martins (2003)
desechos	6	
Pérdidas (agua y gases)	40	

Fuente: Gomes et al, 2015

10. Luego del levantamiento de los aspectos e impactos ambientales, con el fin de verificar qué escenario es el más crítico, se utilizará la siguiente metodología:

- Para cada aspecto ambiental (AA) levantado, se identificará el potencial impacto ambiental (IA) relacionado. Se considerarán cuatro criterios para el proceso de caracterización de los AAs e IAs, que son: situación operativa; probabilidad o frecuencia de ocurrencia; severidad; y grado de riesgo. El grado de riesgo es el resultado de la evaluación del aspecto

ambiental considerando la probabilidad y la gravedad de estos, multiplicando los valores estimados de cada uno de ellos, los cuales son categorizados de acuerdo al resultado obtenido de la multiplicación de ellos.

- Los potenciales impactos ambientales se clasificarán según su grado de riesgo en niveles: intolerable, serio, moderado, tolerable, menor y nulo.
- Las variables mencionadas, con su descripción y puntuación, se encuentran descritas en las Tablas 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9.

Tabla 3.5 Situación operacional

Situación	Descripción
Normal (N)	Situaciones esperadas y relacionadas con la rutina operacional.
Emergencia (E)	Eventos inesperados que pueden ocasionar daños graves al medio ambiente y /o a la salud del trabajador.

Fuente: Luciana Paulo Gomes et Al (2015), "Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem"

Tabla 3.6 La probabilidad o frecuencia de un aspecto ambiental ocurrir

Clase	Descripción	Frecuencia	Puntuación
Extremadamente remoto	El aspecto nunca ocurrió o está bajo control.	El aspecto ambiental ocurre en menos del 20% de las actividades.	1
Remoto	Aspecto ocurrido en empresas del sector.	El aspecto ambiental ocurre entre el 21 % a 40% de las actividades.	2
Posible	Aspecto ya ocurrió en empresas similares, o evento teóricamente	El aspecto ambiental ocurre entre el 41% y el 60% de las actividades.	3

	posible, sin registros.		
Frecuente	El aspecto ocurre en empresas eventualmente	El aspecto ambiental ocurre entre el 61% y el 80% de las actividades.	4
Muy Frecuente	Aspecto tiene gran historial de ocurrencia en empresas.	El aspecto ambiental ocurre en más del 81% de las actividades.	5

Fuente: Luciana Paulo Gomes et Al (2015), "Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem"

Tabla 3.7 Gravedad de un impacto medioambiental (intensidad potencial y/o severidad del impacto)

Severidad	Característica	Puntuación
Nulo	Inexistencia de impacto ambiental	0
Leve	Impacto Ambiental restringido al lugar de ocurrencia.	1
Moderado	Impacto ambiental restringido a la empresa, reversible con acciones mitigadoras.	2
Serio	Impacto Ambiental restringido o no a la empresa, reversible con acciones mitigadoras o correctivas.	3
Grave	Impacto Ambiental restringido o no a la empresa, reversible con acciones correctivas.	4
Catastrófico	Impacto Ambiental restringido o no a la empresa, con consecuencias irreversibles incluso con acciones correctivas.	5

Fuente: Luciana Paulo Gomes et Al (2015), "Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem"

Tabla 3.8 Evaluación del grado de riesgo

Grado de riesgo	Característica	Puntuación
Nulo (Nu)	nivel libre de riesgo	0
Menor (ME)	grado de riesgo menor	1 a 4
Tolerable (TO)	nivel de riesgo tolerable	5 al 9

Moderado (MO)	grado moderado de riesgo	10 a 12
Grave (GR)	grado grave de riesgo	13 a 19
Intolerable (IN)	nivel de riesgo intolerable	20 a 25

Fuente: Adaptación de Luciana Paulo Gomes et Al (2015), "Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem"

Tabla 3.9 Calificación de grado de riesgo

		Probabilidad / frecuencia				
		1	2	3	4	5
Severidad del impacto	0	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
	1	menor	menor	menor	menor	tolerable
	2	menor	menor	tolerable	tolerable	moderado
	3	menor	tolerable	tolerable	moderado	grave
	4	menor	tolerable	moderado	grave	intolerable
	5	tolerable	moderado	grave	intolerable	intolerable

Fuente: Adaptación de Luciana Paulo Gomes et Al (2015), "Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem"

Todos los aspectos e impactos clasificados como "graves" e "intolerables" serán considerados "significativos". La evaluación se realizará para ambos escenarios, para luego comparar las puntuaciones resultantes en cada evaluación realizada.

En la interpretación, se llevará a cabo la identificación y análisis de los resultados obtenidos en las fases del inventario y la evaluación de los aspectos e impactos ambientales, de acuerdo con el objetivo y el alcance definido. Seguida esta fase, se considerará la minimización del uso de los recursos naturales, la generación de lodos y las emisiones atmosféricas responsables del calentamiento global, el agotamiento de la capa de ozono y la lluvia ácida, entre otros. También se evaluará la recuperación de materiales y la posibilidad de reducir las fuentes de contaminación (Gomes et al, 2015). De acuerdo a estos resultados se identificarán mejoras para cada etapa del ciclo de vida de los residuos sólidos.

3.3 Análisis de la Metodología y Experiencias de Gestión de Residuos de Residuos Domiciliarios orgánicos

Es importante siempre al realizar una gestión importante, de cualquiera sea la índole, hacer una revisión a experiencias ya realizadas para poder tener una visión de los errores y virtudes, pero lo más importante lograr desprender oportunidades de mejora en función de la obtención de mejores resultados. En este sentido es que se propone este objetivo.

3.3.1 Identificación de aspectos claves para adaptación de metodologías al segmento de los residuos orgánicos

Se realizará una revisión bibliográfica de documentos acerca de metodologías para la gestión de residuos domiciliarios. Estos corresponden a la “Metodología para el Ordenamiento de Residuos Domiciliarios”, de Urbina y Salas, del año 2017, con el fin de obtener referencias aceptadas con bases científicas acerca del tema.

De la bibliografía mencionada, se analizará cada etapa del ciclo de vida y elementos generales relacionados al modo de organizar la gestión de residuos domiciliarios, para identificar aspectos que hacen funcional este, con el fin de adaptar estos al manejo de la fracción orgánica. Posteriormente se elaborará una tabla para el ordenamiento de los resultados.

3.3.2 Recopilación de antecedentes oficiales de la región Metropolitana y la Unión Europea (UE)

Se revisarán documentos oficiales acerca de experiencias de valorización de residuos en la Región Metropolitana, que hayan tenido éxito en su implementación. El documento que se revisará, para recopilar antecedentes acerca del tema en la Región Metropolitana, será “Estrategias locales para la minimización de residuos. Diez experiencias municipales exitosas de la Región Metropolitana” (MMA, 2018).

Para recopilar información de experiencias de segregación en el origen (SEORI) en la UE, se analizará el documento elaborado por la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea “Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos (2000)”

A modo general, se identificarán, en primer lugar las experiencias que hayan implementado sistemas de recolección diferenciada de residuos, para luego determinar los elementos (capacitaciones, equipamiento, infraestructura, entre otros) que destaquen en cada etapa (generación, recogida, transporte, tratamiento y disposición final) del ciclo de vida de los residuos domiciliarios, para lograr que un programa de SEORI tenga éxito, considerando el carácter iterativo de este, logrando la reducción de las cantidades de residuos dispuestos en sitios de disposición final.

3.3.3 Caracterización de aspectos claves para el funcionamiento de un sistema de SEORI

Una vez realizada la identificación de los elementos que hacen funcional la operación de un sistema SEORI y recolección diferencial, se procederá a caracterizar cada uno de estos por cada etapa del ciclo de vida (CV) para, finalmente, consolidar esta información en una tabla.

3.4 Análisis de la Situación Actual de la Valorización de Residuos Domiciliarios en Chile

Es necesario que se evalúe la situación actual respecto a la valorización de residuos orgánicos domiciliarios, como también interiorizarse en la cultura de los ciudadanos en cuanto a su visión y comportamiento en el tema de los desechos que ellos mismos generan, volúmenes que cada día van en aumento debido al aumento del poder adquisitivo, los patrones de consumo y la escasa tasa de valorización.

3.4.1 Identificación de condiciones y oportunidades de mejora

Debido a las condiciones sanitarias a nivel mundial, respecto a la pandemia del COVID-19, no se puede encuestar en terreno y se trabajará con información secundaria del Informe de Ministerio de Medio Ambiente “Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018”, licitada por el MMA y realizada por la Dirección de Estudios Sociales (DESUC) del Instituto de Sociología de la Universidad Católica (ISUC). Se analizó el punto acerca de conductas de reciclaje, asociando cada pregunta y sus respuestas con la etapa de CV de los residuos sólidos domiciliarios para, finalmente, identificar oportunidades que se adapten a un programa de separación en el origen (SEORI) de residuos orgánicos y su tratamiento.

Este cuestionario es realizado a distintas personas de diversos estratos sociales y etarios, con el fin de obtener un panorama de diversos temas relacionados al medio ambiente en base a opiniones ambientales, comportamiento ambiental y sus principales preocupaciones acerca del tema. Los resultados son graficados para una mejor representación de ellos.

Para efectos del presente trabajo, se analizará solamente el punto 2.2 de la encuesta, “Declaración de Conductas de Reciclaje”, de cual se extrapolará información. Para esto se realizará una revisión de cada pregunta del cuestionario del módulo escogido y sus resultados, relacionando la pregunta a las fases de ciclo de vida de los residuos sólidos domiciliarios según corresponda. Luego de esto, se procederá a identificar oportunidades de mejora en cada pregunta, con énfasis en la prevención, recuperación y tratamiento de los residuos orgánicos, con el fin de integrarlas en la formulación de propuesta de gestión de residuos orgánicos.

3.4.2 Identificación de barreras de entrada para instalación de sitios de tratamiento de residuos orgánicos

Se analizará, de manera general, la normativa para identificar las barreras de entrada más complejas para la instalación de un sitio de valorización de residuos orgánicos. Uno de los documentos que será revisado es “Requisitos Ambientales, Sanitarios y de Uso de Suelo, Aplicable al Emplazamiento y Operación de Plantas de Compostaje u Otras Tecnologías en la RMS”, elaborado por Roca et al, para el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago. La revisión se realizará, específicamente, en el capítulo 3, en los puntos de Requerimientos de Uso de Suelo (análisis de localización y clasificación de las plantas de compostaje y disposiciones técnico urbanísticas), Requerimientos Ambientales (sistema de evaluación de impacto ambiental, requisitos de la calidad del compost y consideraciones para el diseño y operación de una planta de compostaje) y Requerimientos Sanitarios. Además, se analizará el documento Propuesta Estrategia Nacional de Residuos orgánicos 2020-2040 del MMA, la cual aborda temas de financiamiento, barreras regulatorias, involucración de la ciudadanía y demanda del producto resultante de la valorización.

3.5 Evaluación de los Fundamentos para Formular una Propuesta de Gestión de Residuos Orgánicos Domiciliarios a Nivel Municipal

El manejo de los residuos debe cumplir con las expectativas públicas que hoy en día se han basado en la economía circular, donde la recién publicada Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040 ha abordado el componente más abundante generado en los desechos domiciliarios, por lo que este documento servirá de referente en cuanto las metas que esperan cumplir en las siguientes dos décadas, el cual tiene como objetivo principal avanzar de un 1% de valorización de la fracción orgánica hacia un 66%, objetivo ambicioso que requiere generar una cartera de alternativas para las distintas etapas del ciclo de vida (CV) que deben ser intervenidas.

3.5.1 Definición de elementos y requerimientos programáticos para formular una propuesta de gestión de residuos

La propuesta se basará en el supuesto de que las barreras mencionadas anteriormente hayan sido eliminadas y donde la aplicación, tanto de infraestructura como de sistemas logísticos, se realizará con un enfoque iterativo y de aplicación paulatina, incluyendo investigación y desarrollo para el proceso de valorización de residuos orgánicos, con el fin de optimizar al máximo el proceso, considerando que la fracción orgánica de los residuos domiciliarios corresponde a más del 50% del total y las altas expectativas que se tiene en cuanto a su recuperación para que esta sea sometida a tratamiento.

Se formulará la propuesta considerando, en primer lugar, los resultados de la comparación realizada a los distintos tipos de manejo de residuos orgánicos domiciliarios en la comuna de La Pintana (punto 3.2), incluyendo las conclusiones que se desprenderán en este punto, para la definición de ciertos elementos

programáticos y requerimientos, de acuerdo a la experiencia real y su análisis respecto al impacto ambiental que trae consigo cada tipo de manejo y su tratamiento.

Se utilizarán los elementos adaptados de las metodologías revisadas y la caracterización de aspectos claves que hacen funcional la segregación en el origen (SEORI). Esto se empleará para diseñar la propuesta de manejo de residuos domiciliarios orgánicos, donde se plantearán acciones, actividades, implementación de equipamiento e infraestructura, de acuerdo a cada etapa del ciclo de vida.

Se identificarán las oportunidades de mejora que podrían presentarse en un manejo de residuos orgánicos para su recuperación y posterior tratamiento, las que serán incluidas mediante propuestas de soluciones en cada etapa del ciclo de vida.

Dentro la propuesta se incluirá la utilización de sistemas de información geográfico (SIG), ya que la utilización de estos permite el monitoreo y gestión en tiempo real de los residuos sólidos domiciliarios, optimizando las rutas de recolección y tratamiento, de acuerdo a distancias recorrida, concentración de la población, tipología urbana, entre otros factores que deben ser considerados en el diseño.

La investigación y desarrollo (I+D) es fundamental para que un sistema de recuperación y tratamiento de los desechos orgánicos logre cumplir con las expectativas públicas que hoy en día se han planteado en Chile. Es por esto que, se introducirá este elemento en la propuesta para lograr optimizar el actual método del compostaje y/o los biodigestores, con el objetivo de encontrar un

tratamiento que pueda ser compatible a futuro con los flujos que se pretenden recuperar para su tratamiento.

Además, la propuesta incluirá un diseño básico de las estaciones de tratamiento que pretenden ser instaladas como infraestructura inicial y piloto, junto con la localización teórica, en un mapa de la Región Metropolitana, de la infraestructura necesaria para masificar y cumplir con las metas propuestas en la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos.

3.5.2 Definición de indicadores

Los indicadores se definirán por cada etapa del ciclo de vida, teniendo presente en enfoque iterativo y de mejora continua en un programa de separación en origen (SEORI) y colecta diferencial. Se procederá identificando, para cada etapa del ciclo de vida de los residuos sólidos domiciliarios, condiciones no deseadas y deseadas para cada una de ellas para, posteriormente, definir un indicador de medición de estas situaciones en el tiempo. Los responsables de la aplicación y control de los indicadores, deberán tener la información necesaria para la toma de decisiones más adecuada, considerando la Tabla 3.9 como una referencia para la obtención de una base de datos necesaria para la implementación de un sistema de indicadores resultante. Este proceso se consolidará a través de la elaboración de una tabla.

Tabla 3.10 Referencia de datos para línea base de información del sistema de indicadores

Nº	Categorías	Atributo	Indicadores
1	Asentamientos humanos	Población	Número de habitantes
		Densidad de población	Población por km ²
		Vivienda	Cantidad de viviendas
		Densidad habitacional	Población por vivienda
		Tasa de crecimiento poblacional	Tasa/1000hab
2	Soporte ecológico	Cobertura de la recolección	Por ciento de la población que tiene acceso a la recolección (%)
			Total de residuos sólidos generados en el año (MM ³)
			Por ciento de residuos sólidos domiciliarios recolectados (% m ³)
3	Gestión institucional	Coherencia Institucional	Existencia de un plan de desarrollo municipal que tenga previsto el manejo de los residuos sólidos
			Gastos de inversión en el tratamiento de los residuos sólidos domiciliarios (MP)

Fuente: Urbina y Zuñiga, 2016

IV. RESULTADOS

4.1 Resultado de la Evaluación de la Metodología y Orgánica Utilizada en la Gestión de Residuos Orgánicos Domiciliarios en la Comuna de La Pintana

4.1.1 Información secundaria y primaria

La institución a cargo del saneamiento de las calles, según el Código Sanitario, corresponde a las municipalidades, la que debe velar por la salud pública y que el proceso cumpla con las condiciones establecidas en la normativa y políticas vigentes.

La comuna de La Pintana ha consolidado su gestión ambiental mediante la constitución de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA), encargada de tareas relacionadas al mantenimiento de áreas cívicas, gestión de residuos, velando por la salud pública y protección al medio ambiente, esta se constituye con el Departamento Áreas verdes, Departamento Operaciones ambientales, Educación ambiental, Salud Ambiental. En las instalaciones de la DiGA, se ha instalado el centro de compostaje y lombricultura, donde se valorizan los residuos orgánicos recuperados desde la recolección puerta a puerta por el camión recolector de manera diferenciada, el cual no ocupa un sistema compactador y utiliza una tolva, este vehículo es llamado camión de vegetales (ver Figura 4.1). Dentro de las instalaciones también existe un vivero municipal utilizado para talleres de educación ambiental, entre otras actividades.

Para la delimitación del Área de Estudio, se obtuvo y se cruzó información de datos censales del año 2017, del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) y sectorización de la comuna, principalmente de las páginas web oficiales del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y Ministerio de Vivienda y

Urbanismo (MINVU), complementada con información proporcionada por los funcionarios de la DiGA y procesada mediante Sistema de Información geográfico QGIS 3.14.15, realizando una interpretación en de esta en mapas cartográficos (ver Figura 4.2 y 4.3)

Figura 4.1 Camión de vegetales de La Pintana



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4.2 muestra las poblaciones que fueron estudiadas, la Dirección de Gestión Ambiental donde se encuentra ubicado el centro de compostaje, se señalan también los distintos usos de suelo de la comuna, tipificados según el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS). Las poblaciones

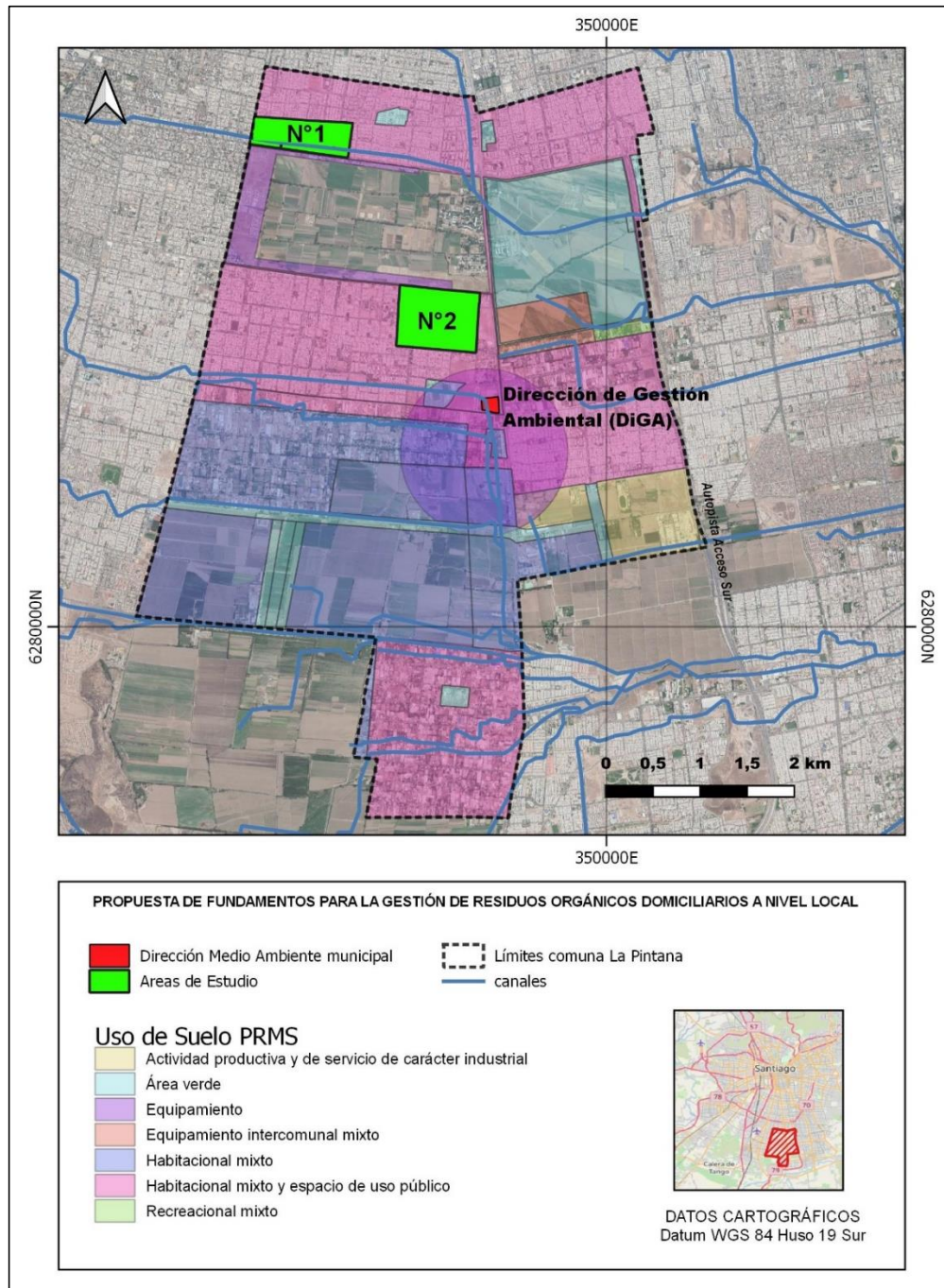
corresponden a las indicadas en la Tabla 4.1, donde algunas se agruparon para realizar una comparación de los métodos con espacios muestrales similares.

Tabla 4.1 Poblaciones consideradas para áreas de estudio de evaluación ambiental

Población/Villa	Área de Estudio N°	Manejo de Residuos Orgánicos
Villa el Observatorio 1	1	Segregación en origen + Recogida y transporte por el camión de vegetales a centro de tratamiento comunal
Villa el Observatorio 2		
Colombia		
Claudio Gay		
La Paz		
Diego de Almagro		
San Francisco II		
Los Robles II		
El Tololo		
San Rafael	2	Segregación en origen + Supuesta disposición en huerto comunitario por el usuario

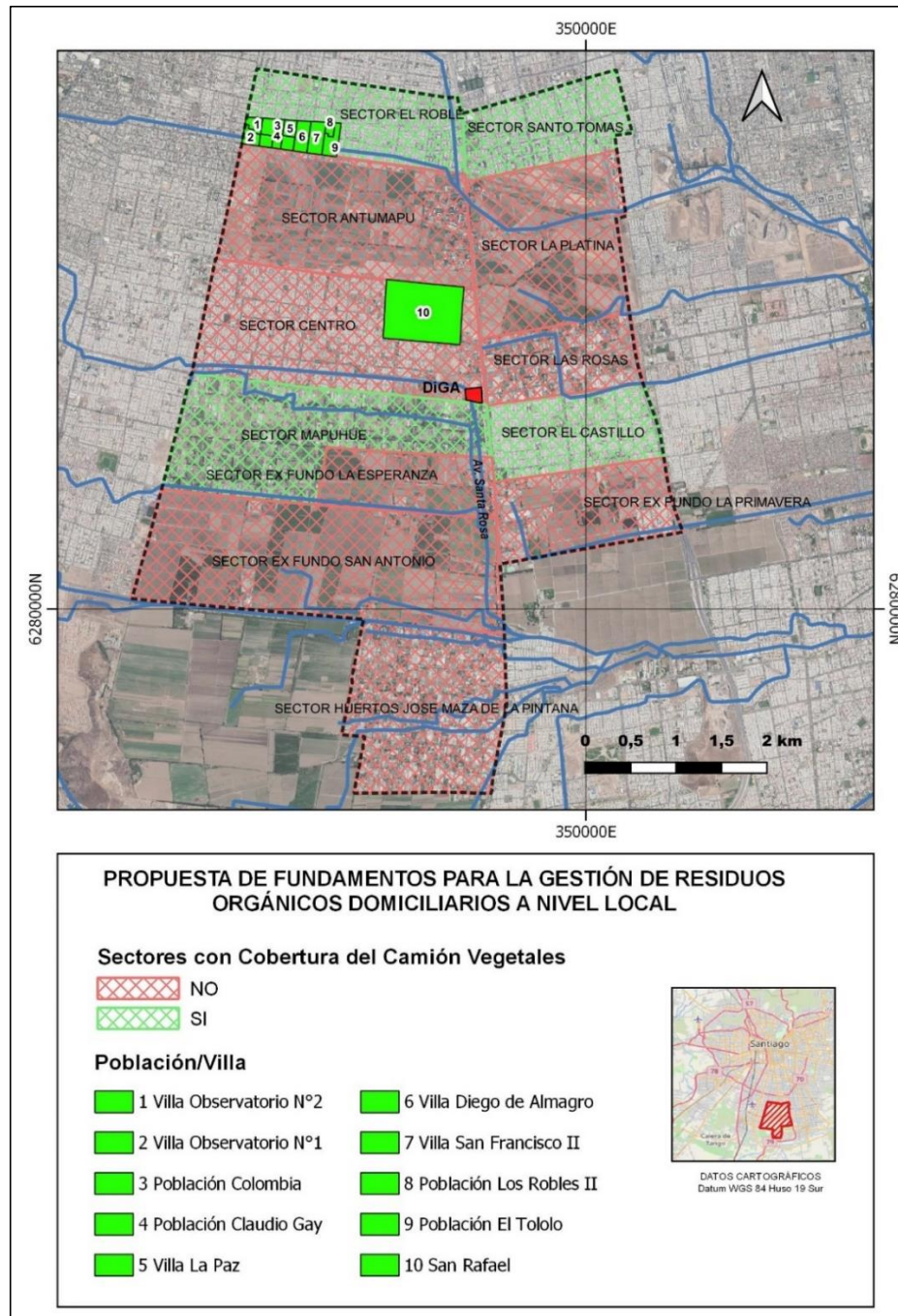
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2 Mapa de la comuna de La Pintana, uso de suelo y sectores evaluados ambientalmente



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3 Mapa de la comuna de La Pintana y cobertura de recolección del camión de vegetales - Año 2018



Fuente: Elaboración propia.

En el mapa de la Figura 4.2 se observan que ambas áreas de estudio se encuentran situadas en zonas habitacionales mixtas y espacios de uso público, poseyendo un número similar de habitantes y viviendas, como indica la Tabla 4.2. Sin embargo, el Área N°1 posee una menor superficie y se evidencia una menor cantidad de áreas verdes a comparación de la N°2.

El mapa de la Figura 4.3 muestra la cobertura del sistema de recolección diferenciada de residuos orgánicos, la cual abarca un 65,4% de la población. Indica, además, que para el Área de Estudio N°1 se agruparon nueve poblaciones, para generar una muestra similar la N°2, la cual está compuesta solo de una.

El Área de Estudio N°1 no presenta la implementación de huertos comunitarios y es atendida con el servicio de recolección diferencial de residuos orgánicos, donde 3 veces por semana el camión de vegetales (ver Figura 4.1) recolecta puerta a puerta este tipo de desechos, que los vecinos previamente han almacenados en contenedores que fueron entregados por la municipalidad, para finalmente ser valorizados en el centro de compostaje de la comuna. El Área de Estudio N°2 está compuesta por la población San Rafael y pertenece al Sector Centro, la que no posee recolección diferenciada y donde se ha empleado por parte de la municipalidad un programa de huertos comunitarios, en los cuales se realiza compostaje o vermicompostaje a pequeña escala, este es dirigido por el Encargado del Programa de Agricultura Urbana, de la Dirección de Gestión Ambiental de la Municipalidad de La Pintana. Es importante mencionar que, no existe ningún tipo de medición de las cantidades recuperadas en los huertos comunitarios debido a que es una práctica con aspectos rudimentarios y que procesa pequeñas cantidades, por lo que el Área de Estudio N°2 solo será evaluada desde una perspectiva cualitativa, bajo el supuesto en el cual los ciudadanos ocasionalmente trasladan sus desechos orgánicos hacia los huertos

comunitarios, dado que el Departamento de Educación Ambiental ha capacitado al 100% de los vecinos respecto al programa de segregación en el origen (SEORI), entre otros temas, en función de educar ambientalmente a la comunidad para aumentar el grado de conciencia respecto al tema y de este modo fomentando la participación.

Mediante el programa de sistema de información geográfico (SIG), se determinó la superficie ocupada por los sectores evaluados y la comuna, así como también se cuantifico el número de habitantes y viviendas del lugar (ver Tabla 4.2). Se destaca que, además, con esta herramienta de gestión ambiental es posible integrar distinta información, visualizándola y manejándola de manera conjunta, ya sea para realizar evaluaciones previas a un proyecto, como también la etapa de operación y control.

Tabla 4.2 Delimitación de área de estudio

	Sector	Superficie (km²)	N° Habitantes	Porcentaje respecto del total de habitantes	N° Viviendas
Comuna de La Pintana	-	30.6	177.335	100%	49.669
Area de Estudio N°1	Centro	0,348	9.213	5,2%	2.563
Area de Estudio N°2	El Roble	0.548	9.523	5,4%	2.558

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las características geográficas generales de Santiago, ciudad a la cual pertenece La Pintana, esta tiene una longitud de 80 km. en dirección Norte-Sur y 35 km. de ancho Este-Oeste, ubicada entre la Cordillera de la Costa y las primeras estribaciones de la Pre cordillera Andina, delimitada en el norte por el cordón montañoso de Chacabuco y en el sur por los cerros de Paine, constituyendo una unidad orográfica de gran importancia. El suelo de la Cuenca de Santiago se encuentra ocupado por el área urbana de esta ciudad, a una altitud de 520 msnm, en un terreno relativamente plano, el cual se fue creando a través del relleno de la depresión tectónica con depósitos de material glacio-fluvio-volcánico.⁸

El inventario cultural de la comuna se definió por su condición socioeconómica, el cual es indicado por el Plan de Manejo Comunal 2012-2016⁹ (ver Tabla N°4.3), en donde un 55,1% se encuentra en una graduación socio económica (GSE) D.

Tabla 4.3 Distribución de los grupos socioeconómicos en la comuna de La Pintana

HOGARES POR ESTRATO SOCIOECONOMICO	Porcentaje de Hogares por Grupo Socioeconómico					Cantidad de Hogares por Grupo Socioeconómico (en miles)					TOTAL
	ABC1	C2	C3	D	E	ABC1	C2	C3	D	E	
	LA PINTANA	0,4	4,4	19,3	55,1	20,7	184	2.106	9.133	26.089	
GRAN SANTIAGO	10,25	20,00	24,80	34,90	10,10	152.118	297.627	369.289	519.936	150.495	1.489.465

Fuente: PLADECO La Pintana 2012-2016

⁸ Deformación compresiva cuaternaria en la Cordillera Principal de Chile central (Cajón del Maipo, este de Santiago), Alain Lavenu¹, José Cembrano (2008)

⁹ Plan de Manejo Comunal, La Pintana (2012)

En cuanto a los componentes naturales de los sectores estudiados, se realizó un resumen de estos en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Resumen de inventario de componentes naturales

Componente natural	Observaciones
Aguas superficiales	Como se puede apreciar en la Figura 4.8, las aguas superficiales no tienen una incidencia directa en las unidades de estudio
Aguas subterráneas	Para efectos de este proyecto no se realizarán mayores indagaciones acerca de este componente.
Suelo	El suelo, en su mayor parte, se encuentra pavimentado y está destinado para uso habitacional mixto y uso público
Paisaje natural	El paisaje natural se encuentra mayormente urbanizado. Sin embargo, en la zona sur poniente y centro de la comuna se encuentran extensiones de terreno considerables que mantienen su carácter natural sin una mayor intervención.
Paisaje transformado	El paisaje transformado se constituye mayoritariamente por sectores habitacionales.
Paisajes de obras de ingeniería existentes	Actualmente no se encuentran obras de mayor envergadura dentro de alguna unidad de estudio o en la comuna.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Resultados de las entrevistas a encargados de la unidad ambiental (DiGA) de la comuna de La Pintana

Las entrevistas, a los distintos funcionarios de la DiGA, fueron realizadas tanto de manera presencial como de manera digital (ver Anexo A), con el fin de indagar los métodos y datos requeridos para calcular las cantidades de residuos generadas, donde se evaluó de manera cuantitativa la recuperación y tratamiento de los residuos orgánicos y comunes solamente del Área de Estudio N°1, ya que se posee la medición oficial por parte de la empresa contratista a cargo de la

recolección y transporte de los residuos. Respecto a los cálculos cuantitativos de la recuperación de desechos orgánicos domiciliarios en huertos comunitarios, no fue posible realizar estimaciones debido a que no existe una medición oficial de estas cantidades, por lo cual no será abordado en el presente trabajo. Sin embargo, se considera un caso de estudio que podría ser analizado de manera particular, al igual que el compostaje domiciliario. Pese a que no se evaluarán de manera cuantitativa los huertos comunitarios, es importante mencionar que son un elemento educativo importante para fomentar el cuidado del medio ambiente, la valorización de este tipo de residuos y además de fortalecer el tejido social al otorgar un sitio de reunión dentro de la comunidad. El análisis ambiental cualitativo fue realizado a través de matrices, las que fueron aplicadas al Área de Estudio N°1 y al Área de Estudio N°2, así como comparadas entre sí para tener una opinión del rendimiento de cada una bajo esta perspectiva.

De las entrevistas se pudo obtener distinta información, con la cual se esquematizaron las estimaciones cuantitativas del Área de Estudio N°1, entre otros análisis. Los datos generales de las cantidades colectadas del año 2018 en la comuna de La Pintana, corresponden a:

- Total de RSD destinado a relleno sanitario es de 71.311,77 (ton)
- Total de Vegetales destinado a centro de compostaje de la DiGA alcanza a 1.462,6 (ton)
- La cobertura del servicio de colecta de residuos orgánicos por el camión de vegetales (ver Imagen 4.2), abarca a un 65,4% de los habitantes. El sector Centro no es atendido con este servicio.
- Se trabajó con la información del año 2018, donde existía un total de 222 huertos urbanos, distribuidos en 181 en viviendas y 41 en organizaciones e instituciones en los distintos sectores de la comuna. El encargado del programa indica que aproximadamente en un tercio de estos se produce

algún tipo de valorización. En el sector Centro existen 53 huertos urbanos (24% del total), distribuidos en 36 viviendas y 17 organizaciones / instituciones. En la Población San Rafael hay alrededor de 16 huertos urbanos (7% del Total), repartidos en 12 viviendas y 4 en organizaciones / instituciones

- Se han entregado alrededor de 100 composteras de dimensiones 45x45x60cm a viviendas de distintos sectores de la comuna.
- Se ha capacitado al 100% de los vecinos, mediante la modalidad puerta a puerta, acerca del programa de separación en el origen SEORI.
- El camión recolector de vegetales y de basura común, realiza su tarea 3 veces por semana.
- El presupuesto de recolección mensual asciende a \$148.698.414. Este monto se reajusta de forma anual en base al incremento del IPC.

Con estos antecedentes recopilados, se procedió a realizar las estimaciones de la cantidad de residuos orgánicos domiciliarios recuperados y valorizados en las instalaciones de la DiGA y el cálculo de la tasa de segregación teórica en el Área de Estudio N°1, con el fin de determinar el rendimiento ambiental de colecta selectiva de la fracción orgánica de los desechos domiciliarios obteniendo un aprendizaje en base a las conclusiones obtenidas. Es necesario mencionar que, estas estimaciones no fueron exactas, pero servirán para poder abordar el tema de la gestión de residuos orgánicos en base a una experiencia real que hasta el día de hoy sigue vigente generando, de este modo, una cartera de alternativas de los lineamientos que se aplicarán para cumplir con la Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040.

Para efectos prácticos, no se consideraron la segregación de residuos inorgánicos en los cálculos posteriores. El total de residuos domiciliarios generados en el Área de Estudio N°1 es la suma de los residuos dispuestos en

relleno sanitarios y los residuos orgánicos recolectados y valorizados en centro de compostaje de la comuna. Todos estos datos fueron ordenados y resumidos en la Tabla 4.5, mostrando la información a nivel comunal.

Tabla 4.5 Toneladas (ton) y tasa de segregación de residuos domiciliarios del Área de Estudio N°1

Residuos dispuestos en relleno sanitario, año 2018 (ton)	Residuos recuperados (en SEORI) y tratados en centro de compostaje municipal (ton)	Total de residuos generados (ton)	Tasa segregación (%)
3829,5	120,2	3.949,6	5,6

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.5 indica las estimaciones cuantitativas en cuanto a la cantidad de residuos enviados a relleno sanitario, así como la cantidad de residuos orgánicos recuperados en el sector, los cuales son posteriormente valorizados en las instalaciones municipales, y la tasa de segregación, la cual da un resultado de un 5,6% del total de la fracción orgánica de los desechos.

En cuanto los desechos desviados del relleno sanitario, ya sea por compostaje doméstico realizado por composteras domiciliarias o compostaje comunitario en huertos comunitarios, no es posible realizar una estimación de las cantidades recuperadas, ya que no existen mediciones. Sin embargo, se considera que este tipo de prácticas debe ser aplicada con un enfoque integral a la recolección diferenciada ya que aportan y las fomentan, en función del cumplimiento de las expectativas públicas que se plantean actualmente.

En cuanto a los vehículos utilizados para la colecta, la licitación de estos se puede ver en el Anexo A. Estos datos fueron utilizados para el cálculo del impacto

ambiental de las emisiones atmosféricas proveniente del proceso de recolección y transporte hacia la estación transferencia de los rellenos sanitarios o centro de compostaje comunal. Se consideraron despreciables, para este fin, las emisiones generadas por los vehículos de apoyo, ya sea para tareas en el centro de compostaje o en ruta de colecta, debido a que su tiempo de operación es reducido.

Para la recolección y el transporte de los residuos sólidos domiciliarios comunes en la comuna de La Pintana se utilizan 10 camiones recolectores para toda la comuna, pero solo se realizó el análisis de inventario con un vehículo para el Área de Estudio N°1. Este posee caja compactadora, marca Mercedes Benz, modelo Atego 1729 KO 6X2, con una capacidad de 17,5 toneladas, asumiendo un rendimiento medio de 3,9 ($\frac{km}{Litro\ de\ combustible}$). Se estableció la distancia media de 35 km por viaje (se incluyó la ruta de recolección y el transporte hasta la estación de transferencia del relleno sanitario), realizando su ruta 3 veces por semana.

Para la recolección y transporte de los residuos orgánicos domiciliarios se utilizan 6 camiones tolva, pero se utilizará un vehículo para el análisis de inventario del Área de Estudio N°1. Este vehículo es denominado camiones de vegetales, y posee tolva, marca Mercedes Benz, modelo Atego 1719/36 4X2, con una capacidad de 11,5 toneladas, asumiendo un rendimiento de 3,5 ($\frac{km}{Litro\ de\ combustible}$). Se estableció una distancia media de 25 km por viaje (se incluyó la ruta de recolección y el transporte hasta el centro de valorización de residuos orgánicos de la comuna de La Pintana) y que realiza su ruta 3 veces por semana.

4.1.3 Resultado de la caracterización de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA) de la comuna de La Pintana

Este punto tuvo como objetivo realizar una revisión del modo de organización de la unidad de medio ambiente de la comuna de La Pintana, además de un breve análisis.

La estructura orgánica de la Dirección de Gestión Ambiental consiste en un Director, acompañado por un staff de profesionales y administrativos de apoyo en cuatro departamentos:

- Departamento Áreas Verdes, el cual se encuentra encargado del mantenimiento de las plazas de la comuna y de las podas de los árboles para efectos de mantenimiento y prevención para evitar caídas y corte de cables.
- Departamento Operaciones Ambientales, es el encargado de recolectar los restos de frutas y verduras desde las casas y algunos colegios de la comuna mediante el denominando “camión de vegetales”. También realiza las actividades relacionadas con el procedimiento de valoración (compostaje y lombricultura) de los residuos orgánicos recolectados en la estación de compostaje que se encuentra en las dependencias de la DiGA.
- Educación Ambiental, son los encargados de educar ambientalmente a la comunidad a través de difusión de la información acerca los temas relacionados (Huerto Urbano, segregación en el origen, talleres ambientales, entre otros.). Tiene el objetivo de concientizar a la comunidad acerca del cuidado del medio ambiente y fomentar la valorización de residuos.
- Salud Ambiental, se encarga de que todas las acciones realizadas por los distintos departamentos cumplan con la legislación vigente relacionada al tema, fiscalizando las ordenanzas y parámetros ambientales.

El año 2010 de la Ley N°20.417 que “Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente”, la cual nació producto de la demanda por una mejor institucionalidad ambiental para el país donde, anteriormente, solamente dependían en última instancia de la voluntad política.

En esta ley se indican nuevas responsabilidades y obligaciones para los municipios, acompañados de cambios estructurales y organizacionales, acorde al protagonismo que indica, además de estipular obligatorio el establecimiento de una unidad ambiental dentro de la municipalidad. Al respecto, la municipalidad de La Pintana ha logrado instaurar una gestión sólida, conformando estos 4 departamentos, dividiendo las tareas con un enfoque integrado en lo que se refiere al medio ambiente, aseo y ornato de la comuna.

“Esta vocación ambiental se ha visto expresada en el Plan de Desarrollo Sustentable Comunal, su Plan Director desde 1995, la Agenda Local 21 implementada desde sus inicios, el nivel de excelencia en el Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM) del Ministerio de Medio Ambiente, el funcionamiento del Comité Ambiental Comunal, y el nivel de participación ciudadana.” (PLADECO La Pintana, 2020). La política ambiental de la comuna posee una misión, la cual se basa en los siguientes principios:

- Mejorar la calidad ambiental comunal, revirtiendo los deterioros ambientales.
- Fomentar el uso sostenible de recursos naturales.
- Proteger el patrimonio ambiental comunal
- Introducir consideraciones ambientales en el sector productivo
- Promover la participación ciudadana e involucrar a la comunidad en gestión ambiental local.
- Desarrollar y poner en marcha procesos de Agenda 21 Local.
- Fortalecer la institucionalidad ambiental en el ámbito nacional y regional
- Perfeccionar la legalidad ambiental local con ordenanzas adecuadas que incorporen sanciones e incentivos.
- Extremar los esfuerzos para producir cambios de hábitos y conductas para la protección del medio ambiente; y mejorar la salud y calidad de vida.
- Difundir y fomentar el modelo de desarrollo sostenible local, colaborando con otras entidades extra comunales.

La comuna, al tener una política ambiental, cuenta con un marco institucional, seguido de disposición de fondos para los distintos planes, programas y proyectos relacionados al medio ambiente, así como con la capacidad de dar continuidad a este tipo de iniciativas.

En cuanto al Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM), este es voluntario y tiene como objetivo incorporar y aumentar paulatinamente el factor ambiental dentro de las municipalidades, tomando en cuenta la realidad y naturaleza de cada una, con el fin de cuidar el medio ambiente, mejorando la calidad de vida y creando conciencia al respecto, basándose en estándares nacionales e internacionales (ISO 14.001 y Reglamento Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría, EMAS). Actualmente, el SCAM posee 5 niveles donde, como fue mencionado anteriormente, La Pintana posee el nivel de excelencia. La incorporación al SCAM es un instrumento que contribuye a la estructuración de la unidad ambiental para un mayor protagonismo en el cuidado del medio ambiente por parte de las municipalidades, sin embargo, si no existe una voluntad política concreta, difícilmente es posible alcanzar el nivel máximo de esta certificación y por ende los resultados esperados.

4.1.4 Análisis del ciclo de vida ACV

4.1.4.1 Definición de Objetivo y Alcance

El presente caso de estudio, involucró a 10 poblaciones de la comuna de La Pintana, las cuales se agruparon en 2 Áreas de Estudio (N°1 y N°2), como se mencionó en la Tabla 4.1. El objetivo fue la evaluación de impacto ambiental (IA) producido en estas, en cuanto a su gestión de residuos domiciliarios, donde solamente se realizó una evaluación cuantitativa al Área de Estudio N°1, dado

que existen mediciones oficiales con las cuales fue posible trabajar, no así con el Área de Estudio N°2, donde no existe medición respecto a la cantidad de residuos orgánicos recuperados en huertos comunitarios, punto que queda abierto para futuros estudios en el tema.





El alcance para el análisis de cada Área de Estudio, evalúa la fase de transporte, tratamiento y disposición final del ciclo de vida, donde la desviación de los residuos orgánicos del relleno condiciona estos IAs. Cada Área de Estudio fue sometida a distintas estrategias de recuperación. En el sector de El Roble, al cual pertenece el Área de Estudio N°1, se realiza la recolección segregada de la materia orgánica por los camiones vegetales (ver Figura 4.1), los que son trasladados a la estación de valorización de residuos orgánicos de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA), donde el compost generado es utilizado en el vivero educativo del recinto, en las áreas verdes de la comuna y las distintas actividades realizadas relacionadas al medio ambiente. En el sector Centro, a la cual pertenece el Área de Estudio N°2, no se realiza una recolección diferenciada, pero está incluido en un programa municipal de huertos urbanos, en donde el supuesto es que los vecinos separan sus residuos orgánicos y lo trasladan a estos sitios con el fin de valorizarlos. El compost generado es ocupado, en mayor parte, en los mismos huertos y una pequeña fracción es ocupada por los mismos vecinos.

Las estimaciones realizadas en el punto anterior, sirvieron de apoyo para los cálculos pertinentes en la evaluación ambiental. El alcance del análisis consideró las etapas del ciclo de vida (CV) de los residuos domiciliarios que se indican en las Figuras 4.4 y 4.5, ya que así fue considerado. Es importante mencionar que, la etapa de tratamiento del Área de Estudio N° 2, la cual se sitúa específicamente en algunos de los huertos comunitarios, corresponde una actividad que en la práctica, es de pequeña escala, con una capacidad de procesamiento que alcanza solamente a tratar volúmenes reducidos y que, principalmente, funciona

como herramienta educativa y para auto sustentarse de compost para el mismo huerto, abono orgánico muy versátil y con un alto potencial para mejorar suelos.

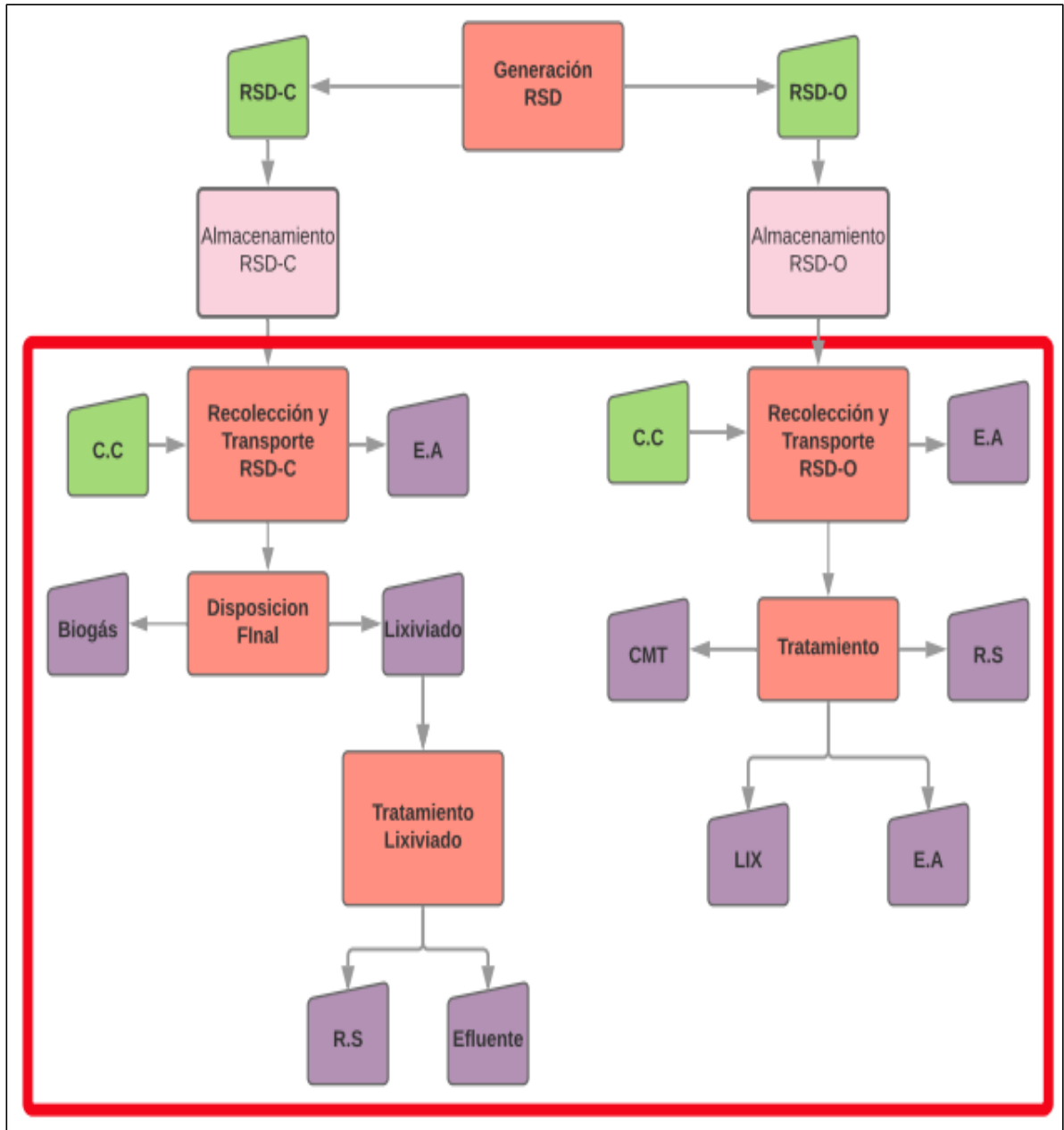
Los límites de ambos escenarios son presentados en las Figuras 4.4 y 4.5 y la leyenda de ambos diagramas en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Definiciones de forma/leyenda diagrama de flujo de las Áreas de Estudio N° 1 y 2

Forma/leyenda	Definición
	Proceso Clave
	Proceso de Apoyo
	Entrada
	Salida
RSD-O	Residuo sólido Urbano Orgánico
RSD-C	Residuo sólido Urbano Común
C.C	Consumo combustible
E.A	Emisiones atmosféricas
CMT	Compost
LIX	Lixiviado
R.S	Residuo Solido

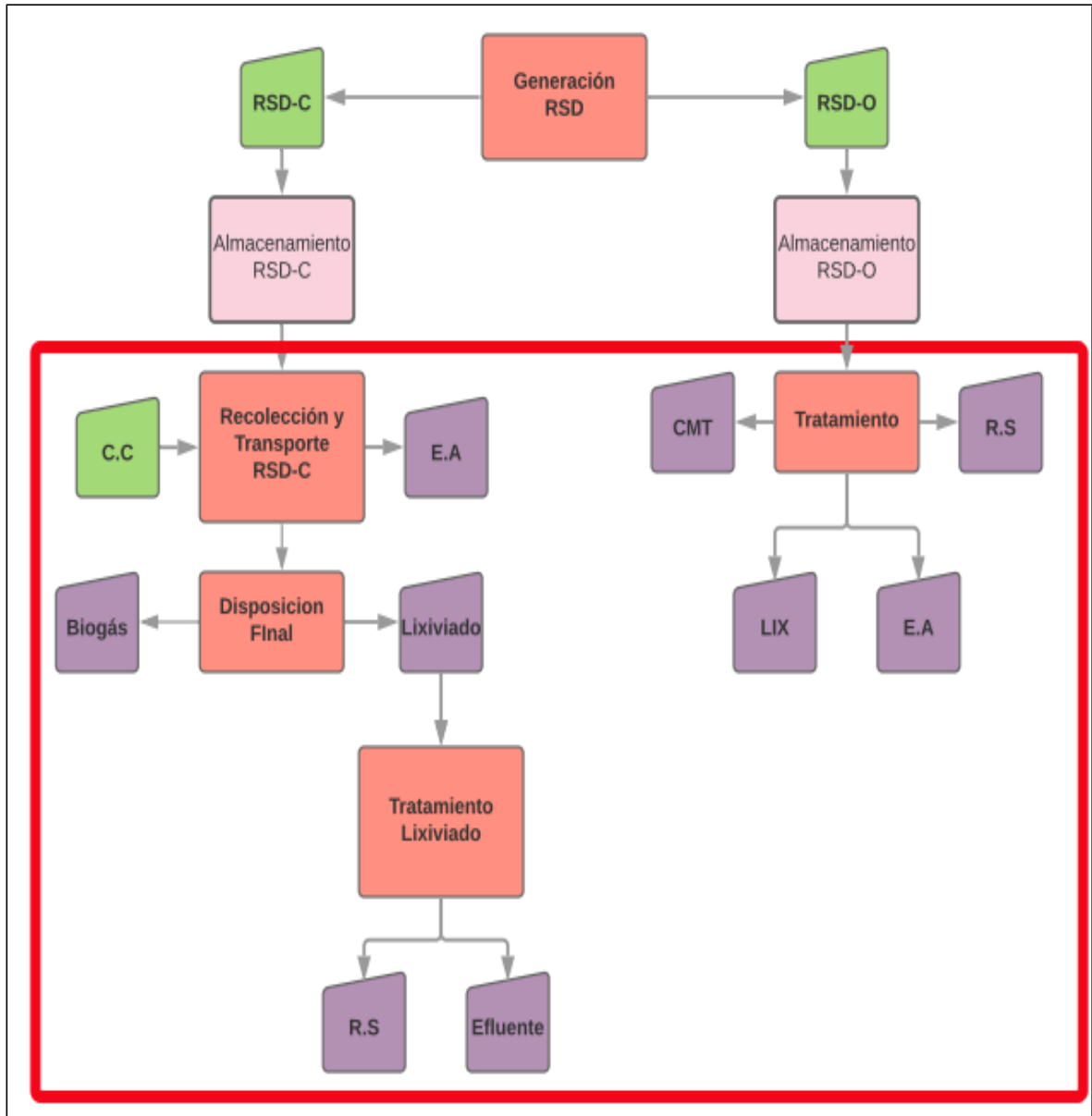
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4 Diagrama de flujo y delimitación de la frontera de evaluación ambiental para Área de Estudio N° 1: segregación y recolección de residuos sólidos orgánicos domiciliarios por el camión de vegetales



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.5 Diagrama de flujo y delimitación de la frontera de evaluación del ciclo de vida para Área de Estudio N° 2: segregación de residuos sólidos orgánicos y valorización en huerto urbano



Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.2 Análisis de Inventario

El análisis de inventario se realizó solamente en el Área de Estudio N°1 y corresponde a la segunda fase del ACV. En esta etapa se realizó una recopilación de los datos necesarios para cumplir con el objetivo propuesto, el cual corresponde a la identificación de aspectos e impactos ambientales críticos en cuanto a la gestión de residuos domiciliarios en sus etapas de recogida, transporte, tratamiento y disposición final, mediante la cuantificación de ciertos datos. La muestra de esta información se presenta a continuación en las Tablas 4.10 y 4.11

La Tabla 4.7, representa la información recopilada y estimada del Área de Estudio N°1. La cantidad de residuos domiciliarios comunes es de 3.829,5 $\left(\frac{Ton}{año}\right)$. La cantidad estimada de residuos orgánicos separados por los vecinos y retirado por el camión de vegetales es de 120,2 $\left(\frac{Ton}{año}\right)$. El número de viajes se estimó de acuerdo al número de veces que el camión recolector de desechos comunes realiza de manera anual por lo que, dado que este circula 3 veces por semana y el año tiene aproximadamente 52 semanas, anualmente realiza 156 viajes de 35 km cada uno. Asumiendo un rendimiento del vehículo de 3.9 $\left(\frac{km}{Litro\ de\ combustible}\right)$, se obtiene un uso de combustible de 1.400 Litros de combustible. El número de viajes del camión de vegetales, se estimó del mismo modo. Dado que este circula 3 veces por semana y el año tiene aproximadamente 52 semanas, anualmente realiza 156 viajes de 25 km cada uno, asumiendo un rendimiento del vehículo de 3.5 $\left(\frac{km}{Litro\ de\ combustible}\right)$, se obtiene un uso de combustible de 1.114 litros de combustible

Tabla 4.7 Inventario final de los procesos involucrados en el Área de Estudio N°1

entradas				SALIDA		
entradas	Qt.	Pcs.	PROCESO	Productos, residuos, emisiones y efluentes	Qt.	Pcs.
RSD-C	3829	t	La recogida y el transporte de los RSD- C a estación de transferencia del relleno sanitario	RSU	3829	t
				el humo total del vehículo	7060	kg
				CO	137	kg
				CO2	6607	kg
				HC	33	kg
				SO2	16	kg
				NOx	180	kg
Vehículo recolector de RSU común (3.9 km*L ,Capacidad 17.5 t, 35 km)	156	de viajes		materiales particulados	87	kg
De combustible (diesel)	1400	L				
RSD-O	120	t	La recogida y el transporte de los RSD-O	RSD-O	120	t
				el humo total del vehículo	5043	kg
				CO	98	kg
				CO2	4719	kg
				HC	23	kg
				SO2	12	kg
				NOx	129	kg
Vehículo recolector de vegetales (3.5 km*L, Capacidad 11.5t, 25 km)	156	viajes		materiales particulados	62	kg
De combustible (diesel)	1114	L				
residuo orgánico tratado en planta de compostaje municipal	120,2	t	Tratamiento aerobico (compostaje)	Residuo organico	120	t
				Compost (54%)	65	t
				Residuos (6%)	7	t
				Perdidas (agua y gases) (40%)	48	t
				Lixiviado (m3/ T)	18	m3
				Las emisiones al aire son gases (Nm3/ T)	6491	nm3
RSD-C destinado al relleno sanitario Santa Marta	3829	t	Disposición final	CO2 (32%)	3178	kg
				lixiviado	574	m3
				Emisiones atmosféricas: El biogás	976135	nm3
				CH4 (50%)	349456	kg
Lixiviados generados en el vertedero	574	m3	tratamiento lixiviado	CO2 (50%)	746743	kg
				lixiviado tratado	574	m3
				lodo	8904	Kg

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.2.1 Proceso de recogida y transporte de residuos sólidos domiciliarios comunes a estación de transferencia del relleno sanitario

Los datos de la Tabla 4.10 indican que se consumen 1.400 litros de combustible diésel y se generan 7.059,8 kg de emisiones atmosféricas, los cuales se reflejan en costos por la compra del diésel e impactos ambientales asociados a la contaminación atmosférica por el uso de este y agotamiento de recursos naturales por el consumo de materias primas no renovables. Estos datos son estimativos, ya que para obtener datos con mayor precisión se requiere de la ruta de estos en cada unidad monitoreada bajo sistema GPS.

4.1.4.2.2 Proceso de recogida y transporte de residuos sólidos domiciliarios orgánicos a centro de compostaje municipal

Los datos de la Tabla 4.10 corresponden al inventario del Área de Estudio N°1, donde el trasladaron 120,2 toneladas de residuos domiciliarios orgánicos indican un consumo de 1.114 litros de combustible diésel y se generaron 5.042,7kg de emisiones atmosféricas. Estos datos son estimativos, ya que para obtener datos con mayor precisión se requiere de la ruta de estos en cada unidad monitoreada bajo sistema GPS.

4.1.4.2.3 Tratamiento aeróbico (compostaje)

En el Área de Estudio N°1 se recuperaron 120,2 toneladas de residuos orgánicos domiciliarios, de las cuales se generaron 64,9 toneladas de compost, 7,2 toneladas de residuo y 48,1 toneladas consideradas pérdidas en agua y gases. El agua considerada pérdida se denomina lixiviado y se generaron 18,0 m^3 así como también 6.490,8 Nm^3 de emisiones atmosféricas de gases, de los cuales 3.177,9kg correspondieron a CO_2 . En cuanto a los residuos generados al final del

proceso, se asumirá que, al ser materia orgánica que no logró ser degradada y convertida en compost, vuelve a ser reincorporada al proceso.

4.1.4.2.4 Disposición final

El Área de Estudio N°1 dispone en el relleno sanitario de 3.829,5 toneladas de residuos domiciliarios anuales, en donde se generaron 574,4m³ de lixiviado y 976.139,6Nm³ de emisiones atmosféricas (349,458Kg de CH₄ y 746.746,8Kg de CO₂).

El levantamiento de datos acerca de las emisiones atmosféricas producidas en este proceso, corresponden a la estimación del biogás producido por la degradación anaeróbica de la materia biodegradable en el relleno sanitario, en donde el valor utilizado para la determinación de este fue dependiente de la tasa de segregación.

4.1.4.2.5 Tratamiento de lixiviados

El tratamiento de lixiviados que se analizó es el realizado posterior a la disposición final en el relleno sanitario. El Área de Estudio N°1 generó 574,4 toneladas de lixiviados en la etapa de disposición final, produciendo 8.903,6 Kg de lodo. Se considera relevante realizar un estudio de los lixiviados producidos por el tratamiento de compostaje.

4.1.4.3 Evaluación de aspectos e impactos ambientales de ciclo de vida de los residuos orgánicos domiciliarios

Para la evaluación de los aspectos ambientales y sus respectivos impactos ambientales se elaboraron matrices ambientales para las Áreas de Estudio N° 1

y 2 (ver Tablas 4.8 y 4.9), con el propósito de medir la clasificación del grado de riesgo de cada uno de ellos y, de este modo, tener una estimación del rendimiento ambiental de cada uno de ellos de manera cualitativa y realizar una comparación al respecto.

Tabla 4.8 Matriz ambiental de aspectos e impactos ambientales del Área de Estudio N°1

Proceso: Area de Estudio N° 1 , SEORI+recolección diferenciada mediante camión de vegetales y tratamiento en centro de compostaje comunal+ relleno sanitario								
proceso	aspectos ambientales	Impactos ambientales	EVALUACIÓN					Significación (Sí / No)
			estado de funcionamiento	probabilidad	severidad	Impacto ambiental	Grado de riesgo	
La recogida y el transporte de los RSD-C	El consumo de aceite diesel	Agotamiento de recursos no renovable	N	4	4	16	GR	S
	el consumo de aceite, neumáticos, partes, etc.	Agotamiento de recursos naturales	N	3	3	9	TO	N
	Emisiones atmosféricas (CO, CO2, HC, SO2NOx)	Contaminación atmosférica	N	5	3	15	GR	S
	Emisiones de material particulado (PM)	Contaminación atmosférica	N	5	3	15	GR	S
	Generación de ruido ambiental (uso de motores, bocina, etc.)	contaminación acústica	N	5	2	10	MO	N
	Generación de residuos inherentes en el proceso de (Batería, neumáticos, residuos de aceite, etc.)	contaminación de suelo	N	3	2	6	TO	N
	Generación de olores	Contaminación olorífica	N	4	3	12	MO	N
	Manipulación de materiales infectados y Los productos contaminados	riesgo para la salud	N	5	2	10	MO	N
	Fuga de aceite de los vehículos	contaminación de los suelos	E	2	3	6	TO	N
Incendio / explosión por accidente vehicular	Cambio de la calidad del aire, agua y suelo, pérdidas humanas y materiales	E	1	4	4	ME	N	

La recogida y el transporte de los RSD-O	El consumo de aceite diesel	Agotamiento de recursos no renovable	N	4	4	16	GR	S
	el consumo de aceite, neumáticos, partes, etc.	Agotamiento de recursos naturales	N	3	3	9	TO	N
	Emisiones atmosféricas (CO, CO2, HC, SO2NOx)	contaminación atmosférica	N	5	3	15	GR	S
	Emisiones de material particulado (PM)	contaminación atmosférica	N	5	3	15	GR	S
	Generación de ruido ambiental (uso de motores, bocina, etc.)	Contaminación acústica	N	5	2	10	MO	N
	Generación de residuos inherentes en el proceso de (Batería, neumáticos, residuos de aceite, etc.)	contaminación de suelo	N	3	3	9	TO	N
	Generación de olores	Contaminación olorífica	N	4	2	8	TO	N
	Manipulación de materiales infectados y Los productos contaminados	riesgo para la salud	N	5	2	10	MO	N
	Fuga de aceite	contaminación de los suelos	E	2	3	6	TO	N
	Incendio / explosión	Cambio de la calidad del aire, agua y suelo	E	1	4	4	ME	N
Tratamiento aeróbico (compostaje) en centro comunal	Consumo de agua	Agotamiento de recursos naturales	N	3	2	6	TO	N
	la generación de olores	actores incómodos	N	3	4	12	MO	N
	Generación de lixiviados	contaminación de suelos y aguas	N	5	3	15	GR	S
	Emisiones atmosféricas	contaminación atmosférica	N	4	3	12	MO	N
	la generación de residuos inherentes en al proceso	contaminación de suelos y aguas	N	3	2	6	TO	N

Disposición Final	Emisiones atmosféricas (CO, CO2, CH4H2S, CH, NH3etc.)	contaminación atmosférica	N	5	4	20	IN	S
	Emisión de material particulada	contaminación atmosférica	N	3	4	12	MO	N
	Generación de lixiviados	contaminación de suelos y aguas	N	5	4	20	IN	S
	Generación de olores	Contaminación olorífica	N	5	3	15	GR	S
	Generación de residuos inherentes en el proceso de	contaminación de suelo (ocupación de vertederos y del suelo)	N	5	2	10	MO	N
	Fuga de lixiviados	contaminación de suelos y aguas	E	2	5	10	MO	N
	Incendio / explosión	Cambio de la calidad del aire, agua y suelo	E	2	4	8	TO	N
Tratamiento de lixiviados en vertedero	consumo de reactivos químicos	riesgo para la salud	E	5	2	10	TO	S
		contaminación de suelo	N	5	2	10	MO	N
	Fuga deposito de lixiviados	contaminación de suelos y aguas	E	1	4	4	ME	N
	Generación de residuos (lodos)	contaminación de suelos y aguas	N	4	3	12	MO	N
	Generación de residuos inherentes al proceso	contaminación de suelo	N	3	2	6	TO	N
					Puntuación total	393		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.9 Matriz ambiental de aspectos e impactos ambientales del Área de Estudio N°2

Proceso: Área de Estudio N° 2 ,SEORI+ disposición y tratamiento en huerto comunitario+ relleno sanitario								
proceso	aspectos ambientales	Impactos ambientales	EVALUACIÓN					Significación (Si / No)
			estado de funcionamiento	probabilidad	severidad	Impacto ambiental	Grado de riesgo	
La recogida y el transporte de los RSD-C	El consumo de combustible diesel	Agotamiento de recursos no renovable	N	4	4	16	GR	S
	el consumo de aceite, neumáticos, partes, etc.	Agotamiento de recursos naturales	N	3	3	9	TO	N
	Emisiones atmosféricas (CO, CO2, HC, SO2NOx)	Contaminación atmosférica	N	5	3	15	GR	S
	Emisiones de material particulado (PM)	Contaminación atmosférica	N	5	3	15	GR	S
	Generación de ruido ambiental (uso de motores, bocina, etc.)	contaminación acústica	N	5	2	10	MO	N
	Generación de residuos inherentes en el proceso (Batería, neumáticos, aceite, etc.)	contaminación de suelo	N	3	2	6	TO	N
	Generación de olores	Contaminación olorífica	N	4	3	12	MO	N
	Manipulación de materiales infectados y Los productos contaminados	riesgo para la salud	N	5	2	10	MO	N
	Fuga de aceite de los vehículos	contaminación de los suelos	E	2	3	6	TO	N
	Incendio / explosión por accidente vehicular	Cambio de la calidad del aire, agua y suelo, pérdidas humanas y materiales	E	1	4	4	ME	N

Tratamiento aerobico (compostaje) en huerto comunitario	Consumo de agua	Agotamiento de recursos naturales	N	3	2	6	TO	N
	la generación de olores	Contaminación olorífica	N	3	1	3	ME	N
	Generación de lixiviados	contaminación de suelos y aguas	N	5	1	5	TO	S
	Emisiones atmosféricas	contaminación atmosférica	N	4	3	12	MO	N
	la generación de residuos inherentes en el proceso de	Contaminación de suelo	N	3	1	3	ME	N
Disposición Final	Emisiones atmosféricas (CO, CO2, CH4H2S, CH, NH3, etc.)	contaminación atmosférica	N	5	4	20	IN	S
	Emisión de material particulada	contaminación atmosférica	N	3	4	12	MO	N
	Generación de lixiviados	La contaminación de suelos y aguas	N	5	4	20	IN	S
	Generación de olores	actores incómodos	N	5	3	15	GR	S
	Generación de residuos inherentes en el proceso de	contaminación de suelo	N	5	2	10	MO	N
	Fuga de lixiviados	contaminación de suelos y aguas	E	2	5	10	MO	N
	Incendio / explosión	Cambio de la calidad del aire, agua y suelo	E	2	4	8	TO	N
Tratamiento de lixiviados en vertedero	consumo de reactivos químicos	riesgo para la salud	E	5	2	10	TO	S
		contaminación de suelo	N	5	2	10	MO	N
	Fuga deposito de lixiviados	contaminación de suelos y aguas	E	1	4	4	ME	N
	Generación de residuos (todos)	contaminación de suelos y aguas	N	4	3	12	MO	N
	Generación de residuos inherentes en el proceso de	contaminación de suelo	N	3	2	6	TO	N
						Puntuación total	269	

Fuente: Elaboración propia.

Las matrices de cada Área de Estudio se consolidan en la Tabla 4.10

Tabla 4.10 Datos consolidados de las Áreas de Estudio N° 1 y 2 (aspectos e impactos ambientales potenciales)

Área de Estudio N°2: SEORI+ recolección diferenciada mediante					Área de Estudio N°1: SEORI+ disposición y tratamiento en				
393 puntos					269 puntos				
Grado de riesgo	AA	%	Significancia	%	Grado de rie	AA	%	Significancia	%
Intolerable	2	5,4	10	27,0	Intolerable	2	7,4	6	22,2
Grave	8	21,6			Grave	4	14,8		
Moderado	12	32,4	27	73,0	Moderado	9	33,3	21	77,8
Tolerable	12	32,4			Tolerable	8	29,6		
Menor	3	8,1			Menor	4	14,8		
Nulo	0	0,0			Nulo	0	0,0		
TOTAL	37	100,0	37	100,0	TOTAL	27	100,0	27	100,0

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.4 Interpretación de Resultados

4.1.4.4.1 Estudio de los aspectos e impactos ambientales potenciales del Área de Estudio N°1

En el Área de Estudio N°1, donde se supone una separación en el origen de la fracción orgánica de los residuos por parte de ciudadanos (con una tasa de segregación del 5,6 %), para luego ser recolectada por el camión de vegetales y recibir un tratamiento en el centro de compostaje comunal, se obtiene un puntaje de 393 (42,5%), para el análisis de los impactos ambientales potenciales del proceso, de un total de 925.

De los 37 aspectos ambientales identificados, 2 (5,4%) fueron identificados como intolerables, correspondiendo ambos a la etapa de disposición final y a las emisiones atmosféricas generadas en el relleno sanitario, afectando la calidad del aire, la capa de ozono y contribuyendo al fenómeno del calentamiento global. El otro aspecto ambiental identificado como crítico corresponde a la generación de lixiviados en el mismo lugar, en donde su mal manejo en el lugar de generación, como también en su tratamiento, podrían provocar contaminación de suelos y aguas tanto superficiales como subterráneas, alterando su calidad.

Los impactos significativos graves, son 8 (21,6%) en total, 6 de estos se presentan en la etapa de colecta y transporte, tanto de los residuos domiciliarios comunes y la colecta diferencial de la fracción orgánica. Los aspectos calificados con esta categoría son el consumo de combustible, aceite y neumáticos utilizados por los vehículos recolectores y las emisiones atmosféricas producidas por los mismos. Otro impacto ambiental calificado como grave corresponde a la generación de olores producida en el relleno sanitario, en donde de existir un mal manejo o una emergencia, se podría elevar su severidad.

El mayor porcentaje de las categorías lo obtienen los impactos calificados como moderados (MO) y tolerables (TO), siendo 12 (32,4%) para cada categoría, seguido por los menores (ME) con 3 (8,1%) y, finalmente, los nulos (NU), en cuya categoría no se registraron impactos ambientales.

Los residuos orgánicos recuperados y desviados del relleno sanitario, como se mencionó anteriormente, son tratados en el centro de compostaje comunal, lugar donde se reciben considerables cantidades de residuos orgánicos de diferentes sectores de la comuna de La Pintana. Pese la insipiente tasa de segregación, esto contribuye a reducir las cantidades de residuos destinadas al relleno

sanitario, etapa del ciclo de vida en la cual se encuentran los impactos considerados intolerables.

Como esta Área presenta vehículos destinados para la recolección de la fracción orgánica segregada y también para los residuos comunes, el tránsito de vehículos es el doble que en el Área de Estudio N°2, donde no existe cobertura del servicio del camión de vegetales.

4.1.4.4.2 Estudio de los aspectos e impactos ambientales potenciales del Área de Estudio N°2

En el Área de Estudio N°2, donde se supone una separación en el origen de la fracción orgánica de los residuos por parte de ciudadanos de manera ocasional, para un posterior traslado al huerto comunitario más cercano, se obtiene un puntaje de 269 (39,9%), en el análisis de los impactos ambientales potenciales del proceso, de un total de 675. Cabe destacar que, el valor máximo posible es la peor situación posible, con aspectos ambientales que ocurren con mucha frecuencia e impactos intolerables. De los 27 aspectos e impactos ambientales, 2 (7,4%) fueron identificados como intolerables, ambos correspondieron a la etapa de disposición final y a las emisiones atmosféricas generadas en el relleno sanitario, afectando la calidad del aire, la capa de ozono y contribuyendo al fenómeno del calentamiento global. El otro aspecto ambiental identificado como crítico, corresponde a la generación de lixiviados en el mismo lugar, en donde su mal manejo en el lugar de generación, como también en su tratamiento, podrían provocar contaminación de suelos y aguas tanto superficiales como subterráneas, alterando su calidad.

Respecto de los impactos significativos graves, estos son 4 (14,8%) en total, 3 de estos se presentan en la etapa de colecta y transporte, en donde los aspectos calificados con esta categoría son el consumo de combustible, aceite y neumáticos utilizados por los vehículos recolectores y las emisiones atmosféricas producidas por los mismos. Otro impacto ambiental calificado como grave corresponde a la generación de olores producida en el relleno sanitario en donde, de existir un mal manejo o una emergencia, se podría elevar su severidad.

El mayor porcentaje de las categorías lo obtienen los impactos calificados como moderados (MO) siendo 9 (33,3%), seguido de los tolerables con 8 (20,6). Los calificados según el grado de riesgo como menor (ME) son 4 (14,8%). Cabe destacar que, no se ha considerado ningún impacto como nulo.

Esta Área presenta una puntuación menor, respecto del total, que el Área 1, ya que no considera la etapa de colecta y transporte de residuos orgánicos, además de que el tratamiento realizado a estos es a una escala mucho menor que en el centro comunal de tratamiento de la municipalidad, por lo que magnitud de los impactos también se reducen. Pese a que este posee un 39,9% del máximo puntaje posible, en comparación al Área de Estudio N° 1, que tiene un puntaje del orden del 42,5% respecto de su total, la diferencia entre ambos escenarios es reducida en cuanto a los impactos potenciales, según los métodos comparados. Es importante mencionar que, el método utilizado para recuperación es de mayor complejidad, debido a que requiere del esfuerzo del usuario tomarse el tiempo para trasladar sus desechos a un posible sitio de valorización en estos huertos comunitarios, los que eventualmente saturan debido a su pequeña capacidad.

4.1.4.4.3 Interpretación final

De acuerdo a los resultados mencionados, en cuanto a los AA e IA de los escenarios mencionados y su interpretación, es posible apreciar una mayor eficiencia en términos de recuperación al Área de Estudio N°1, situación hipotética donde la Municipalidad ha capacitado a los vecinos respecto a segregación en el origen y los beneficios al respecto, generando un grado de conciencia que permite que los desechos orgánicos sean entregados de manera diferencial, al resto de la basura, a un camión acondicionando para las características de estos para, posteriormente, ser trasladados hacia el centro de compostaje de la comuna. De este modo disminuye los impactos ambientales producidos en el relleno sanitario, donde se presentan 2 considerados intolerables. Sin embargo, esta modalidad de colecta diferenciada está condicionada con el tránsito de los vehículos y los impactos ambientales que producen, donde los más considerables son las emisiones atmosféricas, además de los costos asociados a estos. En este sentido, la utilización de vehículos que utilicen combustibles alternativos o pre tratamientos de los desechos orgánicos en puntos intermedios, antes del centro de compostaje central, podrían ser alternativas para plantear un manejo más eficiente al respecto.

Es importante destacar, de igual manera, las composteras entregadas a los vecinos y la instalación de huertos comunitarios y sus micro sitios de valorización en ellos los que, a pesar de no recuperar grandes cantidades de residuos orgánicos, de todas maneras, logran hacerlo y cumplir en cierta medida el objetivo, además de fortalecer las redes sociales en los vecindarios, aportando a desviar residuos del relleno sanitario. Si estos métodos son potenciados de manera adecuada, podrían contribuir considerablemente a las expectativas públicas que hoy en día existen en el país.

En base a lo anterior, de acuerdo con las metas de la Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040, y su objetivo de alcanzar una

recuperación y tratamiento del orden del 66%, es necesario plantear un modo de gestión que integre de manera armónica los distintos métodos plateados de modo más contundente aplicando, además, tecnología e innovación en el proceso de valorización.

4.2 Metodología y Experiencias de Gestión de Residuos de Residuos Orgánicos Domiciliarios

4.2.1 Aspectos claves para su adaptación al segmento de los residuos orgánicos

Se revisó la “Metodología para el Ordenamiento de Residuos Domiciliarios”, de Urbina y Salas, del año 2017, que tiene como propósito resolver la demanda existente en cuanto a la gestión de RSD realizada de manera ineficiente, ya sea de lineamientos o modelos conceptuales para su solución. Este modelo tiene como fin mejorar la conservación del medio ambiente y sus recursos naturales, así como también el paisaje natural y urbano. Esto se realiza a través de la aplicación del “Análisis de Ciclo de Vida” (ACV) a la gestión integral de RSD, considerando la ciudad como “un órgano que funciona en el que se produce un intercambio de flujos de energía, materia e información que permita medir el balance entre las entradas y salidas” (Urbina y Zúñiga, 2016).

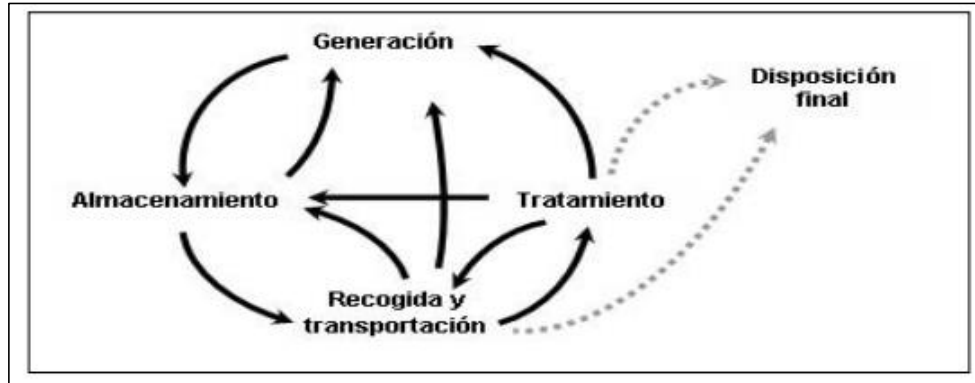
Las etapas del ciclo de vida (CV) (ver Figura 4.6) de los residuos domiciliarios son:

- **Generación:** esta dependerá de los productos que consume la sociedad y el modo en como los utilizan, además se encuentra determinada por factores demográficos, estacionales, normativa vigente y localización geográfica.
- **Almacenamiento:** se realiza asegurando las condiciones de protección ambiental y la salud de las personas, esta es transitorio y permite un manejo

previo a la colecta que puede otorgar mejoras ambientales si es realizado adecuadamente

- Recogida y transportación: tiene por objetivo el cuidado de la salubridad pública y estética de la ciudad. Ambas actividades se evalúan de manera integrada debido a como se realiza. Es importante que esta etapa sea realizada de manera eficiente, al menor costo posible y con los menos impactos ambientales posibles. La recogida puede ser diferenciada o no diferenciada y dependerá de esto el manejo realizado a posterior; en caso de ser diferenciada se necesita un alto grado de conciencia ambiental por parte de los ciudadanos para poder entregar adecuadamente los residuos.
- Tratamiento: involucra todas las operaciones en las cuales los residuos minimizan su impacto ambiental para su disposición final y/o maximizando su aprovechamiento. Estos son procesos pueden ser físicos, químicos y biológicos, los cuales reducen su nocividad y agresividad ambiental, facilitando el manejo de estos.
- Disposición final: Involucra las operaciones que dan lugar a un depósito permanente de los residuos. La más utilizada es la del relleno sanitario ya que su instalación no genera mayores molestias ni peligro para la salud pública durante su operación o clausura. Su manejo debe involucrar la actuación de los ciudadanos, entidades privadas y públicas con el fin de reducir los volúmenes de generación de residuos.

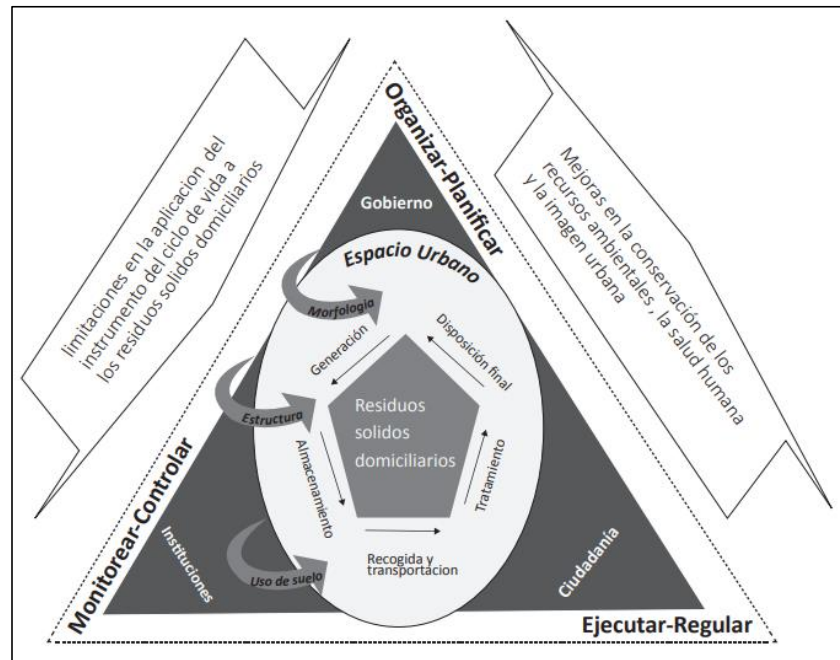
Figura 4.6 Ciclo de vida de los residuos sólidos domiciliarios



Fuente: Urbina y Zúñiga, 2016

La metodología de Urbina y Salas, además de considerar las etapas del proceso de gestión de residuos, posee un enfoque sistémico que involucra al gobierno, las instituciones y la ciudadanía donde, a través del análisis de ciclo de vida (ACV) permite obtener como salida una mejor distribución espacial de su CV con una participación más activa de la sociedad, lo que se puede apreciar en la Figura 4.7. Para medir y cuantificar los efectos del proceso, este se aborda desde la perspectiva de impacto. “Se estima que todos los impactos ambientales relacionados a la generación de residuos reflejan la limitada concepción teórica implementada en el ciclo de vida para la gestión de estos, para que se admitan desde las herramientas de ordenamiento territorial una mejor espacialidad de estos en el entorno urbano” (Urbina y Zúñiga, 2016). Las consecuencias de esto han generado distintos problemas relacionados con temas sociales como, por ejemplo, daños a comunidades por infiltraciones de residuos industriales líquidos (RIL) en napas subterráneas contaminando aguas; perjuicios económicos por el gasto incurrido en planes de mitigación, reparación y/o compensación; y daños medio ambientales directamente relacionados con la degradación de la biodiversidad y uso poco eficiente de los recursos naturales.

Figura 4.7 Modelo conceptual para el ordenamiento de residuos sólidos domiciliarios



Fuente: Adaptación del modelo de Urbina y Zúñiga, 2016

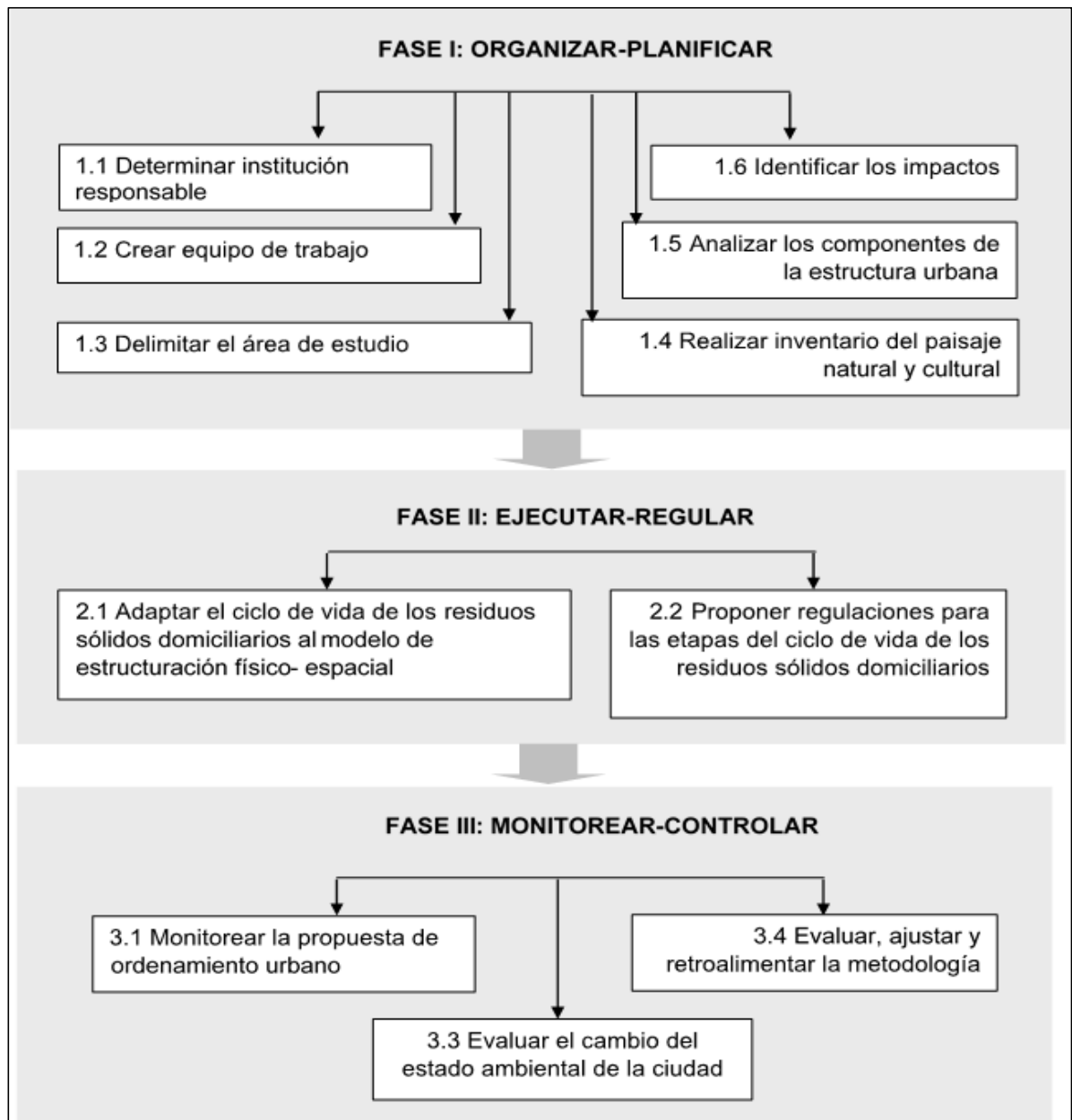
Según Urbina y Zúñiga, se debe considerar que, el estudio de los ambientes urbanos, los RSD y la solución a los problemas generados por estos deben ser considerados desde la transdisciplinariedad, debido a que los impactos son multisectoriales, afectando tanto a las personas como el medio ambiente en distintas dimensiones, a las cuales se les debe dar soluciones viables, donde su "objetivo general es mejorar el estado ambiental del espacio urbano en su generalidad. La misma se ajusta a las condiciones, necesidades y objetivos específicos de cada zona urbana debiendo tener, preferentemente, un carácter cíclico-iterativo entre sus diferentes fases, con el fin de lograr una mayor eficiencia, para lo cual cada una de estas fases se debe dimensionar adecuadamente, de acuerdo con sus relaciones y complementariedad." (Urbina y Zúñiga, 2016). La medición de la mejora es realizada a partir de la definición de

indicadores, esto con apoyo de sistemas de información geográficos para una mejor expresión espacial en el territorio

Para que una GIRS sea eficiente y logre objetivos ambiciosos, se requiere una normativa adecuada y un equipo de trabajo interdisciplinario para el establecimiento, cumplimiento y fiscalización de estas, tanto a nivel nacional como local, dado que “la interacción de las políticas de ordenamiento urbano y las ambientales en la gestión de los residuos sólidos domiciliarios es decisiva por el patrón de ocupación del espacio urbano y las emisiones e impactos ambientales indirectos de las actividades” (Urbina y Salas, 2017). En ocasiones las limitaciones debido al uso de suelo para la instalación de sitios de tratamientos o simplemente de almacenamiento temporal de residuos reduce la posibilidad para articular acciones que mejoren las salidas del ciclo de vida de los residuos urbanos domiciliarios.

El resultado de la “Metodología para el Ordenamiento de Residuos Sólidos Domiciliarios”, cuyo objetivo general es mejorar el estado ambiental del espacio urbano, es el ordenamiento de la gestión a través de 3 fases y 11 pasos, que incluyen procedimientos específicos como de apoyo, como muestra la Figura 4.8.

Figura 4.8 Metodología para el ordenamiento de residuos sólidos domiciliarios



Fuente: Urbina y Salas, 2017

A continuación, se hará una revisión de cada uno de estos pasos para identificar aspectos que puedan ser utilizados para la gestión de los residuos domiciliarios orgánicos.

4.2.1.2 Fase I. Organizar y planificar

Su objetivo es el establecer, caracterizar y jerarquizar los residuos sólidos domiciliarios desde su ciclo de vida en un proceso de planificación y organización de acciones de la estructura urbana en estudio.

Paso 1-1 Determinar institución responsable y Paso 1-2 Crear equipo de trabajo:

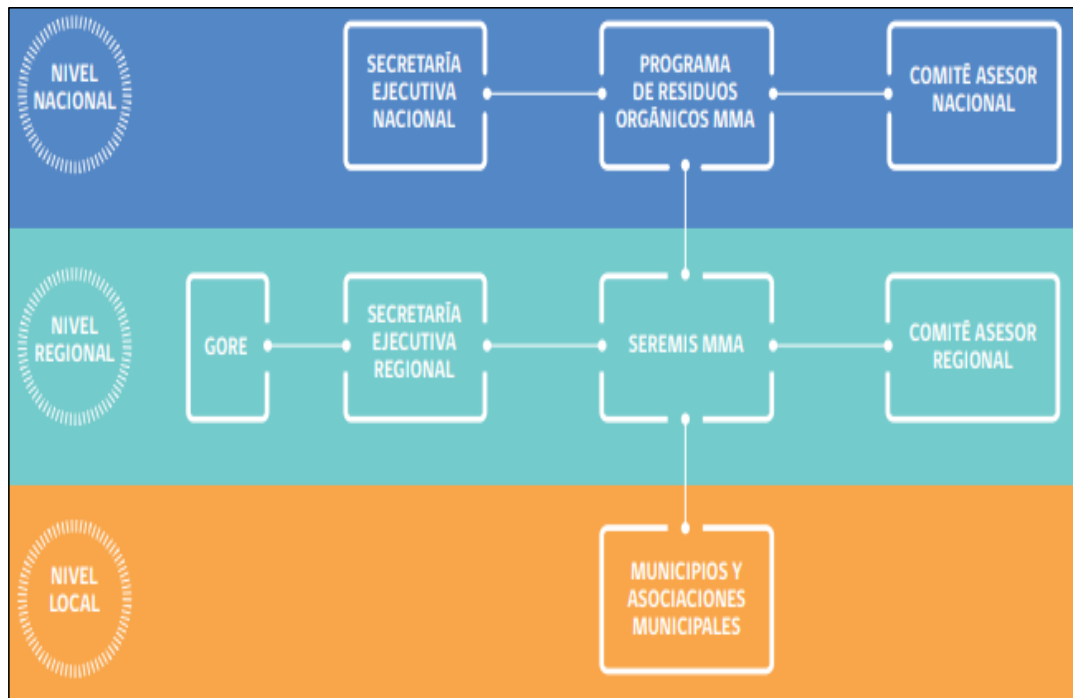
La institución responsable debe poseer una concepción estratégica, en donde el gobierno local debe establecerlo. Este debe ser capaz de integrar procesos de planificación, implementación y control en diferentes escalas espaciales, coordinando y articulando a los actores y acciones.

Se plantea que el equipo de trabajo incluya a representantes de las entidades que intervienen en el ordenamiento de residuos sólidos domiciliarios, desde una perspectiva integral y complementada. Por tanto, uno de sus componentes básico será la multidisciplinariedad. El encargado deberá coordinar y articular las acciones en función de las expectativas públicas y sociales, a través de la metodología propuesta y la concientización de todos los participantes. “Sus funciones estarán relacionadas con la planificación, organización, ejecución y control de cada uno de los pasos previstos en la metodología, así como la recopilación de información, atenuación de la resistencia al cambio, búsqueda de consenso y apoyo en la participación, aplicación y control de las acciones diseñadas” (Urbina y Salas, 2017). En la realidad, esta etapa resulta compleja, en primer lugar, por el escaso compromiso y apoyo por parte de la autoridad local frente al tema, falta de equipo capacitado, recursos, entre otros que limitan la

capacidad de acción de la unidad ambiental a cargo de la gestión de residuos (MMA, 2016).

Los dos pasos que incluye la Fase I, en la metodología, han sido analizados de manera conjunta. Se tomará el modelo de La Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040, para completar este punto desde un punto de vista de organización macro en la gestión de residuos, ya que es en este documento donde se ha propuesto un esquema de gobernanza (ver Figura 4.9) para poder alcanzar una alta tasa de recuperación de este tipo de desechos.

Figura 4.9 Esquema de gobernanza de la “Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos”



Fuente: Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos.

Como esquema de organización a nivel municipal, se utilizará como modelo a La unidad ambiental de la comuna de La Pintana, llamada Dirección de Gestión Ambiental (DiGA), la que es presidida por un Director y trabaja con un staff de

departamentos (Áreas Verdes, Operaciones Ambientales, Educación Ambiental Salud Ambiental), donde externalizan ciertas funciones operacionales como la recogida transporte de residuos, entre otros. Se asume que esta división de funciones permite enfocar de mejor manera las tareas, planificando, ejecutando y controlando estas con un mayor detalle. Los resultados de esto se demuestran con la obtención del nivel de excelencia del Sistema de Certificación Ambiental Municipal, que por lo demás exige ciertos aspectos que se rigen por normativas internacionales de alto estándar como el Programa Europeo del Ecogestión y Ecoauditoría (EMAS).

Es necesario contar con una organización, equipo y personal competente adecuado para poder implementar un sistema como el de La Pintana, con el objetivo de cumplir con las expectativas públicas relacionadas al tema que apuntan una recuperación del 66% de los residuos orgánicos.

Paso 1-3. Delimitar el área de estudio: Para evaluar las alternativas de manejo y seleccionar la más adecuada, se realiza “la caracterización físico-geográfica del área, considerando la extensión territorial, características topográficas, cantidad de viviendas, índice habitacional, grado de urbanización, densidad poblacional y tipología urbanística predominante” (Urbina y Salas, 2017). La delimitación del área de estudio es muy importante para la implementación de cualquier gestión ya que permite planificar de mejor manera cualquier tipo de acción o de monitoreo, como se mencionó, la utilización de un sistema de información geográfico SIG en esta tarea y el cruce de información como datos censales, de ordenamiento territorial u otros, permite un manejo de los datos de forma más versátil. Es necesario comprender que, pese a que exista una delimitación del área de estudio, en ocasiones aprovechar recursos, como la utilización de vehículos compartida entre zonas o de igual manera la de sitios de valorización, puede resultar en una gestión más eficiente.

Paso 1-4. Realizar inventario del paisaje natural y cultural: Se levanta información respecto de las condiciones de los componentes (agua, suelo y aire) naturales, paisajístico (natural y transformado) y socioeconómica del área de estudio, además de una caracterización del uso de suelo.

En cuanto al uso de suelo, la actual legislación de Chile señala que, la instalación de una planta de valorización de residuos debe cumplir las mismas condiciones que un relleno sanitario, lo que dificulta en muchos casos la instalación de estos sitios, pese a que el impacto ambiental es mucho menor. Resulta importante utilizar centros acopio y de tratamiento de pequeña escala como herramienta educativa para acercar a la comunidad a este tipo de prácticas ya que, además, fortalecen el tejido social. posible

Paso 1-5. Analizar los componentes de la estructura urbana: Se analizan los componentes afectados de cada fase del ciclo de vida de los RSD. Para el caso de la fracción orgánica, los componentes ambientales afectados en una gestión diferencial de estos, es muy similar a la de los desechos comunes, donde la variante corresponde al sitio donde son trasladados finalmente estos, el cual puede ser un sitio de valorización o relleno sanitario. Sin embargo, los componentes afectados son los mismos, sola variando la afectación a estos, la cual debe ser cuantificada.

Paso 1-6. Identificar los impactos: El objetivo de esta etapa es identificar el impacto que existe para cada aspecto ambiental y el componente en cuestión. Para ser más objetivo y poder determinar con mayor certeza el impacto ambiental en la gestión de los residuos orgánicos, se propone completar el método mediante el uso de matrices ambientales, asignando valores a para cada uno de ellos pudiendo, de este modo, a través de una escala de valores, cuantificar,

caracterizar y jerarquizar cada impacto ambiental. Para esto es necesario determinar: la cantidad de viviendas, habitantes, volumen de generación anual e índice de generación per cápita, así como el tipo de almacenamiento, métodos y equipos utilizados para la recolección. La recopilación de estos datos servirá para poder determinar la magnitud de la información analizada. En función de los resultados se determinará la distribución óptima de las actividades y acciones específicas que se planificaran para ser ejecutadas.

En el caso de los residuos orgánicos, según el análisis del punto anterior, los componentes ambientales afectados en el manejo diferencial de los residuos orgánicos domiciliarios son el agua, suelo y aire, donde los más considerables se ubican en la etapa de transporte de los residuos y la de disposición final, debido a las emisiones atmosféricas generadas por el tránsito vehicular, consumo de recursos, la degradación anaerobia de la materia orgánica y emisiones atmosféricas generadas, además del lixiviado generado por el mismo proceso. En este sentido se asume que, a una mayor desviación de desechos orgánicos se produce una menor degradación y, por consiguiente, una disminución de los impactos ambientales. En cuanto al transporte de los desechos, es una de las etapas que igualmente posee impactos considerables y este se encontrará condicionado a distancia que tengan que recorrer los camiones recolectores como también la cantidad de viajes que estos realicen, por lo que el impacto ambiental será directamente proporcional a estas variables.

4.2.1.2 Fase II. Ejecutar y regular

Esta etapa tiene como objetivo ejecutar las alternativas barajadas para los problemas identificados, a través de regulaciones y acciones específicas que permitan el mejoramiento en la gestión de RSD, de acuerdo a la política ambiental y orientación económica del contexto, donde para efectos del informe, debiendo

ir en línea con la Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánico, ya que es la política más vigente que abarca este tema.

Paso 2-1. Adaptar el ciclo de vida de los residuos sólidos domiciliarios al modelo de estructuración físico espacial: Este paso tiene como fin, en términos prácticos, acondicionar cada etapa del ciclo de vida en función de los objetivos propuestos.

En la etapa de generación es posible realizar educación y sensibilidad ambiental de todos los actores (productores de materias primas, fabricantes, distribuidores, comerciantes, consumidores, autoridades locales, establecimientos educacionales y distintos tipos de agrupaciones de la comunidad), con el fin de fomentar el reciclaje como practica intrínseca en los hábitos cotidianos. Un ejemplo de resultado de estas prácticas es la separación de residuos valorizables en el origen, por parte de los ciudadanos e instituciones, lo que refleja un cambio de conductas y actitud contribuyendo, de este modo, a la recuperación y calificación de los mismos convirtiéndose en materias primas de otros procesos. “Además, se deben otorgar facilidades a los ciudadanos para la adquisición de envases que permitan realizar una clasificación apropiada en el origen” (Urbina y Salas, 2017), punto relevante que condiciona los resultados siguientes.

Enfocándose en los desechos orgánicos domiciliarios, la gestión en este punto debe en primer lugar velar por la jerarquía de manejo de los residuos (ver Figura 2.1) donde, en primer lugar, es necesario prevenir su generación que, para efectos de este tipo de basura, correspondería en gran medida a restos de frutas y verduras como también alimentos preparados que por algún motivo no fueron consumidos o dado el tiempo caducaron, proceso en el cual se pierden nutrientes y energía. Esto involucra en cambio cultural y hábitos de consumo que solo puede ser abarcado a través de educación ambiental, más allá de establecimientos educacionales, capacitando a junta de vecinos, organizaciones sociales, etc.

“Avanzar en la prevención y gestión de residuos orgánicos, como una prioridad de política pública, es de suma importancia para el mejoramiento del desempeño ambiental del país, en coherencia con los compromisos de Chile frente a la OCDE, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (en particular el ODS 12 asociado a Producción y Consumo Responsable) y el Acuerdo de París” (MMA, 2020). Resulta interesante incorporar el tratamiento antes de que esta sea recogida por el camión de vegetales o en el mismo punto de generación, tal como lo realiza la comuna de La Pintana, implementando un programa de huertos comunitarios, donde se fomenta la realización de algún tipo de valorización de este tipo de residuos o también la entrega de composteras a viviendas, evitando que estos terminen en el relleno sanitario pese a que estos representan una cantidad menor, con los esfuerzos adecuados estas estrategias de recuperación puede resultar una importante manera de poder contribuir en este ámbito.

En cuanto a la fase de almacenamiento, esta considera en primera instancia al modo en que el ciudadano o institución gestiona de forma individual, como también la instalación de distintos tipos de contenedores en sitios públicos. Esta se fundamenta en la protección al medio ambiente y salud pública. Se considera el grado de urbanización, estructura y morfología urbana para la incorporación de contenedores diferenciados o no diferenciados, como también puntos limpios y verdes. Cualquiera sea el caso, el contenedor deberá de mantener características de manera tal que este contenga en todo momento el residuo. Es por esto que, para definir el tipo es necesario considerar las características del o los residuos que se deseen depositar y la estructura urbana en cuestión, es por esto que Urbina y Salas proponen tipologías de zonas, siendo estas:

- La tipología I, la cual corresponde a grandes manzanas abiertas y se propone que se deben establecer criterios para la instalación de contenedores resistentes y que permitan la clasificación de residuos.

- La tipología II, constituida por las zonas de edificios multifamiliares donde se construirán o colocarán contenedores debidamente compartimentados y rotulados con un volumen de $2,0 m^3$, los cuales serán ubicados para un fácil manejo interno, retiro por parte del personal de aseo y cuidando de no obstruir el paso.
- La tipología III, corresponde a las zonas residenciales, que cuenten desniveles en los terrenos o sean de difícil acceso como la tipología IV, se propone instalar contenedores de $20 m^3$ cada 3 o 4 manzanas, dependiendo de la densidad de la cuadras. A su vez, la instalación cestos de recolección para los distintos espacios de reunión y convivencia social, como en zonas de mayor tránsito es indispensable.
- Tipología IV, En zonas de mayor complejidad para el acceso y tránsito del camión recolector, se utilizarán contenedores ampliroll, debidamente acondicionados en los lugares de difícil acceso y/o desniveles

Estas tipologías no consideran la recolección puerta a puerta, por lo que deberán ser adaptadas incluyendo esto de manera estratégica. Adaptando estas al segmento de los desechos orgánicos domiciliarios e incluyendo la consideración mencionada, se propone la siguiente adaptación de las tipologías para esta etapa del ciclo de vida.

- La tipología I, la cual corresponde a grandes manzanas abiertas, se propone que se deben establecer el método de recolección puerta a puerta con un camión debidamente acondicionado para la recogida y transporte de este tipo de desechos. Respecto al contenedor utilizado por el usuario para el almacenamiento, este debe ser entregado por el municipio y debe estar debidamente rotulado con información respecto al tipo de desecho orgánico a segregar y las condiciones en las cuales debe ser entregado.

- La tipología II, constituida por las zonas de edificios multifamiliares donde se colocarán contenedores con tapa debidamente compartimentados y rotulados con un volumen de $8 m^3$, los cuales serán ubicados para un fácil manejo interno, retiro por parte del personal de aseo municipal, cuidando de no obstruir el paso, además estos deberán ser sometidos a limpieza por parte de la municipalidad para evitar la generación de malos olores y posibles vectores; la cantidad a instalar dependerá de la cantidad de habitantes de edificios. Los contenedores utilizados por los usuarios para el manejo y traslado de los desechos orgánicos al contenedor de mayor dimensión de igual manera deberán ser entregados por la municipalidad y deben estar correctamente rotulados.
- La tipología III, corresponde a las zonas residenciales, que cuenten desniveles en los terrenos o sean de difícil acceso para el camión recolector como la tipología IV, se propone instalar contenedores con tapa de $8 m^3$ cada 3 o 4 manzanas, dependiendo de la densidad de la cuadras donde estos deberán ser sometidos a limpieza por parte de la municipalidad para evitar la generación de malos olores y posibles vectores; de igual manera se considerara la recogida puerta a puerta cuando esto sea factible. El usuario de esta tipología de igual manera se le hará entrega de un contenedor por parte de la municipalidad para un manejo adecuado desde la vivienda hasta el contenedor de mayor dimensión.
- Tipología IV, en zonas de mayor complejidad para el acceso y tránsito del camión recolector, se utilizarán contenedores con tapa amplioroll de $8 m^3$ de, debidamente acondicionados en los lugares de difícil acceso y/o desniveles, los que deberán ser sometidos a una limpieza periódica por parte de la municipalidad para evitar la generación de olores y posibles vectores. De igual manera se hará entrega por parte de la municipalidad a los usuarios los contenedores para el manejo de los desechos desde la vivienda hacia el contenedor de mayor dimensión.

A su vez, la instalación de cestos de recolección para los distintos espacios de reunión y convivencia social, como en zonas de mayor tránsito, es indispensable, siendo conveniente incluir información en los contenedores o en el sitio en el cual se ubica acerca de los beneficios de la valorización de residuos.

Urbina y Salas en su metodología indican que la recogida y transporte de los residuos se propone el agrupamiento de información acerca de las condiciones de salud del área, capacidad técnica, características de la zona, hábitos de la comunidad, por lo que esta se deberá adaptar a cada área. En la definición de la ruta de recogida “incidirán las características topográficas, el esquema vial predominante, el tipo de pavimento, la pendiente y el sentido e intensidad del tránsito, el balance de área, el uso predominante, las zonas de mayor concentración, las áreas de difícil acceso, el total de población, la densidad habitacional y el volumen de generación”. (Urbina y Salas, 2017). Las zonas críticas de recolección se determinarán a partir del análisis de medio físico y sus componentes, debiéndose “considerar el déficit de urbanización existente, la concentración de problemas de conectividad y accesibilidad, los mayores índices de generación, la menor frecuencia de recogida, entre otros.”(Urbina y Salas, 2017). El vehículo utilizado dependerá de las características del área como también de tipo de residuo a recolectar dado que, por las características de estos desechos y considerando siempre las características de los contenedores retirados y su maniobrabilidad, para el caso de los residuos orgánicos se recomienda un camión con tolva como el camión de vegetales utilizado en La Pintana, el cual debe incorporar un sistema de captación y almacenamiento de percolados. Luego de considerar e identificar todas las particularidades se procederá a la definición de métodos y equipos a utilizar, diseñando en función de los volúmenes a retirar, distancias de transporte, topografía del terreno, tráfico de la ruta, condiciones de vías, elementos que serán llevados a un mapa.

Además, en cuanto al área de cobertura se recomienda que sea realizado a partir de zonas y no mediante sitios fragmentados. Si se considera que, para una gestión diferencial de los residuos orgánicos, se asume que ya existe el agrupamiento de información mencionado anteriormente, donde las rutas de recolección ya se encuentran definidas, se deberá planificar en función al modo de implementación, determinando si esta será de manera masiva o de forma paulatina, dando preferencia a esto último, en primer lugar debido a que esta etapa del CV es en la que se incurren los mayores gastos y segundo ya que dado a que esta práctica será introducida en los hábitos cotidianos de los usuarios, la cantidad de residuos recuperados en un principio, muy probablemente no sean los esperados, por lo que si se implementa una gestión robusta desde un comienzo, probablemente se utilicen más recursos de los necesarios dado la incipiente recuperación en un principio. Los impactos ambientales producidos de esta etapa también son considerables, principalmente las emisiones atmosféricas, donde si existe una colecta diferencial, aumentan también estas, por lo que es necesario barajar alternativas para reducir esto, disminuyendo la cantidad de viajes y/o utilizando combustibles alternativos.

En el tratamiento, se proponen líneas de acción con el fin de lograr el máximo aprovechamiento posible de los residuos con potencial de valorización, mediante su recuperación, en donde su efectividad dependerá netamente de las etapas anteriores. Disminuyendo de este modo la presión ejercida hacia rellenos sanitarios, los cuales acotan día a día su vida útil. Para lograr esto es necesario el estudio de la viabilidad mediante estudios cuantitativos y cualitativos, en donde se logre reconocer si efectivamente existe un mercado que demande estos materiales como materias primas en sus procesos, pudiendo "considerarse igualmente el carácter regulador del Estado con la posibilidad de incorporar al sector no estatal en algunas actividades. Podrá realizarse, a través de la creación

de cooperativas no agropecuarias que funcionen como iniciativas empresariales a escala local, que posibiliten disminuir los costos del servicio de saneamiento urbano” (Urbina y Salas, 2017). Esta consideración es plasmada en Chile mediante la promulgación de la Ley N°20.920 “Establece marco para la gestión de residuos la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje”, la cual menciona y fomenta este tipo de iniciativas de asociación público-privado.

Los flujos de desechos orgánicos que se pretenden alcanzar a recuperar para ser valorizados, en línea con el panorama que plantea la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040, requieren de un proceso eficiente y que incluya los criterios mencionados en función del cuidado del medio ambiente y al menor costo posible; actualmente existen técnicas anaeróbicas y productos en el compostaje tradicional que permiten acelerar el tratamiento y aprovechar este tipo de desperdicios con un excelente rendimiento si son utilizadas de manera adecuada. Un punto importante es el mercado del producto final ya que, si se logra cumplir con las expectativas públicas, la oferta se incrementará considerablemente, debiendo equilibrarse con una mayor demanda, algo que actualmente es considerado y que tiene como tarea abordar esto tanto en el ámbito público como privado.

En la disposición final se sugiere una visión planificada a futuro respecto al comportamiento del tiempo de vida útil de los rellenos sanitarios, con el fin de planificar cierres o aperturas para la recepción adecuada de los RSD dispuestos.

Paso 2-2. Proponer regulaciones para las etapas del ciclo de vida de los residuos sólidos domiciliarios: En este punto se diseñan posibles acciones para el cumplimiento es las expectativas públicas, tanto nacionales como locales, y las demandas exigidas por la comunidad y distintas organizaciones de diferente tipo. Éstas deberán asegurar la conservación del medio ambiente natural y urbano a

través de la correcta aplicación del ACV en el proceso de los RSD, en cada una de las etapas, cumpliendo a su vez cada fase de aplicación de la metodología, regulaciones que se montan de acuerdo a lo reflejado en la Tabla 4.18, adaptándola según la tipología urbanística. Se menciona la importancia de dirigir los esfuerzos hacia la sensibilidad y educación ambiental al mayor espectro posible y también las exigencias de las infraestructuras empleadas que intervienen en el ciclo de vida, adecuándose a cada lugar. El ordenamiento para los desechos orgánicos se planteará revisando la información analizada previamente y se plasmará en la Tabla 4.12, la cual es una adaptación del realizado por Urbina y Salas (ver Tabla 4.11).

Tabla 4.11 Ordenamiento de la gestión de residuos sólidos domiciliarios

Tipología Urbanística	Almacenamiento		Recogida y Transportación				Tratamiento
	Característica	Localización	Tecnología a utilizar	Equipo recolector	Método de recogida	Frecuencia de recolección	
I	Cestos colectores	En espacios públicos, áreas verdes	Mecanizada	Camión compactador	Contenedor	Diaría	
	Colectores o contenedores con una capacidad de 2.00m ³		Mecanizada	Camión compactador	Contenedor	Diaría o cada tres días	
II	Colectores o contenedores con una capacidad de 2.00m ³	En zonas de edificios multifamiliares	Semimecanizada	No convencional	Contenedor	Diaría o cada tres días	
			Manual	No convencional	Contenedor y de acera	Cada tres días	
III	Cestos colectores	En lugares de uso público con alta concentración de personas	Mecanizada	Camión compactador	De llevar y traer	Diaría	Reciclaje (Apertura de casas de compra de materias primas)
	Envases con capacidad de 20 lts, de forma cilíndrica, de plástico u otros materiales duraderos, con la base de menor diámetro, tapa ajustada y asas a ambos lados	En el interior de la vivienda					
IV	Envases con capacidad de 20 lts, de forma cilíndrica, de plástico u otros materiales duraderos, con la base de menor diámetro, tapa ajustada y asas a ambos lados	En los jardines	Mecanizada	Camión compactador	Acera	Diaría	Fabricación de biogás
			Manual	No convencional	Acera	Dos veces por semana	
V	Envases con capacidad de 20 lts, de forma cilíndrica, de plástico u otros materiales duraderos, con la base de menor diámetro, tapa ajustada y asas a ambos lados	En el interior de la vivienda En los jardines	Manual	No convencional	Acera y de esquina	Dos veces por semana	
	Colocación de camas ampirol en las zonas de difícil acceso	Utilizando los desniveles del terreno	Semi-mecanizado	Camión ampirol	De llevar y traer	Cada tres días	

Fuente: Urbina y Salas, 2017

En la Tabla 4.12 se representa la adaptación de la tipología urbanística y elementos de ordenamiento desde una perspectiva de separación en el origen y tratamiento de residuos orgánicos domiciliarios.

Tabla 4.12 Adaptación de ordenamiento de la gestión de residuos sólidos domiciliarios orgánicos

Tipología Urbana	almacenamiento		Tratamiento pre-recogida (opcional)		Recogida y transportación				Pretratamiento (opcional)		Tratamiento	
	Característica	Localización	Característica	localización	Tecnología a utilizar	Equipo recolector	Método de recogida	Frecuencia de recolección	Tecnología a utilizar	Técnica a utilizar		
I	cesto colector 9 L	Interior vivienda	Compostaje / vermicompostaje domiciliario	Interior vivienda	semimecánica / manual	Camion tolva (convencional o no convencional) + operarios de apoyo	De acera	2 o 3 veces por semana	aplicación de complejos enzimáticos, trituración mecánica	Aerobico (compostaje) y/o Anaerobico (biogestor)		
	contenedor(es) 240 L litros	Espacio publico o areas verdes	compostaje / vermicompostaje comunitario	Huerto comunitario o espacio habilitado (espacio publico)								
II	cesto colector 9 litros	Interior vivienda	Compostaje / vermicompostaje domiciliario	Interior vivienda	semimecánica / manual	Camion tolva (convencional) + operarios de apoyo	De acera y de contenedor	2 o 3 veces por semana	aplicación de complejos enzimáticos, trituración mecánica	Aerobico (compostaje) y/o Anaerobico (biogestor)		
	Contenedores 240L a 1,100L	Zona de edificio Multifamiliar	compostaje / vermicompostaje comunitario	Huerto comunitario o espacio habilitado								
III	cesto colector 9 litros	Interior vivienda	Compostaje o vermicompostaje unifamiliar	Interior vivienda	semimecánica / manual	Camion Tolva o Ampiro (convencional o no convencional) + operarios de apoyo	De acera y de contenedor	2 o 3 veces por semana	aplicación de complejos enzimáticos, trituración mecánica	Aerobico (compostaje) y/o Anaerobico (biogestor)		
	contenedor(es) 30 L a 120L	Espacio publico o areas verdes	Compostaje / vermicompostaje comunitario	Huerto comunitario (espacio publico)								
	Contenedores 240 L litros	Zona de edificio Multifamiliar	Compostaje / vermicompostaje comunitario	Huerto comunitario o espacio habilitado (espacio publico)								
IV	cesto colector 9 litros	Interior vivienda	Compostaje / vermicompostaje domiciliario	Interior vivienda	semimecánica / manual	Camion Ampiro (convencional o no convencional) + operarios de apoyo	De contenedor	2 o 3 veces por semana	aplicación de complejos enzimáticos, trituración mecánica	Aerobico (compostaje) y/o Anaerobico (biogestor)		
	Contenedores 240 Litros	Zona de edificio Multifamiliar	Compostaje / vermicompostaje comunitario	Huerto comunitario o espacio habilitado (espacio publico)								

Fuente: Adaptación de Urbina y Salas, 2017

2.1.8.2.2 Fase III. Monitorear-Controlar

Esta fase tiene como objetivo monitorear y controlar la metodología empleada en función de optimizar el sistema mediante el ACV, midiendo los resultados y los impactos generados, para luego realizar mejoras.

Paso 3-1. Monitorear la propuesta de ordenamiento urbano: Para esto, el grupo de trabajo deberá chequear el cumplimiento de las distintas regulaciones realizadas y sus acciones respectivas para tomar las acciones oportunas. También se plantea que se verifique el cumplimiento de todas las normativas bajo las cuales se someta el sistema.

Se debe plantear la implementación de un sistema de indicadores para facilitar las mediciones y tomar acciones cuando existan desviaciones. Para los residuos orgánicos y una gestión a nivel local, se utilizarán los indicadores planteados en la Estrategia Nacional de residuos Orgánicos 2020-2040 (ver tabla 4.13), los cuales serán adaptados más adelante dentro del presente informe.

Tabla 4.13 Indicadores para gestión de residuos orgánicos a nivel municipal planteados por el MMA

Fuente	N°	INDICADOR	FORMA DE MEDICIÓN
MMA	1	% de disminución de residuos orgánicos en disposición final	$\frac{\text{Ton valorizada SINADER} + \text{Ton estimadas valorizadas (casas, EE, Barrios)}}{\text{Total Ton valorizadas} + \text{Estimación RO que van a RS}} \times 100\%$ <p>Ton Valorizada: Para obtener las toneladas valorizadas, la información se extraerá de las declaraciones de los municipios en SINADER.</p> <p>Ton estimadas valorizadas (casas, EE, Barrios): La fracción de residuos orgánicos que se tratan en los domicilios, establecimientos educacionales y a escala barrial, serán estimados, para lo cual el MMA establecerá una fórmula de cálculo que será entregada a los municipios para que la utilicen y reporten directamente al MMA.</p> <p>Total ton valorizadas: corresponde a la suma de los dos términos señalados anteriormente (Ton Valorizada + Ton estimadas valorizadas (casas, EE, Barrios)).</p> <p>Estimación RO que van a RS: este término corresponde a la estimación de residuos orgánicos que no fueron valorizados y que se destinaron a disposición final. Para el año N se considerará la información obtenida en una caracterización que será realizada cada 5 años, y para los años N+1 al N+4 se realizará una proyección en base a una fórmula elaborada por el MMA.</p>
	2	N° de viviendas con equipamiento de valorización de residuos orgánicos.	El municipio deberá centralizar esa información y reportarla al MMA.
	3	N° de establecimientos educacionales con equipamiento de valorización de residuos orgánicos.	El municipio deberá centralizar esa información y reportarla al MMA.
	4	N° de barrios en el programa "Quiero mi Barrio".	Se solicitará que MINVU entregue esta información al MMA.
	5	N° de parques urbanos con sistema de compostaje	Se solicitará que MINVU entregue esta información al MMA.

Fuente: Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040

Paso 3-2. Evaluar el cambio del estado ambiental de la ciudad: Desde esta etapa se pretende favorecer el medio natural, el construido y la calidad de vida, a través del sistema de indicadores de las Tablas 4.20 y 4.21, para facilitar las mediciones

en el tiempo y generar estadísticas que permitan dilucidar los impactos causados por la aplicación de la metodología, fortaleciendo la gestión local y la toma de decisiones. Se recomienda que, la frecuencia de su aplicación sea anual y estos sean revisados y modificados, si es necesario. Es deber de equipo de trabajo establecer mecanismo para que esta información sea procesada para poder tomar medidas de los aspectos deseados o definir nuevos indicadores que contribuyan a una mejor medición.

Paso 3-3. Evaluar, ajustar y retroalimentar la metodología: De acuerdo con los resultados obtenidos, a partir de los indicadores, se podrá conocer el grado de cumplimiento de los objetivos y ahondar en los incumplimientos y trabajar en ellos. La evaluación considerara las siguientes actividades

- Actividad 1: Analizar las causas potenciales que pueden incidir en el incumplimiento del ordenamiento de la gestión de los residuos sólidos domiciliarios propuesto por desconocimiento de las acciones planificadas, la falta de exigencia y control para desarrollar las medidas previstas y el surgimiento de nuevas prioridades sociales que motiven el cambio de las acciones de conservación.
- Actividad 2: Diseñar medidas correctivas precisas que permitan disminuir las desviaciones respecto a lo planificado, a partir de la incidencia de las causas anteriores u otras no previstas.
- Actividad 3: Reiniciar un nuevo ciclo de aplicación de la metodología como resultado del desarrollo de las acciones anteriores en caso de existir cambios en las condiciones organizativas o que surjan nuevos componentes naturales y ambientales afectados.

4.2.2 Revisión de documentos oficiales de la región Metropolitana y la Unión Europea

4.2.2.1 Estrategias locales para la minimización de residuos. Diez experiencias municipales exitosas de la Región Metropolitana (MMA, 2018)

Este documento nace con el fin de entregar una herramienta que permita a los municipios tomar las mejores decisiones al momento de gestionar los residuos. Las experiencias relatadas en este documento indican que deben ser fomentadas la responsabilidad compartida y la participación ciudadana, promoviendo la modificación de patrones de consumo y comportamientos de los ciudadanos y las distintas organizaciones. Estos aspectos son integrados en la “Estrategia Regional de Residuos Sólidos de la Región Metropolitana”, elaborada por el MMA, la cual promueve la jerarquía en el manejo de residuos (Prevención, Reutilización, Reciclaje, Valorización y Eliminación). Además de esto se encuentra la reciente publicación de la Ley 20.920, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje, promulgada el año 2016, y la implementación de un Programa de Valorización de Residuos en la Región Metropolitana: Santiago Recicla, el cual promueve a nivel regional “un trabajo integral y articulado en el proceso de manejo de residuos y disposición final con los diversos actores relevantes vinculados” (MMA, 2018). Es importante abordar esta temática a través de la revisión de experiencias reales para poder obtener un aprendizaje y que los municipios utilicen esto en su gestión.

De los aprendizajes que se obtuvieron se mencionan:

1. La visión medioambiental y voluntad política, y
2. Educación, participación ciudadana e inclusión.

Respecto a la visión medioambiental, el primer factor común entre las municipalidades es la perspectiva hacia la protección del medio ambiente, como sello distintivo de la municipalidad, lo que se refleja en la definición de una misión y una visión que se lleva a cabo con “acciones a través de una agenda, definitiva y profesionalizada” (MMA, 2018), en donde formaliza el quehacer de las municipalidades en el tema. Al establecer una política ambiental dentro de un municipio, “estos cuentan con un marco Institucional y la consiguiente inclusión presupuestaria de los planes, proyectos y programas en dicho ámbito, lo que permite que estos tengan continuidad de estos” (MMA, 2018). Las ordenanzas municipales son un instrumento que los municipios utilizan para normar y ordenar la gestión de residuos.

En cuanto a los profesionales y funcionarios que representan la misión y visión ambiental, son un pilar fundamental para materializar la gestión y en el cumplimiento de la jerarquía de manejo, donde realizan labores más allá de su funcionamiento para el cumplimiento esto.

A continuación se indican los modos en que a grandes rasgos realizan sus funciones los municipios, según capacidad de financiamiento y personal, de acuerdo al documento.

- El primer caso identificado y mencionado es la externalización de sus funciones, mediante licitaciones.
- En un punto intermedio se encuentran las municipalidades con unidades ambientales con presupuesto reducido, los cuales deben generar estrategias eficientes para conseguir financiamiento externo.
- Existen otro vértice en donde las municipalidades realizan todas las labores de forma interna, en donde han tenido que generar las competencias necesarias para responder a las exigencias que requiere la segregación en el origen.

Finalmente, el Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM), es un instrumento que se presenta en la mayoría de los municipios revisados y ha introducido la agenda ambiental en estos. Al ser voluntario, la participación en este refleja el interés y voluntad política en el tema.

La educación ambiental es un eje fundamental para la participación ciudadana e inclusión, que ha sido logrado por los municipios a través de un trabajo con establecimientos educacionales, privados y distintas organizaciones, no solo en tema de residuos, sino que en distintas temáticas. Se considera que la concientización ambiental de los ciudadanos en un eje transversal que determina todas las etapas del CV de los residuos domiciliarios y, por ende, debe trabajarse de manera contundente si se desea realizar cambios en los hábitos de consumo que hoy en día existen en la sociedad.

A continuación se hace un resumen de la revisión de las experiencias mencionadas en el documento, destacando ciertos elementos de cada una de ellas, para luego consolidar estos elementos en una tabla y así adaptarlos a una gestión diferencial de los desechos orgánicos domiciliarios.

4.2.2.1.1 Municipio de El Monte

La iniciativa de este municipio posee 4 pilares en los cuales se basa su gestión:

- I. Plan Piloto de Reciclaje con retiro selectivo casa a casa en cuatro villas, que suman alrededor de 300 viviendas (Villa O'Higgins, Doña Javiera, Don Ignacio, José Miguel).
- II. Instalación de contenedores para plásticos PET (puntos verdes), con 45 puntos habilitados en juntas de vecinos, vía pública y clubes deportivos,

esto gracias a la participación en programas que otorgan fondos públicos para este tipo de iniciativas.

- III. Construcción de “Galpón Centro de Acopio Municipal”, con cinta transportadora para clasificación de material, en donde trabajan recicladores de base contratados por el municipio.
- IV. Estrategia de Educación Ambiental e involucramiento de la comunidad de manera transversal en todas las acciones de recuperación de residuos a través de la coordinación con distintos centros educativos.

Su actual funcionamiento y forma de operación se originó debido al mal funcionamiento y ausencia de camiones recolectores, lo que dio oportunidad para dar énfasis a la gestión integral de residuos mediante un empoderamiento de la unidad ambiental con dependencia directa de la alcaldía. En cuanto a su sello distintivo, se destaca la inclusión de recicladores de base. El enfoque de Economía Circular se ha reforzado a través del Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM).

4.2.2.1.2 Municipio de Las Condes

Todo comenzó con la instalación de un punto limpio en 2008, a lo que fueron sumados 11 puntos verdes y 5 puntos limpios móviles. Además, se dispone de 8 contenedores para pilas distribuidos en la comuna.

Poseen un plan de recolección puerta a puerta, creado el año 2017, en donde se entregan bolsas a los vecinos además de recibir un robusto plan de capacitación. Para el caso de los edificios, la comunidad debe organizarse para solicitar contenedores y su retiro será coordinado entre la administración del edificio y la municipalidad. El enfoque de la educación ambiental son principalmente centros educacionales públicos y privados (empresas).

En el año 2005 se instalaron contenedores para pilas, a solicitud de los vecinos, sin contar con un plan comunal. Luego, en 2008, se gestionaba el punto limpio directamente desde la municipalidad, sin embargo, frente a las dificultades, su manejo fue delegado a una empresa externa. Se destaca que, para la recolección segregada puerta a puerta se sumaron 4 camiones.

4.2.2.1.3 Municipio de Lo Barnechea

Durante los últimos años la gestión ambiental ha sido uno de los ejes centrales del municipio, orientados a la minimización de residuos basados en dos pilares fundamentales: un Gran Punto Limpio y Puntos Limpios Móviles. Cabe recalcar que, la gestión de los residuos valorizables se encuentra externalizada a una empresa del rubro. Para lograr esto se instaló transversalmente la educación ambiental través del Departamento de Gestión Ambiental de la Dirección de Medio Ambiente, Aseo y Ornato. Cabe recalcar que, la gestión de los residuos valorizables se encuentra externalizada a una empresa del rubro.

La primera dificultad fue la merma de los puntos limpios, por lo que se identificó la falta de educación frente al tema. Frente a esto se realizó un plan de monitoreo mediante la instalación de un “chip” en los contenedores, para analizar el comportamiento de reciclaje de los vecinos. Otro desafío fue la adaptación de los vecinos frente a la periodicidad de la recolección segregada y el sacar solo lo indicado, lo que se logró mediante el trabajo educativo.

En el año 2016, cuando se implementó el plan piloto de retiro domiciliario, aumentó el material recuperado, lo que el municipio identifica como una relación entre difusión y recuperación. Actualmente, la comuna cuenta con recursos y baja rotación de funcionarios lo que permite la continuidad del programa.

4.2.2.1.4 Municipio de Maipú

El actual proyecto de reciclaje de la comuna apunta, principalmente, a los desechos inorgánicos y nace de esfuerzos sostenidos en el tiempo respecto a un manejo integral de los residuos con un enfoque inclusivo. Este comenzó mediante acuerdos con privados, en donde los encargados de la recuperación del vidrio y latas no tuvieron mayores problemas y, hasta el día de hoy, siguen trabajando con el municipio, no así con las empresas que gestionaban los envases de tetra pack y PET, acuerdos que fueron disueltos en un periodo muy breve, debido a distintas complicaciones y costos adicionales que se presentaron en el tiempo, en donde los recicladores base tomaron protagonismo con estos tipos de residuos además abarcar los voluminosos.

Con apoyo de la municipalidad se habilitó un centro de acopio, incorporando con el tiempo fichas de asistencias, registros y métricas de material, lo que permitió medir las cantidades segregadas, información que sirvió para respaldar la gestión ambiental. “Los desafíos actuales del municipio relacionados con el centro de acopio son: mejorar sus condiciones y regularizar su instalación y operación ante la autoridad ambiental y sanitaria; diversificar el tipo de materiales recuperados, incluso considerando aparatos eléctricos y electrónicos; y aumentar la red de infraestructura, lo que se concretará con la instalación de dos puntos limpios en la comuna con recursos provenientes del Red Regional Santiago Recicla” (MMA, 2018). Cabe destacar que, las agrupaciones de recicladores base que participan se encuentran certificadas por el programa de competencias laborales, Chile Valora

4.2.2.1.5 Municipio de Ñuñoa

Parte en 2003 con la recolección puerta a puerta de materiales inorgánicos. “Este servicio, ofrecido por camiones que poseen una imagen distinta a los de la recolección normal, está incorporado dentro de un contrato a suma alzada, vale decir, que independiente del volumen de residuos, se paga un valor fijo a la empresa adjudicataria por tonelada. Esta lleva los materiales directo a la planta de transferencia y luego son procesados en las instalaciones de reciclaje ubicadas en la comuna de Tiltil.” (MMA, 2018). El programa parte con una gestión netamente municipal, realizando tanto la recolección, tratamiento y venta de estos. Nace a través de la voluntad política de los encargados y la demanda de los vecinos. El plan piloto parte en 2000 y en 2002 se instauró una ordenanza municipal, en que la colecta segregada se basaba en retiros segregados por zona, complementada con un programa de sensibilización y educación ambiental orientada a la comunidad y la instalación de infraestructura.

Después de evaluar distintas alternativas se concluyó que, la alternativa de menor costo consistía en un sistema de retiro con un solo camión y un día específico, y para facilitar la separación de los residuos a los vecinos, se les entregó una bolsa para disponer los residuos inorgánicos. El municipio se encargaría de la separación

En 2003 se construyó un centro de separación, de los cuales se obtuvieron aprendizajes técnicos y comerciales. Para esto se tuvo que ampliar el giro de la municipalidad en SII para comercializar los residuos. Además, la capacidad con la cual se instaló este centro fue demasiado ambicioso, dimensionando procesar 500 toneladas al mes, durante 4 años no superó las 300 toneladas, generando un desbalance y exceso de costos asociados, debiendo externalizar la administración de este sitio, donde el contrato también incluyó la recolección selectiva y la reubicación del centro, debido a molestias ocasionadas a los

vecinos. Este cambio de mando en el control del centro y la colecta dieron resultados positivos por lo se ha mantenido la estrategia.

4.2.2.1.6 Municipio de Peñalolén

El programa consiste en un sistema de recolección y valorización de residuos, siendo liderado por los recicladores base en coordinación con el municipio. En el programa existen casi 6 mil familias inscritas, las que son atendidas por una colecta puerta a puerta, además de poseer 6 puntos limpios (mediante alianzas estratégicas con empresas del sector) y la realización del retiro no programados de residuos y cachureos. Las alianzas con privados permitieron apalancar sus recursos técnicos como económicos, que fueron consolidando a la unidad de medio ambiente, representada por la Dirección de Medio Ambiente con peso en el organigrama municipal y con presupuesto propio. El programa comenzó con operativos de reciclaje, donde una empresa privada disponía de un camión para el acopio y la posterior compra de los materiales recuperados. Sin embargo, esto se diluyó en el tiempo por la decreciente participación de los recicladores, lo que se subsanó instalando puntos limpios que, además, fueron utilizados como lugares de acopio, transitando hacia una línea de emprendimiento social.

El municipio prestaba ayuda a los recicladores de base, en cuanto a la planificación de las rutas de colecta, además de capacitar y otorgar equipamiento (triciclos), monitoreando también las actividades de estos en terreno

Uno de los ámbitos innovadores del programa, fue la generación de información estratégica para el diseño y toma de decisiones, encuestándose a vecinos para identificar las variables que motivarían su participación, cuyo resultado fue la arista de beneficio social.

Esta comuna posee un EcoParque, el cual ocupa 2300 m² y funciona bajo el permiso de operar como el módulo de Centro de Educación Ambiental e Investigación, basándose en el funcionamiento de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA) de La Pintana. Nace de la iniciativa de la municipalidad, la Universidad Adolfo Ibáñez y privados, lo que ha permitido apalancar recursos. Actualmente se encuentra postulando al Fondo Nacional de Desarrollo Regional del GORE, para tener una extensión de 20.000 m² de superficie. En lo que respecta el terreno de compostaje, en este piloto se valorizan unas 240 toneladas al año de residuos orgánicos provenientes de ferias (2/3) y de residuos de poda (1/3). El compost se voltea una vez por semana y se extrae después de 4 meses, para ser utilizado en un invernadero del mismo lugar.

4.2.2.1.7 Municipio de Providencia

Desde 2017 comenzó el programa piloto de recolección selectiva, que se realizó a través de una alianza con un privado, en donde este no cobra por este servicio y las ganancias de la venta de los materiales recuperados se los queda la empresa. “Durante el segundo semestre de 2018 se trabajó en las bases de licitación para la recolección diferenciada en 2.100 edificios residenciales, lo que equivale al 80% del total de los edificios de la comuna, logrando llegar a poco más de 60.000 departamentos” (MMA, 2018). Antes de implementar este sistema, la municipalidad apuntaba su estrategia a la disposición de residuos valorizables en puntos verdes y limpios, donde la capacidad de estos sitios fue superada, complicando la gestión. En este sentido, en el año 2008 se reajustó la estrategia, integrando la colecta diferencial puerta a puerta por parte de un privado, situación que colapsó debido al escaso control por parte de la municipalidad, además de no existir centros de acopio que coincidieran con los horarios de colecta de la municipalidad, “lo que finalizó en la generación de acuerdos de entrega de material con centros de acopio privados que estuvieron

dispuestos a ajustar su servicio a los requisitos del municipio. Por su parte, el municipio les ofrecía donarles el material” (MMA, 2018). Como resultado de la experiencia, la municipalidad eliminó los puntos verdes, dado los problemas de mantención y logística y optó por una recogida diferencial puerta a puerta, dando resultados positivos en cuanto a las cantidades

De las acciones del municipio se destacan las capacitaciones realizadas a los vecinos, respecto del programa de colecta selectiva, apoyadas a través de distintos canales de comunicación y facilitando la infraestructura para esto. Respecto de las acciones de la empresa, en primer lugar, se destaca que realiza el servicio de manera gratuita a cambio de las ganancias de las ventas, de igual manera se encarga de mantener las condiciones de los contenedores instalados en los edificios para su retiro y entregar información respecto de los reportes de las rutas y trazabilidad de los residuos.

4.2.2.1.8 Municipio de Puente Alto

El programa implementado por la comuna de Puente Alto se basa en la educación ambiental y entrega de equipamiento e infraestructura a la comunidad, en una mezcla con la logística. Para educar la comunidad, han logrado abordarlo desde los establecimientos educacionales y distintas organizaciones enfocadas en diferentes temáticas.

La implementación de su primer punto limpio fue en los años 2012, logrando recuperar 400 kg en 3 meses, actualmente se alcanza una cantidad de 40 toneladas mensuales y el manejo de estos sitios están a cargo de la municipalidad. El año 2018 ingresó al Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM), además de consolidar el departamento con presupuesto y dotación propia. Cabe destacar que, la gestión es netamente municipal, por lo

que el control sobre la gestión y resultados es exhaustivo. En 2014 se incorporó un punto limpio móvil, el que en primera instancia se inició con una lógica de servicio que consideraba el retiro y difusión ambiental en establecimiento educacionales. También se incorporó la recolección selectiva en domicilios y puntos estratégicos, modificando su periodicidad de dos semanas a tres días, el cual gestionó un 50% de los desechos de los puntos limpios.

Se hace hincapié en la recuperación de espacios a través de la instalación de puntos limpios con áreas verdes, equipadas en función de fortalecer el tejido social aportando, de este modo, al cambio cultural de los ciudadanos.

El levantamiento de datos permitió trazar los residuos con información cuantificable y una consiguiente optimización del servicio de colecta.

En términos institucionales, se instaló la necesidad de difundir y coordinar su programa con otras unidades ambientales, en función de una sinergia, y en términos presupuestarios se incluyó como requisito la colecta segregada en las licitaciones de recogida y transporte de los residuos domiciliarios.

4.2.2.1.9 Municipio de Santiago

Durante los primeros pasos de la iniciativa, se evaluó a los residentes de la comuna como sujeto verde-digital, según revisión de información secundaria de CENSO 2017, lo que dio señales de la viabilidad del programa, además de una encuesta realizada a los vecinos, donde se obtuvo que el 52% de estos prefería una colecta directamente en los domicilios. En 2016 la comuna inicia su programa con un plan de capacitación hacia los vecinos, con el objetivo de educar acerca de los beneficios de la separación de residuos. Posteriormente, se comenzó con la colecta segregada de 200 edificios de la comuna, donde se facilitaron los

contenedores adecuados, a través de un privado, el cual debía de cumplir las exigencias de un camión colector tradicional donde, además, la empresa aseguraba la trazabilidad de los residuos. “La magnitud de la eficacia del retiro segregado en edificios, radica en que mensualmente el municipio recupera 63 toneladas de residuos reciclables, en comparación con un punto limpio instalado en la comuna, que alcanza las 1,2 toneladas” (MMA,2018). El municipio consideró que los puntos verdes y limpios presentaban complejidades en sus mantenimientos y costos, además de poseer una baja capacidad de respuesta ante el colapso de su capacidad.

La generación de información territorial fue clave para el aprendizaje de los distintos métodos de reciclaje, permitiendo lograr una opción eficiente. Esto se logró mediante un acuerdo entre la empresa a cargo de la colecta y la municipalidad, donde esta no recibió dinero de las ventas de los productos, pero se le entregó información en función de desarrollar inteligencia territorial, replicando el proyecto a largo plazo.

En el municipio se adaptaron criterios de separación, en base a experiencias internacionales, como el del concurso de los premios Bloomberg Challenge, realizado en Houston, donde la propuesta “One Bin For All” (un contenedor para todo) ofreció una nueva solución, simplificando la tarea del reciclaje, seleccionando si estos contuvieron líquidos o no, lo que permitió aumentar de 18% a un 31% de valorización.

Respecto a la valorización de la fracción orgánica de los residuos domiciliarios, el Centro Educativo Ambiental (CEA) ubicado en el Parque O’Higgins, gestionado por la municipalidad de Santiago, utiliza de igual manera el sistema de colecta diferencial para los hogares colindantes al parque, donde se les hace entrega de un lechero que es retirado por la municipalidad 2 veces por semana. También

recupera y valoriza los desechos del mismo parque, ferias, vega y la universidad, mediante la entrega de contenedores de 240 litros para este fin. Pese a que la merma del proceso llega en ocasiones a un 10%, el compost obtenido es de clase A según la norma chilena.

4.2.2.1.10 Municipio de Vitacura

El punto limpio de la comuna, que comenzó su operación en 2006 y obtuvo su resolución sanitaria en 2010, cuenta con seis contenedores soterrados, en los cuales se depositan papeles y cartones, latas de aluminio, envases y botellas plásticas, botellas de vidrio y cartón para bebidas; cuatro contenedores de superficie donde se depositan el metal y chatarra, ropa y enseres, electrodomésticos, componentes de computadores personales (CPU); y cuatro contenedores para residuos peligrosos, como monitores o pantallas de televisores, pilas y baterías, medicamentos vencidos, “cartridge” y “tóner”, dando cuenta de la amplia variedad de residuos que reciben. Este centro de acopio incorpora el eje de educación ambiental fuertemente, incorporando trabajadores especializados en esta materia.

Se destaca la implementación de un sistema de cámaras lectoras de patente, para generar un control y generación de estadísticas respecto al detalle del ingreso de vehículos (origen) y para conocer su cobertura donde, además, se identificó que el flujo vehicular es una externalidad que se presentó en este sitio, ya que se registró un alto flujo de vehículos generando, en ocasiones, una alta congestión y tiempo de espera. Respecto al levantamiento de información, en 2014 comienzan la declaración en sistema RETC. Además, se realizaron encuesta a los vecinos “acerca del por qué asistían al punto, siendo mayoritariamente la respuesta “mis hijos me traen”, reflejando el éxito de la educación ambiental en establecimientos educacionales” (MMA, 2018). De igual

manera, a las empresas a cargo de recibir los materiales recuperados se les consultó respecto a la calidad del material entregado entre otros, todo esto con el fin de determinar la mejor opción al momento de tomar una decisión.

En 2015 se integran puntos verdes descomprimiendo el gran punto limpio, lo que coincide con la baja de materiales recuperados en el gran punto limpio.

4.2.2.2 Ejemplos de Buenas Prácticas de Compostaje y Recogida Selectiva de Residuos (Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, 2000)

Este informe ha sido elaborado con el fin de entregar información a los países miembros que les pueda ayudar a tomar decisiones respecto a la incorporación de programas de compostaje (domestica, comunitaria y centralizada) y recogida selectiva, realizando una revisión de experiencias exitosas en el tema y destacando las distintas particularidades que determinaron esto.

Se considera importante su difusión para transmitir un mensaje de confianza, entregando pruebas empíricas de que este tipo de prácticas son viables desde el punto de vista práctico y económico.

Respecto a la recogida selectiva y ventajas del compostaje, la experiencia indica que, el éxito de esto dependerá de la separación en el origen de los residuos ya que, si estos son recuperados de residuos mixtos, el proceso de vuelve laborioso y contamina la materia prima, lo que resulta en un compost de baja calidad que no cumple con los estándares técnicos adecuados. Además, el ciudadano, al adoptar costumbres de separación de residuos en su hogar, creará conciencia acerca del problema de los residuos y lo hará más responsable frente a su generación.

Se comenta el compostaje doméstico y comunitario el cual, además de desviar los rellenos del relleno sanitario, contribuye a evitar los impactos ambientales derivados de la colecta y transporte de los residuos producidos por los vehículos recolectores.

Los factores clave de los programas de compostaje, en los casos estudiados, involucran varios aspectos. Uno de ellos es que este tipo de iniciativas son parte de un sistema integral de valorización de residuos que nacen de la separación en origen, lo cual genera una mejor aceptación entre los usuarios del servicio ya que ofrece una mayor gama de posibilidades, fomentando e incentivando este tipo de prácticas.

Respecto a la dimensión del tipo de compostaje, se hace mención el domiciliario, comunitario y centralizado, donde es fundamental que los usuarios entiendan el funcionamiento de cada una de ellas y el tipo de residuo orgánico que pueden procesar, es importante que el equipamiento para realizar esta actividad sea entregado de forma gratuita cuando sea posible, fomentando este tipo de práctica.

En cuanto a los detalles financieros, se hace mención que la implementación de programas de este tipo deberá minimizar al máximo los costos asociados, tal como sucede con distintos programas de recogida que comparten los vehículos recolectores y, de este modo, los costos asociados. Respecto a la reducción de costos, se indica que deberán reducirse las barreras arancelarias, como los impuestos relacionados al proceso. Otro punto es la obtención del financiamiento para desarrollar este tipo de proyectos, ya sea de fondos locales o internacionales.

La comunicación e información, de igual manera, es fundamental para el desarrollo de este tipo de prácticas, donde una buena campaña puede garantizar la participación de los ciudadanos haciéndolos sentir participe de esto desde un comienzo, esto a través de distintos medios de comunicación.

A continuación se hace un resumen de las experiencias revisadas en el documento.

4.2.2.2.1 Baix Camp (1997)

Es una provincia de Tarragona, al sur de la Comunidad Autónoma de Cataluña, en el noreste de España, la cual se caracteriza por ser un sector rural mixto. El programa está dirigido por el Departamento de Medio Ambiente, el cual ha establecido ordenanzas municipales estableciendo obligatoria la recogida selectiva de residuos biodegradables, abarcando domicilios como a productores a gran escala. Esto se realiza mediante la colecta diferencial tanto en domicilios a través de la entrega de bolsas plásticas compostables a los usuarios, como a dependencias de los generadores a gran escala y también mediante la instalación de contenedores para este fin en espacios públicos. La estrategia utilizada se basa en una planta de compostaje centralizada techada, con una capacidad de 35.000 toneladas anuales, ubicada en el centro de la localidad que utiliza el método de pila por volteo, donde el producto final es cribado y cuenta, además, con sistemas para capturar y recircular los lixiviados durante el proceso. Se comenta que en la planta centralizada hubo problemas en el proceso debido al alto grado de humedad presente en la materia prima, el cual fue solucionado ocupando otras fuentes como restos de jardinería.

El producto final es demandado entre huertos privados y agricultores particulares, donde la totalidad del compost es vendida.

La implementación del programa de recuperación de biodegradables en los residuos, tuvo que implementar una fuerte campaña de información puerta a puerta, en establecimientos educacionales, distintas organizaciones sociales y medios de comunicación, donde además se les entregaron bolsas y contenedores para este fin. Este programa ha tenido el respaldo político que le ha permitido lograr una continuidad y proyección en el tiempo. Ejemplo de esto es la aplicación de una ordenanza municipal que hace obligatorio este tipo de prácticas y también la participación activa en las campañas informativas por parte de los funcionarios públicos. La cobertura del programa ha sido planificada con el fin de incrementarla a mediano plazo.

4.2.2.2.2 Barcelona (1992)

El Área Metropolitana de Barcelona es una autoridad metropolitana, aproximadamente 3 millones de habitantes y 585 km². La población de la zona consiste en una mezcla de población rural y población urbana diversificada. El programa se basaba en la colecta selectiva que parte con la separación de los desechos orgánicos en cubetas de 10 litros o bolsas biodegradables, los cuales eran trasladados por el usuario a un contenedor ubicado en la calle donde, posteriormente, un camión recolector los retiraba para trasladarlos hacia una planta centralizada de compostaje que poseía una capacidad de 16.000 toneladas anuales. El proceso constaba de un pre tratamiento donde rompen y separan las bolsas, mezclando los desechos de hogar con restos de jardín utilizando un homogeneizador agrícola, posteriormente estos son introducidos un biodigestor, donde se controlan los parámetros adecuados durante 2 a 3 días para posteriormente madurar el compost durante 14 días al aire libre. En su última fase se refina a través de una mesa vibratoria, sistema que posee un rendimiento

superior al tratamiento tradicional de pila por volteo. La planta contaba un sistema para capturar y recircular los lixiviados durante el proceso.

El compost producido por la planta poseía de una alta calidad y era vendido en su totalidad.

Respecto a la campaña de comunicación e información del programa, esta se efectuó solamente al comienzo de su implementación, realizada por los municipios y apoyada por el gobierno, donde como resultado un gran interés por parte de los ciudadanos a los que, además, les fueron entregados bolsas compostables y contenedores para este fin. Se indica que las vías de comunicación como la radio y los periódicos no tuvieron mayores impactos. Otros factores que determinaron el éxito fueron que, por normativa, se estableció la obligatoriedad de separar en origen este tipo de residuos, sumado a la fuerte voluntad política y la experiencia de la empresa a cargo de la planta.

Pese a que este modelo de tratamiento en la planta centralizada tuvo excelentes resultados, dada la expansión urbana y la incorporación de desechos animales en el proceso, hace un par de años debió cerrar por olores molestos a la comunidad.

4.2.2.2.3 Montejurra (1989)

Es parte de la comunidad Foral de Navarra, España, tratándose de un sector mayoritariamente rural, con un alto porcentaje de segundas viviendas. La colecta diferenciada de desechos orgánicos es parte de una gestión integral de residuos biodegradables y no biodegradables.

Respecto a los residuos orgánicos, el programa se basa en la separación de estos en bolsas o contenedores entregados por el municipio, luego estos deben ser trasladados a contenedores ubicados en las calles donde son recogidos y trasladados a una planta centralizada al aire libre, que tiene una capacidad de 10.000 toneladas anuales, utilizando la técnica de pila de volteo para, finalmente, refinarlo y cribarlo. El camión utilizado es de uno o dos compartimientos, facilitando la tarea de colecta.

En cuanto al mercado del producto, se considera una demanda mayor a la oferta, por lo que la venta de este es rápida y por lo tanto no hay problemas de almacenaje.

El éxito del programa se basó en una fuerte campaña de información que incluyó folletos, charlas, entrega de bolsas y contenedores, campañas en establecimientos educacionales, radio y prensa, anuncios televisivos e incluso en colaboración con el párroco local. Pese a no existir una ordenanza que determinara la obligatoriedad de esta práctica, el entusiasmo de la población permitió que se estableciera el programa.

4.2.2.2.4 SIVOM (1998)

Ubicado en el norte de Francia, este programa tiene una cobertura de alrededor del 92% de la población del sector, abarcando inorgánicos y orgánicos. La gestión de los desechos orgánicos domiciliarios no incorpora solamente restos de verdura y frutas, sino que también abarca carnes y pescados. Este partió con una cobertura de 3.000 habitantes, con un crecimiento de la cobertura planificada, logrando una cobertura 11.000 habitantes.

El desarrollo del programa de la fracción biodegradable se basa en la separación en origen en un contenedor de 120 litros para una posterior recogida por parte de un camión acondicionado que lo traslada a la planta centralizada cerrada, con una capacidad de 7.000 toneladas anuales, en donde se le realiza un retratamiento a la materia prima, triturándola para ser valorizada a través de pilas de compostaje aireadas, donde el residuo transita por 4 etapas totalmente aeróbicas para finalmente ser cribado. Los resultados son testeados para verificar la calidad del producto, etiquetándolo con un sello distintivo.

El éxito de la experiencia se basa en la campaña informativa y de comunicación puerta a puerta realizada, además de la entrega de folletos, donde se recalca en interés por demostrar que era posible mantener un sistema de este tipo a largo, mostrando las ventajas del proceso. También, la calidad del compost y su certificación han determinado la alta demanda del producto.

Figura 4.10 Planta de compostaje de SIVOM, Francia



Fuente: Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos, Comunidades Europeas, 2000

4.2.2.2.5 Gironde (1997)

Ubicada en la costa oeste de Francia, donde se aplica una gestión integral tanto para los residuos inorgánicos como orgánicos, con una cobertura de alrededor de 20.000 domicilios, en que 15.000 de ellos poseen recolección puerta a puerta. El programa de los desechos orgánicos parte con la separación de estos en los domicilios, luego se utiliza el método de colecta puerta a puerta y de colecta en la calle para, posteriormente, ser llevados a una planta centralizada abierta de compostaje, con una capacidad de 40.000 toneladas anuales, en la cual reciben un pre tratamiento de trituración y, a continuación, son sometidos a la técnica de pilas de compostaje, las que son volteadas, humectadas periódicamente, cribadas y maduras por 5 a 6 meses,

La campaña de información es realizada mediante la entrega de folletos y visitas al recinto de tratamiento. La operación de la planta de compostaje es externalizada a un privado con experiencia en el mercado, el cual se encarga del programa y valorización, alcanzando un producto de calidad certificado, al cual se le atribuye el éxito de la estrategia.

Figura 4.11 Cribado en planta compostaje de Gironde



Fuente: Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos, Comunidades Europeas, 2000

4.2.2.2.6 Niort (1992)

Esta localidad de Francia se encuentra ubicada a 60Km de la costa atlántica, con una población de 55.787, donde un 65% habita en viviendas unifamiliares y un 35% en edificios.

El programa fue implementado de forma paulatina donde, en la primera etapa, abarcó 1.500 domicilios, alcanzando los 12.000 en una etapa más avanzada. El municipio realizó una intensa campaña de información, lo cual implicó la colaboración de distintos departamentos, distribuyéndose en distintos medios de comunicación (nacional, regional y local). La campaña incluyó charlas públicas en los distintos distritos de la ciudad, distribución de información a domicilio (folletos, una carta del alcalde, adhesivos, etc.) así como también visitas guiadas a la planta de compostaje y la edición de un boletín semestral. Además, se instaló una ventanilla de consulta para las dudas, consultas y sugerencias.

A los ciudadanos les fueron entregados un cubo de basura de 10 litros para la cocina, además de contenedores de 120 y 240 litros según lo requerido y se trataron residuos de carnes y pescado, además se incorporaron contenedores diferenciados en puntos de mini recogida (puntos verdes). La recogida y transporte de los residuos es realizada de manera diferenciada y se trasladan los desechos hacia una planta centralizada cerrada, con una capacidad de 10.000 toneladas anuales, donde se somete a un pre tratamiento de trituración para luego utilizar la técnica de pilas de compostaje, las cuales son humectadas, maduradas y cribadas para la obtención de distintas calidades de compost. Poseen un sistema de recuperación de los lixiviados los cuales son trasladados a una planta de tratamiento. El proceso dura alrededor de 5 a 6 meses.

El éxito de esta iniciativa se basa en la fuerte campaña de información, el equipamiento entregado a los ciudadanos y el hecho de que esta práctica no sea obligatoria, garantiza que la materia prima recuperada sea de buena calidad.

4.2.2.2.7 Cork (1998)

Ubicado en el Sudoeste de Irlanda, se trata de un área rural-suburbana con una mezcla de entornos socioeconómicos. El programa de residuos verdes opera en determinadas épocas del año y posee una cobertura total.

Opera desde los 3 vertederos principales del área y también en sitios de recogida, donde los ciudadanos son encargados de separar y disponer este tipo de desechos de manera adecuada para valorizarlos mediante compostaje, procesándose alrededor de 1.000 toneladas anuales. Pese a que no se tiene una ordenanza que tipifique la obligatoriedad de esta, la respuesta ciudadana frente a esto fue muy positiva. Se destaca que, se posee un camión de carga

acondicionado que cuenta con una trituradora y mesa mezcladora, el cual se traslada a los distintos sitios, con el fin de reducir el volumen para un mejor manejo y tratamiento. La técnica utilizada en los distintos centros de tratamiento corresponde a pilas de compostaje con volteo. Estos elementos son los considerados la fuente del éxito en la experiencia.

4.2.2.2.8 Tralee (1999)

Localidad ubicada en el Sudeste de Irlanda, donde se ha implementado un programa piloto de recogida diferencial de biodegradables, el cual fue dirigido hacia zonas residenciales de una densidad poblacional media.

Se ha implementado una campaña de comunicación e información que incluyó un estreno oficial, distribución de folletos y circulares, elaboración de un paquete de información, visitas a domicilio, estudios, anuncios en radio y prensa, y cobertura televisiva. Como parte del programa se entregaron contenedores especialmente diseñados para evitar los malos olores y molestias, los que poseen agujeros que permiten una ventilación adecuada. Además, se otorgaron pegatinas informativas respecto al modo de separar este tipo de desechos como también un calendario de recogida.

La recogida es realizada por un camión de basura rotatorio al que cada cierto intervalo, se le introducen virutas de madera para acondicionar los desechos para su tratamiento. El tratamiento de compostaje se realiza en un espacio acondicionado del vertedero de la localidad y posee una capacidad de 500 toneladas anuales, en el que se tritura el material recibido para ser valorizado mediante pilas de compostaje cubiertas de goretex para facilitar su intercambio gaseoso. Estas son volteadas, cribadas y maduradas en un periodo de alrededor

de 50 semanas. El producto obtenido queda disponible de manera gratuita al público y, además, es utilizado por los servicios de jardinería de la localidad.

El éxito de esta experiencia se basa en el robusto plan de educación, comunicación e información, el cual tuvo como impacto una gran participación de los usuarios. Otro elemento es la alta calidad del compost obtenido durante el proceso, lo que refleja el interés de los participantes.

4.2.2.2.9 Limerick (1996)

Localidad ubicada en el Sudoeste de Irlanda, donde se implementó un programa de compostaje que abarca 2.800 hogares. Este parte como piloto en su primera fase, donde posteriormente se pretende la ampliación de este al resto de la ciudad.

En cuanto a la campaña de información, los ciudadanos fueron informados acerca del programa a través de notas de prensa, anuncios en la radio y la distribución de folletos. Además, fueron entregados contenedores verdes de 140L, 240L, biocontenedores (contenedor con orificios para aireación) y bolsas plásticas biodegradables, para la separación en el origen de los residuos orgánicos, que incluyeron residuos de cocina, carne, pescado y residuos de jardín, con el objetivo de no acumular basura en el fondo de los contenedores.

El proceso parte con la separación de los usuarios, luego son recolectados por los camiones recolectores acondicionados para captar los lixiviados generados y son transportados hacia una planta centralizada de compostaje, con una capacidad de 1000 toneladas año, donde son recibidas y trituradas, eliminando antes, si es necesario, materiales contaminantes, para ser formadas las pilas que son mantenidas mediante volteo mecánico con un cargador frontal con extensión

telescópica, siendo cribadas y maduradas , donde el proceso en total dura alrededor de 5 meses.

Se destaca que, se realizaron estudios para determinar el sector de expansión del programa que tendría una mayor aceptación su implementación.

Se considera exitosa esta experiencia debido a la buena calidad del compost que fue posible certificar, donde los usuarios lograron elevar su estándar de separación en origen y su rápida capacidad de respuesta frente algún inconveniente.

Figura 4.12 Contenedores para colecta de residuos orgánicos domiciliarios y proceso de trituración en centro de valorización



Fuente: Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos, Comunidades Europeas, 2000

4.2.2.2.10 Cupello (1998)

Localidad ubicada en el sur de Italia, donde el programa es financiado por el municipio y tiene una cobertura de 4.200 personas en un área de 48km^2 . Sin embargo, este posee una proyección de cobertura de 40.000 habitantes. Esta localidad forma parte de un plan que pretende recuperar residuos valorizables, donde se incluyen los desechos orgánicos de cocina, pero no los residuos de jardinería, debido a su característica voluminosa. Se basa en una estrategia que, en su primera fase, funciona como piloto para luego expandirse paulatinamente. Se destaca, además, que se promueve el compostaje doméstico en todos los estratos socioeconómicos y la creación de un servicio público especializado en entregar información respecto al tema.

El rendimiento de valorización luego de la implementación del programa superó el 1%, logrando un 35% en total y un 25% respecto de los desechos orgánicos. A los ciudadanos participantes se les hace entrega de bolsas biodegradables y contenedores (máximo 240L) para la separación de los desechos de cocina. Respecto a la recogida y transporte, esta es realizada por un camión tolva, donde este se especializa para el transporte de residuos de cocina (y no restos de jardinería, el cual posee un servicio especial), actividad que requiere del chofer y un operario para el manejo de los contenedores. El tratamiento se realiza a 10Km del área de colecta, basándose en un proceso de mejora continua e investigación, ya que la planta no solo procesa residuos provenientes del programa, sino que también de otras fuentes, por lo que se realizan líneas de procesamiento completamente aparte para evaluar el comportamiento, donde éste demora alrededor de 100 días. El compost obtenido es de alta calidad, el cual se certifica según la normativa italiana

Esta experiencia es considerada exitosa debido a que, en primer lugar, los usuarios al ser encuestados emitieron respuestas positivas frente al cuestionario de experiencia, donde la percepción de mejora del cambio de sistema de gestión fue efectiva. Además de esto, sirvió de impulso para que otros municipios se interesaran y se integraran al programa, debido a los excelentes resultados tanto ambientales como económicos, respecto al ahorro al evitar que residuos sean eliminados.

Figura 4.13 Camión tolva recolector de residuos orgánicos domiciliarios puerta a puerta



Fuente: Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos, Comunidades Europeas, 2000

4.2.2.2.11 Monza (1998)

Localidad ubicada cerca de Milán, al Norte de Italia. El programa implementado para la valorización de desechos, incluye los orgánicos domiciliarios y abarca a toda la población, que corresponde a 119.060 habitantes, en un área urbana de 35.094 Km^2 . El programa de recuperación de desechos orgánicos domiciliarios

parte de la iniciativa del municipio con el fin de reducir costos operacionales, escogiendo las opciones de plantas privadas con las menores tasas de descarga, ya que los residuos orgánicos son enviados a distintas plantas de tratamiento para minimizar el riesgo de falla, donde se instaló un ecocentro de descarga temporal utilizado como estación de transferencia y, de este modo, disminuir el tránsito de vehículos.

La campaña de información se basó en presentar a los ciudadanos los procedimientos de recogida selectiva y los horarios de esta. Además, se hizo hincapié en que los residuos de jardinería fueran dispuestos de manera diferencial por los mismos usuarios en el centro de acopio temporal. Para la separación de residuos fueron entregadas bolsas biodegradables, cubos de 10L y contenedores de 240L, con la posibilidad de arrendar contenedores de mayores dimensiones.

El transporte y recogida es realizado por camiones cargadores tolva de $3m^3$ y un solo operador. Antes de trasladarlos hacia la planta de compostaje, los desechos de cocina son llevados a una estación de transferencia, donde son cargados a un camión compactador y ser trasladados al sitio de valorización. El tratamiento en primera instancia se basó en la técnica de pilas compostaje con volteo. Sin embargo, actualmente son utilizados biocontenedores donde se manejan los parámetros (humedad, temperatura, PH y oxígeno) a través de sensores y controladores para este fin, en que la particularidad de este método consiste en incluir un sistema de recogida de gases y olores, lo que permite acelerar el proceso, obteniendo el producto final en un total de 30 días en condiciones para ser cribado. Los lixiviados generados durante el proceso son captados para ser trasladados mediante un camión cisterna a un centro de tratamiento anaeróbico. El compost obtenido es entregado de manera gratuito a los usuarios, con el fin

de fomentar la separación en origen y a agricultores con el fin de aumentar la demanda del producto.

El éxito del programa se basa en el sentido de participación adquirido por los ciudadanos, logrando ambiciosos objetivos de reciclaje, cumpliendo con los procedimientos de separación en origen de manera adecuada y otorgando un producto de alta calidad. Además, la capacidad de respuesta que solucionó los problemas que se fueron presentando durante el desarrollo del programa fue un punto importante.

4.2.2.2.12 Bacino Padua (1996)

Localidad ubicada al Noreste de Italia, que incluye 26 municipios, con una población de 205.000 habitantes y un área de 57.714 Km^2 . Se trata de un área rural, donde los hogares poseen jardín propio que permite realizar compostaje doméstico. El programa de reciclaje incluye inorgánicos, así como también la fracción biodegradable y nace de la necesidad de adaptarse a las nuevas regulaciones que indican que deben disminuir la eliminación de residuos. En 1998 se lograron recuperar alrededor de 16.000 toneladas de residuos orgánicos, entre desechos de cocina y restos de jardinería.

Los restos de jardinería deben ser depositados por los mismos usuarios en el ecocentro de almacenaje temporal o solicitar el retiro de estos, mientras que los residuos de cocina son retirados mediante una colecta diferencial. Además, se fomenta la realización compostaje doméstico.

Respecto de la comunicación e información, se realizaron visitas puerta a puerta, además de la publicación bimensual de una revista relacionada al tema, la cual contiene números telefónicos para cualquier consulta. Para la separación en

origen se han entregado bolsas biodegradables y contenedores (120L, 240L y 360L), dependiendo de las necesidades.

El distrito presenta su propia planta de tratamiento de aguas residuales y de residuos orgánicos, con una capacidad de 30.000 toneladas año. El proceso, parte con un pre tratamiento de los desechos de jardinería, mezclando estos con fangos residuales, luego se instalan las pilas y son aireadas mecánicamente para finalmente ser cribadas. En cuanto a los desechos de cocina estos son trasladados a otro centro de compostaje donde reciben un tratamiento similar, pero sin ser mezclados con fangos residuales. El compost generado de gran calidad es vendido y el de menor calidad es entregado de manera gratuita a los interesados.

El éxito del programa se basa en la alta calidad de la materia obtenida durante el proceso y la percepción que posee el usuario respecto a la comodidad del retiro puerta a puerta.

4.2.2.2.13 Oeiras y Amtres (1994)

El programa integral de residuos valorizables se localiza en Trajouce, Portugal, el cual abarca los municipios de Cascais, Oeiras, Sintra y Mafra. Estas municipalidades crearon la asociación municipal Amtres (Asociación Municipal para el Tratamiento de los Residuos Sólidos), la cual es propietaria de las instalaciones de valorización, pero la gestión es llevada a cabo por una empresa privada, donde Amtres es su mayor accionista. La población atendida por recolección diferenciada solo corresponde a la comuna de Oeiras y posee alrededor de 150.000 habitantes en un área de 46Km^2 , donde la mayor parte corresponden a edificios, aunque también existen hogares con jardín propio.

La implementación del programa fue paulatina, partiendo con una atención a 8.500 habitantes para luego cubrir 150.000, donde la fracción orgánica recogida corresponde a restos de cocina, incluyendo carnes y pescados. Los residuos de jardinería deben ser depositados por los usuarios en ecocentros de almacenaje o solicitar el retiro de estos. También se realiza el fomento de compostaje doméstico en escuelas y hogares.

El programa se inició con campaña de información puerta a puerta, apoyada con folletos, para indicar los procedimientos de retiro y los beneficios de la práctica, luego de esto se mantuvo en el tiempo a través de la publicación de la revista municipal, campañas en establecimientos educacionales, entre otros, destacándose la delegación de esta a 4 funcionarios enfocados a dirigir actividades en función de la educación ambiental.

Se hizo entrega de una determinada cantidad de bolsas para las viviendas unifamiliares y contenedores de 120L, 240L y 360L según la necesidad para los edificios. La recogida y transporte se realiza 3 veces por semanas y 4 en periodos de alta demanda.

La planta de tratamiento colinda con el vertedero y posee una capacidad de 250.000 toneladas año, realizando su proceso a través de pilas de compostaje con aireación mecánica, el que luego procede a ser refinado y empaquetado.

El éxito se basa en la estrategia global de gestión de residuos que fija objetivos y medios para alcanzarlo, el compromiso político y la participación responsable de los ciudadanos que se refleja en la alta calidad del compost obtenido.

4.2.2.2.14 Lipor (1995)

El programa se ubica en Ermesinde, Valongo, en el Área Metropolitana de Oporto, cubre 8 municipios en un área de 637 Km^2 , con una población de un millón de personas. Los municipios crearon la asociación LIPOR, encargada de la gestión de residuos. Este es un plan integral que incluye la colecta diferencial de residuos orgánicos.

Se entregan contenedores de 90 litros para viviendas unifamiliares y para la separación en edificios se utilizan bolsas de 70 litros. Además, se instalaron ecopuntos en el interior de estos recintos y también en parques. De igual manera, se entregaron contenedores de mayor dimensión para mercados. Los residuos son recolectados y transportados hacia una planta centralizada de compostaje, donde se recibe la materia prima y se procesan alrededor de 30.000 toneladas al año, para luego realizar un pre tratamiento, rompiendo las bolsas, homogeneizando los residuos, posteriormente se trituran y compostan con la técnica de pila por volteo.

El éxito de la iniciativa se debe al grado de conciencia alcanzado por los ciudadanos, lo que se traduce en una desviación de los residuos a eliminación, donde la materia prima obtenida para el proceso no posee grandes cantidades de contaminantes dando como resultado un compost de calidad. En el sentido económico de igual manera a destacado ya que representa un importante beneficio económico.

4.2.2.2.14 Arun (1998)

La localidad se ubica al sudeste de Inglaterra. En general, se trata de una zona rural, a excepción de algunos barrios urbanos donde las casas presentan jardín propio, además de presentarse una pequeña porción de edificios.

El programa consiste en una asociación entre el municipio y la empresa fabricante de las unidades de compostaje. Este partió con una campaña de información que incluyó anuncios en radio y prensa, circulares a las asociaciones de vecinos, encuentros en las parroquias y cooperativas agrícolas, y cartas a todos los domicilios del distrito. Luego de esto, en dos ocasiones, durante un día, se vendieron estas unidades de compostaje de 300L a precios accesibles. Se vendieron 3.600 unidades de compostaje hasta el año 2000 donde, además de la compra, se estableció una red de 50 voluntarios, cuyo objetivo es resolver dudas respecto al manejo del equipo y cualquier duda a futuros compradores como también a quienes ya lo hayan obtenido, creando un foro de discusión con reuniones regulares de la red de voluntarios.

El éxito del programa se basa en el interés de la comunidad acerca del tema donde, antes de la implementación de este, dado las características de la zona, ya se realizaban este tipo de prácticas.

Figura 4.14 Equipo de compostaje domestico entregado por el municipio de Arun



Fuente: Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos, Comunidades Europeas, 2000

4.2.2.2.15 Castle Morphet

Localidad ubicada al noreste de Inglaterra, caracterizada por ser una zona urbana densamente poblada. El programa implementado por el Departamento de Planificación y Medio Ambiente del consejo del distrito de Castle Morpeth, comenzó con un piloto que solo abarcaba 468 casas. Luego del éxito de este, se expandió la cobertura a un 25% de la población, atendiendo 5.000 hogares de los 20.400 que hay en total. El área de cobertura es de 3.000 hectáreas. En primera instancia los equipos utilizados (tritadora y pequeño tractor), se

pidieron prestados a otro ayuntamiento y solo se invirtió en los terrenos para emplazar el centro de compostaje.

La campaña informativa consistió en la entrega de un folleto que explicaba tanto el proceso de separación y entrega de los residuos como también los beneficios de la práctica, además se destaca la divulgación entre los mismos usuarios. La municipalidad hizo entrega de 2 contenedores de 240L a cada hogar, uno para los residuos orgánicos y otro gris para cualquier tipo de residuo, también se les entregó uno de 15L con tapa para ubicarlo en la cocina. La recogida y transporte es realizada por camiones recolectores, alternando por semana los residuos a recolectar y se instalaron sitios de acopio en espacios públicos para desechos inorgánicos. La fracción orgánica recolectada es trasladada al centro de compostaje, donde es recibida para un pre tratamiento de limpieza de materiales contaminantes y trituración, para finalmente compostar estos mediante la técnica de pila por volteo, con ayuda de una pala telescópica.

Al producto final, en un principio, no se le tenía mucha confianza respecto a sus resultados, por lo que este era entregado de manera gratuita demostrando su efectividad, actualmente este es vendido en su totalidad. El consejo municipal ha establecido valores que cumplen con los estándares de la UE, los cuales son rotulados en los sacos de compost para su venta. La universidad de Newcastle realizó estudios de este para su aplicación en distintos tipos de cultivo.

Los encargados indican que, el éxito del programa se atribuye a la simplicidad del sistema, ya que no requiere de un esfuerzo adicional por parte del usuario y de los operarios, además de que los participantes recibieron la propuesta de manera muy entusiasta.

4.2.2.2.16 Wyecycle (1999)

El programa, que partió como investigación en la universidad de Wye, se desarrolla al sudeste de Inglaterra cerca de Ashford, en Reino Unido, en el condado de Kent, en concreto dentro de los términos de Wye y de Brook, donde predominan las zonas rurales. El municipio emplea el presupuesto, pero este es implementado por WyeCycle, empresa de la comunidad independiente al consejo municipal. Este partió como piloto realizando una colecta diferencial de residuos orgánicos de 70 viviendas para luego expandirse a 950, incorporando también los reciclables secos, ya que se considera que si no se otorga la facilidad para valorizar estos las tasas de participación serían mucho menores.

La campaña de información se divulgó a través de la entrega de folletos que indicaban el procedimiento y manera de separar los residuos, así como el calendario del tipo de colecta realizado semanalmente. Se entregaron contenedores de 120L y otro de 10L para vaciar este en el de mayor capacidad.

Para la recogida y transporte, se utilizan un tractor y remolque para los residuos de jardinería y una furgoneta para los residuos de cocina, estos son trasladados a la planta de compostaje centralizada que posee una capacidad de 250 toneladas, donde los residuos de jardinería reciben el tratamiento utilizando la técnica de pila por volteo para, finalmente, ser cribado con viejos somieres y empaquetado para la venta. Los desechos de cocina son tratados en contenedores en un proceso prácticamente anaeróbico, donde son estos permanecen 3 semanas en cada uno, luego de lo cual se mezclan con los residuos de jardinería, utilizando este método para evitar problemas por la presencia de moscas o vectores.

El éxito del programa se atribuye a que hay un sistema de recogida de reciclables secos en conjunto con la fracción orgánica, fomentando la participación a través de la compra del producto a los participantes del programa, haciéndolos conscientes de que el éxito depende una correcta separación en el origen.

Figura 4.15 Cribado artesanal con antiguos somieres en centro de compostaje



Fuente: Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos, Comunidades Europeas, 2000

4.2.3 Aspectos claves para el funcionamiento de un sistema de SEORI y el tratamiento de residuos orgánicos

Para implementar un sistema SEORI, es necesario un equipo de trabajo adecuado y competente, el cual deberá establecer una política ambiental, que sea respaldada con una agenda de trabajo y recursos. Además, deberá utilizar

instrumentos de gestión, administrativos y de certificación que permitan viabilizar esto de mejor manera.

La educación ambiental y campañas de información son fundamentales para modificar hábitos y patrones de consumo en relación al manejo de los desechos, con el fin de poder operacionalizar la logística para recuperar materiales valorizables de manera adecuada. Los medios de comunicación para realizar la bajada de esto, corresponden desde programas incluidos en establecimientos educacionales, distintas organizaciones sociales, visitas puerta a puerta y entrega de folletos con los procedimientos de manejo de residuos en el hogar, beneficios de la separación en el origen y cuidado del medio ambiente, como también campañas a través de televisión, periódicos, revista municipal, radio y redes sociales.

Como incentivo para la participación de los distintos actores del proceso, según la experiencia, ha resultado efectivo regalar el compost obtenido del proceso tanto a los usuarios como a los posibles compradores futuros, realizar visitas educativas a los sitios de tratamiento y actividades públicas relacionadas al cuidado del medio ambiente y manejo responsable de los residuos domiciliarios. De igual forma, realizar encuestas para fomentar participación e identificar oportunidades de mejora, tanto en la etapa de diseño como de operación es relevante para que un sistema de este tipo sea efectivo.

Para que el usuario segregue y entregue los residuos de forma adecuada, la municipalidad debería entregar el equipamiento necesario y velar por el mantenimiento de estos, ya sean bolsas, contenedores u otro. Sin embargo, se debería considerar también la entrega de equipamiento subvencionado, de este modo el usuario asumiría una mayor responsabilidad en la actividad debido a la inversión económica realizada. En cuanto a los equipos de compostaje doméstico

y comunitarios, se pudo determinar, a través de los documentos revisados, que es una opción importante para disminuir los flujos recolectados, además de otorgar la posibilidad de tratar en origen los residuos de jardinería los cuales, debido a su volumen, pueden complejizar la tarea de colecta diferenciada de residuos orgánicos domiciliarios.

En cuanto a la infraestructura de acopio temporal en sitios públicos, si se implementan puntos limpios o verdes, estos deberían tener el mantenimiento y el control adecuado, para evitar la generación de micro basurales. En este sentido, la colecta selectiva de desechos orgánicos directamente de los hogares o edificios reflejaría mejores resultados, ya que evita este tipo de problemas, según la experiencia revisada. Se hace mención a las cámaras implementadas para monitorear e identificar la cobertura del punto limpio de Vitacura, mediante las patentes de los vehículos que asisten a estos lugares, información para evaluar la cobertura territorial de este tipo de sitios de acopio.

El transporte de residuos debería ser optimizado al máximo para disminuir costos e impactos ambientales asociados, por lo que la implementación de un sistema GPS en los vehículos colectores serviría para un levantamiento de información y realizar esto. También la adquisición de vehículos que funcionen con combustibles alternativos es una solución viable. Los recicladores de base es posible integrarlos a un sistema de gestión de residuos, ya sea en la etapa de recogida y transporte como también integrándolos en planta de acopio y separación. Para una recogida selectiva de residuos orgánicos y su transporte, sería necesario que la frecuencia de recogida sea definida de manera adecuada, dándole mayor importancia en zonas con climas cálidos, debido a las características putrescibles de los desechos orgánicos. Además, la experiencia indica que es posible realizar una colecta segregada sin aumentar la frecuencia de esta, alternando los días de recogida de manera programada.

Los lugares, tanto de acopio como de tratamiento, deberían ser dimensionados adecuadamente a través de estudios técnicos que permitan procesar los flujos esperados. De igual manera, es importante realizar un diseño del sitio de operación de la valorización de residuos considerando las condiciones climáticas para definir si se realizará en un sitio abierto, cerrado o semi cerrado y el tipo de técnica que se desee ocupar para que el proceso no presente dificultades. Es importante evaluar la alternativa de realizar un pre tratamiento a los desechos orgánicos, con el objetivo disminuir el volumen de estos y poder realizar una menor cantidad de viajes y con esto minimizar los impactos ambientales derivados de la etapa de recogida y transporte del ciclo de vida (CV).

Es importante evaluar las competencias y recursos económicos disponibles para la ejecución de un programa de recuperación y valorización de residuos orgánicos y determinar el tipo de tratamiento que se realizaría. Actualmente existen tanto técnicas aeróbicas como anaeróbica, donde cada una de ellas presenta ventajas y desventajas, en cuanto a molestias (malos olores, moscas y vectores) a actores colindantes al recinto, tiempo que demora el proceso, entre otros factores que deberán ser revisados. En este sentido, es importante desarrollar técnicas a través de la investigación para avanzar en esta materia, lo que podría resultar costoso, por lo que incluir en estos estudios a universidades y establecimientos educacionales resultaría provechoso en temas de inversión.

En relación al compost, producto final de la valorización de residuos orgánicos, es importante introducirlo en el mercado, ya sea mediante su venta a empresas privadas para la reventa, agricultores o programas públicos que requieran de este donde, para que esto sea factible, es necesario que sea un producto de calidad y certificado.

La implementación de cualquier sistema separación en el origen (SEORI) se recomienda que sea de una escala menor, pero con la capacidad de expansión que se requiera a futuro, con el fin de realizar ajustes y mejoras incurriendo en los menores gastos posibles y facilitando la tarea.

Los distintos aspectos identificados, han sido consolidados en la Tabla 4.14, la cual los separa por cada etapa del ciclo de vida de los residuos sólidos domiciliarios, donde también se han considerado algunos que son necesarios de manera transversal.

Tabla 4.14 Consolidación aspectos y elementos relevantes generales por etapa de CV de los RSD según la experiencia revisada

Etapa del ciclo de vida (CV)	Elementos relevantes generales y por etapa del ciclo de vida (CV) de los residuos domiciliarios de un programa de separación en origen y colecta diferenciada	
Generación	<ul style="list-style-type: none"> • Educación ambiental en establecimientos educacionales y campañas de información. • Entrega de equipamiento para compostaje doméstico y/o comunitario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia de implementación piloto con capacidad de expansión • Objetivos claros y alcanzables, de acuerdo a diagnóstico inicial. • Encuestas a usuarios en función de fomentar la participación e identificar oportunidades de mejoramiento en cada etapa del CV. • Encuestas a las empresas encargadas de la compra de los materiales recuperados. • Generación de inteligencia territorial e información de proceso. • Uso de instrumentos administrativos y de gestión. • Incorporación aprendizajes. • Implementación sistema de indicadores y control. • Financiamiento con recursos propios o externos por fondos públicos.
Almacenamiento en vivienda/ espacios públicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega de kit de reciclaje gratuito o subvencionado (bolsas y/o contenedores especializados), junto con capacitaciones • Punto Limpio/ Punto Verde con cámaras detectoras de patentes para determinar cobertura. • Instalación de chip en contenedores para evaluar comportamiento ciudadano. (privado o público) 	
Recogida y transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de GPS para monitoreo ruta y optimización. • Alternar días de recogida, sin aumentar la frecuencia. • Vehículo recolector especializado según tipo de residuos o mixto (punto limpio móvil, camión compactador, camión tolva, mixto, otros). 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Participación de recicladores base. 	<ul style="list-style-type: none"> • Debe existir control y monitoreo de cada etapa
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Pre tratamiento de residuos. • Técnicas tradicionales e innovadoras de tratamiento de residuos. • Investigación y desarrollo de tratamientos. • Certificación producto final • Dimensionamiento adecuado/ Programas a escala con capacidad de expansión. • Infraestructura propia • Gestión totalmente interna o externalizada 	

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Situación Actual de la Valorización de Residuos Orgánicos Domiciliarios

4.3.1 Fuentes de información secundaria oficial e identificación de condiciones de oportunidad de mejora

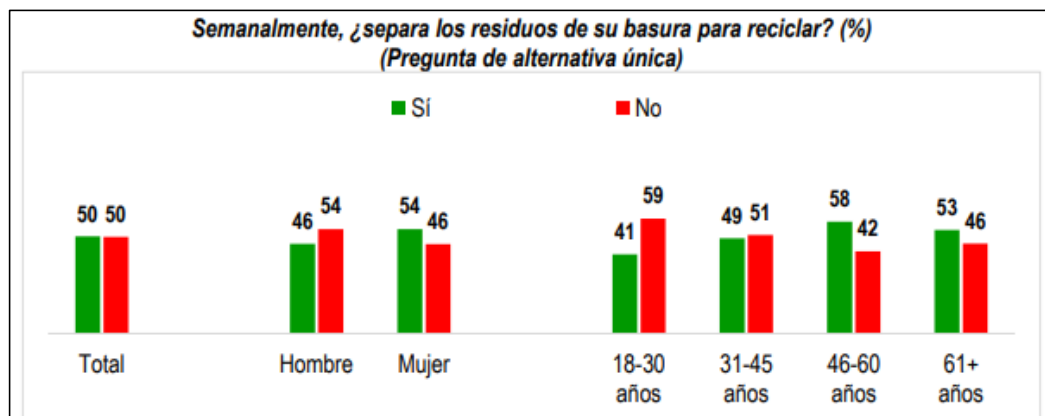
Durante el año 2020, el Ministerio de Medio Ambiente de Chile, ha publicado la “Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040”, la cual define ciertos lineamientos para la recuperación residuos orgánicos domiciliarios, con el fin de disminuir las cantidades de residuos enviados a sitios de eliminación los que, principalmente, son rellenos sanitarios. La ejecución de esta estrategia aún no ha sido definida en la fase operacional, ya que esta política se encuentra aún en la fase de diseño, sin embargo, plantea condiciones que deben ser

modificadas, eliminadas o integradas para el desarrollo de un programa SEORI y el tratamiento de los desechos recuperados.

Chile aún no posee importantes tasas de reciclaje por parte de los ciudadanos, donde la percepción de esta conducta será abordada mediante información del Ministerio del Medio Ambiente.

En las Figuras 4.16, 4.17, 4.18 y 4.19, se presentan preguntas y respuestas del documento “Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018”, emitido por el Ministerio de Medio Ambiente, específicamente del punto acerca de conductas de reciclaje.

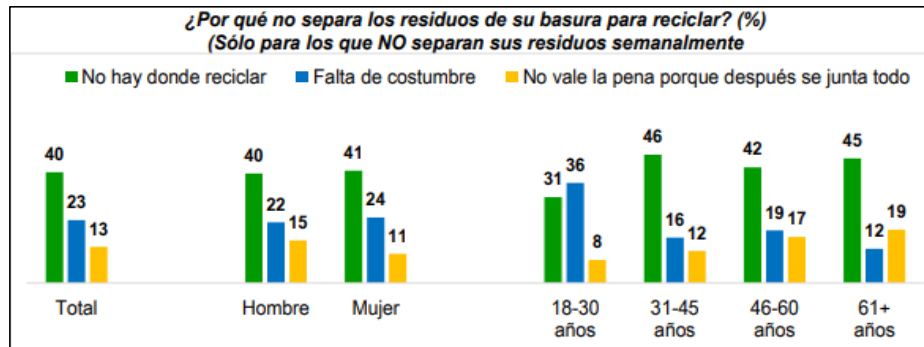
Figura 4.16 Gráfico N°50 de la Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018



Fuente: Informe Final Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018, MMA

La pregunta de la Figura 4.16 se asocia a la etapa de generación de los residuos sólidos domiciliarios donde, en general, la mitad de las personas encuestadas separa sus residuos en origen. Esto puede ser abordado mediante educación ambiental, en función de modificar hábitos en relación al modo en cómo los ciudadanos se relacionan con los residuos.

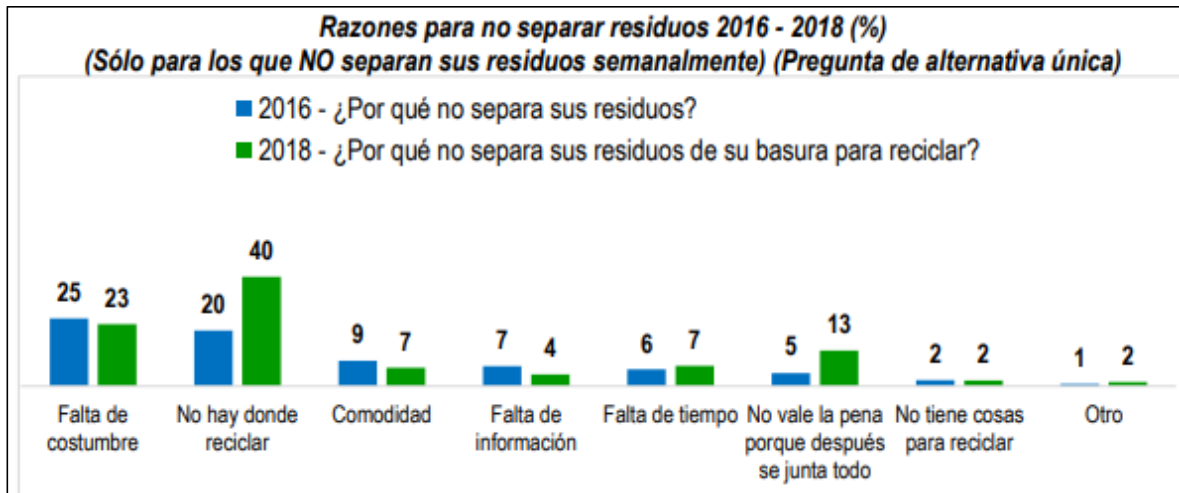
Figura 4.17 Gráfico N°54 de la Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018



Fuente: Informe Final Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018, MMA.

En la pregunta de la Figura 4.17, se ahonda en la razón del por qué no se separan los residuos para reciclar, donde el mayor porcentaje (40%) corresponde a la respuesta que indica que “No hay donde reciclar”. Esto se puede atribuir a que la cobertura de puntos limpios y verdes no es suficiente. Sin embargo, respecto a estos sitios y la posible incorporación del acopio de la fracción orgánica de los desechos domiciliarios, es compleja debido a las características putrescibles de estos que, posiblemente, generaría molestias de olores y vectores, además de los costos asociados al mantenimiento, problema que sería posible abordar con una colecta directamente en las viviendas y edificios, facilitando la tarea. El 23% de respuesta, que corresponde a “falta de costumbre”, se atribuye a los hábitos y cultura de los ciudadanos, lo que sería posible modificar a través de educación ambiental y una normativa que obligue a esta práctica. El 13% de respuesta corresponde a “no vale la pena, después se va todo junto”, situación que sería posible solucionar mostrando a los ciudadanos los resultados de un programa SEORI y valorización de residuos orgánicos como, por ejemplo, regalando el compost obtenido o realizando visitas a las instalaciones de tratamiento, que pueden ser complementadas con la instalación de viveros en los mismos sitios.

Figura 4.18 Gráfico N°57 de la Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018



Fuente: Informe Final Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018, MMA.

La Figura 4.18 muestra razones por las que no separan sus residuos que están incluidas en el gráfico N°54- Sin embargo, muestra otros que justifica con mayor fuerza una colecta puerta a puerta, los cuales son la “comodidad” y “falta de tiempo”, lo que se solucionaría con una estrategia de colecta diferenciada.

Figura 4.19 Gráfico N°62 de la Encuesta Nacional de Medio Ambiente



Fuente: Informe Final Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018, MMA

En la Figura 4.19 se indica que, las personas que separan sus residuos lo realizan, habitualmente en un mayor porcentaje, en “Puntos verdes o puntos limpios de edificios o barrio”, con un 28%, y un 11% algunas veces, seguido de “Puntos verdes o puntos limpios en espacios municipales”, repitiéndose la tendencia con la alternativa “Un camión que recoge el reciclaje directamente en mi casa”, ambas con un 26% en la respuesta habitualmente y un 18% y 7% con la alternativa “algunas veces”, respectivamente. Estas respuestas indican que, al momento que una persona alcanza una conciencia ambiental, que hace posible que tenga la intención de segregar los residuos para reciclarlos de algún modo, los mejores resultados se obtienen cuando la infraestructura (puntos verdes, puntos limpios) se instala en edificios, espacios municipales, como también en la colecta diferencial puerta a puerta, repitiéndose la tendencia en este último aspecto.

No obstante, las otras alternativas igual tienen el potencial de recuperar flujos importantes, por lo que se considera que cada una de estas debe ser integrada en un programa de recuperación para alcanzar los objetivos y metas propuestas. Según la experiencia, en cualquier punto de acopio en espacios comunes para residuos orgánicos, los contenedores instalados no deberán superar una capacidad de 240L y se debe velar por un manteniendo de estos. En los centros educacionales donde exista el espacio adecuado, es posible la instalación de micro centros de tratamiento con el fin de fomentar y mostrar los beneficios de este tipo de prácticas.

La información obtenida de fuentes secundarias se ha consolidado en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15 Consolidación oportunidades de mejora en prácticas de reciclaje de residuos orgánicos

Pregunta	Etapas del CV de los residuos sólidos asociada	Oportunidad de mejora y adaptación a la colecta diferencial de residuos orgánicos
Semanalmente, ¿separa los residuos de su basura para reciclar? (%) (Pregunta de alternativa única)	Generación	Educación ambiental en establecimientos educacionales y campañas de información a la comunidad en general en función de fomentar la valorización de residuos
¿Por qué no separa los residuos de su basura para reciclar? (%) (Sólo para los que NO separan sus residuos semanalmente)	Generación	Educación ambiental y muestra del resultado (regalo de compost y/o visitas a sitio de tratamiento) del tratamiento de residuos orgánicos a los usuarios
	Recolección y transporte	Dado que se considera que el almacenamiento de residuos orgánicos en puntos limpios o verdes representa más una complicación que una solución, se propone que la mejor opción es un retiro puerta a puerta de este tipo de desechos.
Razones para no separar residuos 2016 - 2018 (%) (Sólo para los que NO separan sus residuos semanalmente) (Pregunta de alternativa única)	Recolección y transporte	se justifica una colecta puerta a puerta de los residuos orgánicos, considerando la comodidad y falta de tiempo que señalan los encuestados al momento de reciclar
¿Con qué frecuencia lleva sus residuos para reciclaje? (%) (Sólo para los que separan sus residuos semanalmente) (Pregunta de alternativa única)	Almacenamiento pre-recogida (puntos verdes o puntos limpios)	Los resultados indican que es factible el acopio de residuos orgánicos en edificios multifamiliares, sin embargo, la experiencia indica que la instalación de sitios de acopio en espacios públicos en ocasiones puede presentar complicaciones si no se realiza un mantenimiento adecuado.
	Recolección y transporte	Una de las alternativas con mejor rendimiento justifica una colecta puerta a puerta de los residuos

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Normativa e identificación de barreras de entrada para instalación de sitios de tratamiento de residuos orgánicos

Sin un sitio de tratamiento de desechos orgánicos domiciliarios que cumpla con la normativa vigente y pueda procesar los flujos proyectados, a un costo adecuado para las municipalidades, no es posible operacionalizar la logística de un programa separación en el origen (SEORI). Según indica la información secundaria revisada, uno de los problemas actuales para la implementación, por parte de las municipalidades en Chile, de un programa de recuperación y tratamiento de desechos orgánicos domiciliarios, es la dificultad para emplazar un centro de tratamiento, debido a la normativa vigente y diferentes barreras de entrada. Luego de revisar el documento “Requisitos Ambientales, Sanitarios y de Uso de Suelo, Aplicable al Emplazamiento y Operación de Plantas de Compostaje u Otras Tecnologías en la RMS”, elaborado por Roca et al, para el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y la “Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040” del MMA, se elaboró un resumen de los requerimientos legales para la instalación de un centro de valorización y cómo es posible el financiamiento de un programa de este tipo.

4.3.2.1 Cómo se Financia un Programa de Residuos Sólidos Orgánicos

Es fundamental promover la inversión público-privada para lograr el financiamiento de un programa de recuperación en origen y tratamiento de los desechos orgánicos domiciliarios, con un enfoque que integre las distintas escalas (domiciliario, comunitario y a gran escala). Se debería cambiar el foco de las inversiones públicas, que actualmente son destinados principalmente a los desechos inorgánicos, ya que prontamente pasará a ser innecesario, debido a la implementación de la ley 20.920 de envases y embalajes. Sin embargo, es necesario la incorporación de nuevos incentivos y fondos específicos para este tipo de proyectos, además de los distintos fondos y concursos públicos ya existentes. Se debe fomentar la inversión privada, en función de la búsqueda

de soluciones, lo que debe ser estimulado mediante incentivos claros que permitan viabilizar proyectos de este tipo.

Los instrumentos disponibles de inversión pública están destinados al financiamiento de proyectos de valorización de residuos, incluyendo los orgánicos, sirviendo para complementar los fondos municipales. Sin embargo, la metodología para la postulación a estos debiera ser modificada, con el objetivo de incluir criterios específicos en función de la obtención de un resultado favorable a la postulación. Las líneas de financiamiento públicas afines, para implementar un programa SEORI de residuos orgánicos y su tratamiento, son:

- Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) administrado por los Gobiernos Regionales (GORE),
- Programa Nacional de Residuos Sólidos (PNRS), de la SUBDERE
- Programa de Mejoramiento de Barrios (PMB), de la SUBDERE.
- Fondo para el reciclaje (FPR), del MMA

En cuanto a las líneas de financiamiento externas, destinadas a fomentar la inversión privada, los fondos existentes son:

- SERCOTEC
- Fondo de protección Ambiental (FPA)

Los incentivos económicos deben establecerse mediante normativa, para que motive el modo de relacionarse entre las municipalidades y los residuos sólidos orgánicos, para lo que se han propuesto las siguientes regulaciones que se fundan en otorgar un valor a las externalidades ambientales producidas por los sitios de eliminación:

- Implementación gradual de impuestos a rellenos sanitarios
- Prohibición de disponer residuos orgánicos en rellenos sanitarios

- Evaluar la factibilidad de que el 2025 se comience a cobrar impuestos, de manera gradual, a la disposición de residuos industriales en rellenos sanitarios y al 2030 comiencen a aplicarse a los residuos municipales, igualmente, de manera creciente hasta el año 2040.

El cobro a las personas debe realizarse mediante un mecanismo que logre incorporar paulatinamente al 73% de las unidades habitacionales del país que están exentas de cobro del derecho de aseo, lo que debe ir acompañado de una muestra concreta de la mejora del sistema de gestión de residuos domiciliarios por parte de la municipalidad, así como incentivos y descuentos en la tarifa de acuerdo al desempeño ambiental, donde algunas exenciones deberán ser subvencionadas para personas con baja capacidad de pago.

El mercado del carbono también podría ser una fuente de ingreso futura, tomando en cuenta los distintos compromisos en los cuales participa Chile, donde se considera a los centros de valorización de residuos orgánicos como fuentes de compensación frente a los GEI.

4.3.2.2 Requerimientos de Uso de Suelo

Actualmente, una de las principales barreras, que impide la instalación de sitios de valorización de residuos orgánicos, es la compatibilidad con el uso de suelo establecido por los instrumentos de planificación territorial (IPT). Esto se debe a que no hay distinción entre los requerimientos (artículo 2.1.29 del D.S.47/1992 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones) de un relleno sanitario y de una planta de compostaje, por lo tanto, el emplazamiento resulta muy complejo por las externalidades de los sitios de eliminación

El D.S.47/1992 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (MINVU),

específicamente en su artículo 2.1.24, define el uso de suelo para cada zona, las cuales se agrupan en seis tipos (residencial, actividades productivas, equipamiento, infraestructura, espacio público y área verde), que son susceptibles a emplazarse simultáneamente en la misma zona incluyendo, además, la infraestructura que es permitida en cada uno de ellos.

Es necesario que el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) y el Ministerio de vivienda y urbanismo (MINVU) incorporen criterios y requerimientos estandarizados a nivel nacional, según su nivel de impacto ambiental (trabajadores, vecindario y comunidad), en los instrumentos de planificación territorial (IPT), que sean específicos para la instalación de sitios de valorización de residuos orgánicos. Estos sitios deberán ser calificados por el SEREMI de Salud según sea el caso (inofensivo, molesto, insalubre, contaminante o peligroso) donde, en este contexto, las plantas de compostaje a escala barrial o comunitaria sean calificadas como inofensivas, otorgando la oportunidad de emplazar estas cerca de zonas habitadas, evitando de este modo el transporte de estos.

Las consideraciones generales para el diseño y operación de una planta de compostaje se basan en la norma chilena Nch2880. Sin embargo, es necesario generar un reglamento específico de diseño y operación para este tipo de instalaciones en sus distintas escalas. Esta carencia se refleja en la aplicación de diferentes criterios a lo largo del país, durante el proceso de autorización y regularización de centros de compostaje, por lo que se elaborará un reglamento por el MMA y el Ministerio de Salud (MINSAL) para plantas de compostaje aeróbico a distintas escalas, seguido de uno particular para la digestión anaerobia.

Actualmente, “La Ordenanza Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS)

define el compostaje como una actividad industrial, salvo cuando corresponda a un procesamiento de las materias orgánicas en su lugar de origen, para ser empleadas en el mismo lugar” (Rota et al, 2016). Es así como La Pintana y otras comunas han podido emplazar centros de compostaje. Esta ordenanza define a las plantas de compostaje en 3 grupos: plantas de compostaje de residuos verdes, de residuos vegetales de ferias, y de residuos orgánicos en general (incluyendo los RSD), las cuales condicionan su emplazamiento (fuera del Área Urbana Metropolitana o zonas Exclusivas para Actividades Productivas y/o de Servicio de Carácter Industrial), según la proporción del tipo de desecho orgánico que se desee procesar.

4.3.2.3 Requerimientos Ambientales

Actualmente, el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA) no posee criterios específicos para la instalación de plantas de compostaje o digestión anaeróbica y se evalúan al igual que un relleno sanitario, obviando las diferencias existentes en cuanto a los impactos ambientales y externalidades durante su operación. Es por esto que, es necesario una normativa específica del tema con el fin de evaluar los proyectos de acuerdo a sus complejidades.

El D.S. N°40/2013 Aprueba el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, “estableciendo las disposiciones por las cuales se regirá el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la Participación de la Comunidad en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, conforme con los preceptos de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente” (Roca et al, 2016). En el Artículo 3 del decreto, el cual indica los “Tipos de Proyectos y Actividades” que deben ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), donde se señala que “un proyecto de planta de compostaje debe ingresar al

sistema de evaluación de impacto ambiental si atiende a una población igual o mayor 5.000 habitantes y/o trata al menos 30 t/día”, por lo que deben realizar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) dependiendo de la magnitud del proyecto. El titular del proyecto de la planta de compostaje deberá ingresar al SEIA en primer lugar una DIA. Sin embargo, si presenta alguna de las características del Artículo 11 de la Ley 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente, deberá presentar un EIA. En cuanto a los proyectos de biodigestión anaerobia de desechos orgánicos que deben entrar al SEIA, se indica que centrales generadoras de energía mayores a 3 MW deben ingresar al sistema, esto se señala en el artículo 10 de la Ley N°19.300 y el artículo 3 del RSEIA. Sin embargo, “el reglamento no especifica si se refiere a proyectos de generación eléctrica, térmica o ambos” (MMA, 2020), lo que sugiere que debe ser definido adecuadamente mediante normativa.

Al respecto, sería conveniente modificar criterios para la obligación de ingreso al SEIA de los proyectos de valorización de residuos orgánicos (aeróbica o anaeróbica), con el fin de fomentar su práctica en municipalidades, planteando eximir a proyectos de pequeña escala y definiendo su aplicación a proyectos de digestión anaerobia, en base a un criterio del tipo de residuos procesados, los olores generados y no primariamente de la cantidad procesada.

4.3.2.4 Requisitos de Calidad del Compost

En caso de que las condiciones permitan comercializar el compost obtenido, es necesario que cumpla con la norma chilena NCh2880, donde se establecen los parámetros de calidad y clasificación.

4.3.2.5 Requerimientos Sanitarios

“El Código Sanitario “Decreto con Fuerza de Ley N° 725” otorga al Ministerio de Salud las competencias para entregar las autorizaciones a proyectos y de su funcionamiento a las instalaciones que realizan la recepción y el tratamiento de residuos y para la posterior fiscalización” (Roca et al, 2016), lo que se estipula en los siguientes artículos:

- Artículo 78: el Reglamento fijará las condiciones de saneamiento y seguridad relativas a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios.
- Artículo 79: para proceder a la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase, será necesaria la aprobación previa del proyecto por el Servicio Nacional de Salud
- Artículo 80: corresponde al Servicio Nacional de Salud autorizar la instalación y vigilar el funcionamiento de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.

4.3.2.6 Participación ciudadana

Para que un programa de recuperación y valorización sea exitoso, es necesario que los ciudadanos sean involucrados. El cambio de comportamiento y el modo en cómo se relacionan las personas con los residuos debe ser modificado, un desafío que requiere generar una conciencia ambiental en ellos. Es posible implementar diversas modalidades para abordar esta situación:

- Estableciendo obligaciones e incentivos como, por ejemplo, la utilización de instrumentos políticos, como la ordenanza municipal, para dictar la obligación de separar y entregar residuos reciclables de manera diferencial.

- La modificación del calendario de recolección debe ser diseñada a fin de disminuir la frecuencia de colecta de los descartables e incluir días para la recuperación específica de reciclables, con el fin de fomentar este tipo de prácticas.
- En países desarrollados el usuario paga por lo que bota, es decir, generar un descuento en la tarifa de aseo si este participa de un programa de reciclaje.
- Es necesario potenciar la educación ambiental desde distintas líneas de acción, considerando como educación formal la ejercida en establecimientos educacionales, la cual debe ir acompañada de infraestructura y recursos humanos para orientar eso in situ. Respecto a la educación no formal, se considerada como tal la realizada por municipios mediante distintas actividades y llegando a través del programa “Quiero Mi Barrio”, en el cual es posible incluir micro sitios de valorización en su implantación.

4.3.2.7 Demanda del Producto

Resultado del proceso de valorización de residuos pueden ser el humus, compost y digestivo, productos en que su mercado se encuentra poco desarrollado, considerando que su venta puede ser una fuente de ingreso adicional. Para esto, como se mencionó anteriormente, se deberían certificar los productos que sean sometidos a comercialización. Además de la venta a particulares, es necesario incrementar la demanda de estos productos mediante el fomento de su uso a través de subvenciones y acuerdos con instituciones del Estado tales como el Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola Ganadero y el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, para el uso de estos productos en distintos programas de recuperación de ecosistemas, suelos y uso en proyectos viales.

4.4 Fundamentos para Formular una Propuesta de Gestión de Residuos Orgánicos Domiciliarios a Nivel Municipal

La gestión de residuos orgánicos domiciliarios, a nivel local, se ha establecido como estrategia nacional, donde se han presentado lineamientos acerca de cómo se quiere alcanzar un 66% de valorización de los residuos orgánicos, considerando distintas modificaciones en la normativa vigente, así como también la elaboración de algunas específicas para el tema e implementación de una infraestructura que soporte la magnitud de los sistemas logísticos que deberán mantener, de manera sostenida en el tiempo, los flujos recuperados en un futuro.

A continuación se presentarán lineamientos generales para una propuesta de manejo de residuos orgánicos a nivel local, en base a un análisis del rendimiento con datos reales de una experiencia exitosa (comuna de La Pintana) e información secundaria relacionada al tema, en concordancia con las expectativas públicas.

4.4.1 Elementos y requerimientos programáticos para una estrategia de gestión de residuos orgánicos domiciliarios

Los elementos y requerimientos programáticos necesarios para implementar un sistema de colecta y tratamiento de RSD orgánicos se han definido con un enfoque participativo de la comunidad en la planificación y su desarrollo, suponiendo que las barreras para la instalación de este tipo de sitios ya hayan sido superadas. Se incluye la segregación en origen de los desechos para luego utilizar tanto el compostaje domiciliario, compostaje comunitario y a gran escala para el tratamiento, utilizando un modelo de implementación que logre integrar al 100% de los hogares, pero de modo paulatino, es decir, se partirá solo por

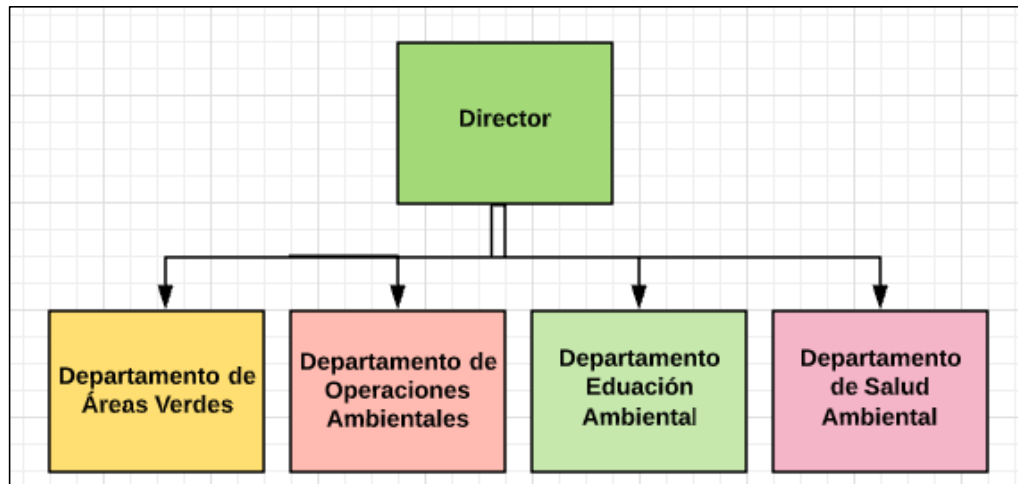
algunas zonas para luego expandir la cobertura según la etapa del proyecto. Resulta importante realizar una definición de elementos y requerimientos programáticos para una propuesta de gestión local, a partir de la revisión de una experiencia exitosa en la Región Metropolitana, con datos reales entregados directamente por los funcionarios de la municipalidad, complementado con información secundaria de otras experiencias exitosas de segregación en el origen en el extranjero. Todo esto se propone sobre la base de una metodología validada con bases científicas y enfoque holístico para la gestión integral de residuos a partir de un análisis de ciclo de vida (ACV).

4.4.1.1 Organización y Financiamiento

Según el Código Sanitario de Chile, los organismos encargados de la recolección de los desechos domiciliarios son las municipalidades, las que deberán planificar y ejecutar las estrategias más acordes a su contexto financiero, recursos humanos y las expectativas públicas. Los lineamientos que se plantean integran los distintos niveles de compostaje (domiciliario, comunitaria y a gran escala), donde es fundamental abarcar la educación ambiental, para lo cual es necesario establecer el esquema de gobernanza que realizará las distintas tareas y actividades, desde la preparación de este hasta su implementación.

No existe una fórmula única para el éxito de un esquema de gobernanza, pero se destaca lo logrado por la comuna de La Pintana, que ha implementado un programa de recuperación de residuos orgánicos y su tratamiento, pese a ser una comuna que no cuenta con grandes recursos, por lo que se estima que su esquema de organización, basado en un director con un staff de departamentos, constituye una posible alternativa específica para organizar la gestión, el cual se representa y detalla en la Figura N°4.20.

Figura 4.20 Alternativa organigrama para unidad ambiental



Fuente: Comuna de La Pintana

El Departamento de Áreas Verdes sería el encargado del mantenimiento de los espacios públicos, realizando podas y limpieza de las calles, trasladando los desechos de jardinería y del barrido hacia los sitios de tratamiento, transferencia o en última instancia hacia sitios de valorización. Es importante que se consideren los residuos de jardinería generados en hogares, ya que se recomienda que no sean recuperados juntos con los desechos orgánicos de cocina. Los residuos de Jardinería se manejarían aparte que los de cocina, debido a su volumen.

El Departamento de Operaciones Ambientales coordinaría la logística para el retiro de los residuos vegetales y el resto de los desechos, a través de los vehículos especializados que será escogido según la composición de los residuos. Además, gestionaría la operación de la planta de tratamiento de residuos orgánicos, la recuperación y negociación de los reciclables secos.

En cuanto al Departamento de Educación Ambiental, se considera fundamental levantar esta línea de trabajo como un eje autónomo dentro de la gestión ambiental municipal, debido a que serían los encargados de cambiar patrones de

conductas y el modo en cómo se relacionan los ciudadanos con la basura, lo que se lograría a través de una concientización ambiental del individuo.

El Departamento de Salud ambiental, se enfocaría en guiar, revisar y fiscalizar el cumplimiento de la legislación vigente de todas las gestiones, programas y proyectos realizados en la unidad ambiental.

En la Tabla 4.16 se platean las distintas alternativas para esquematizar la gobernanza, según la etapa de programa.

Tabla 4.16 Alternativas de esquemas de gobernanza para ejecución de programa SEORI y tratamiento de residuos orgánicos

Etapa del programa	Alternativas de gobernanza
Preparación	Municipio
	Municipio/T de gobernanza
	Municipio/Junta de vecino/ONG"s
Gestión Financiera	Municipio
	Asociación Municipal o municipio /empresa privada
	Municipio o asociación municipal/empresa /ONG´s/junta de vecinos o particular/ financiamiento mediante fondos y/o concursos públicos
Implementación	Unidad Ambiental municipal y/o empresa privada por licitación /ciudadanos
	Unidad ambiental municipal y/o empresa privada por licitación/ONG´s/ciudadanos

Fuente: Adaptación del informe "Asesoría Sobre el Manejo de Residuos Orgánicos Generados a Nivel Municipal en Chile" (Implementa Sur, 2019)

Es necesario velar por que la planificación del programa sea realizada por el municipio en función de cumplir con las expectativas, metas y objetivos propuestos por la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040.

Como se ha mencionado anteriormente, es importante fomentar la inversión privada en la gestión de residuos orgánicos que, actualmente, genera

incertidumbre entre estos, debido a la poca rentabilidad del mercado del compost, fuente principal de ingresos en un proyecto de este tipo. Por consiguiente, se requiere generar los incentivos adecuados ya sea para implementar infraestructura como centros de tratamiento aportando al desarrollo y resolución de problemas de este tipo de tecnologías, generación de información y un posible apalancamiento de recursos técnicos y económicos.

La realización de las licitaciones públicas para externalizar funciones dependerá del contexto municipal, en cuanto a su capacidad financiera y también de las competencias de los funcionarios de la unidad ambiental.

4.4.1.2 Instrumento Jurídico y Sistema de Certificación Ambiental Municipal

Las ordenanzas municipales son un mandato obligatorio establecido por un municipio con el fin de regular la organización, administración o servicios públicos y el cumplimiento de obligaciones y deberes. No en todos los casos donde se tuvo éxito con un programa de recuperación y tratamiento de residuos se tuvo que decretar una ordenanza para el cumplimiento de la separación en origen de residuos reciclables, sino que solamente las campañas de información y educación ambiental fueron suficientes para generar el entusiasmo entre los ciudadanos para su participación. No obstante, debe ser considerado este instrumento jurídico dependiendo del contexto en donde se desarrolle el programa, donde la aceptación puede ser cuantificada mediante encuestas previas a la implementación.

El Sistema de Certificación Ambiental Municipal es un instrumento que permite instaurar un modelo de gestión ambiental con estándares internacionales, desde modificaciones en su orgánica, infraestructura, personal, procedimientos y los servicios que presta el municipio a la comunidad. En este sentido, se considera

valioso este instrumento para articular la logística con las expectativas públicas en cuanto al manejo de los RSD. De las experiencias exitosas de reciclaje en Chile, gran parte de los municipios se encuentra en alguna etapa de la certificación, lo que refleja su efectividad en el mejoramiento de las unidades ambientales del país.

4.4.1.3 Participación Ciudadana, Educación Ambiental y Campañas de Información

Para implementar un programa de segregación en origen (SEORI) y el tratamiento de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) recuperados, es vital que los encargados de dirigirlos velen por la educación ambiental y participación ciudadana desde antes de su implementación, así como también posterior a esta, con el objetivo de mantenerlos informados, ya que serán los encargos de separar los residuos valorizables en sus hogares, según su categoría, y la efectividad de esta tarea condicionará las etapas siguientes del proceso. También “son los encargados de participar activamente en la resolución de los problemas que enfrenta la comunidad en el área del medio ambiente en general y en los RSD en particular” (Rondon et al, 2016)

En este sentido, se considerarían dos vías de educación ambiental que deben ser abarcadas, las cuales se definirían como formal y no formal. Actualmente, existen distintos instrumentos de educación ambiental que deben ser potenciados, como el Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educacionales (SNCAE), que apunta a la educación formal, y la Academia de Formación Ambiental Adriana Hoffmann, enfocada principalmente a la no formal pero que de igual manera desarrolla proyectos que abordan la educación formal. Cualquiera sea el caso, existe una gran gama de actividades y técnicas en función de obtener información respecto de la

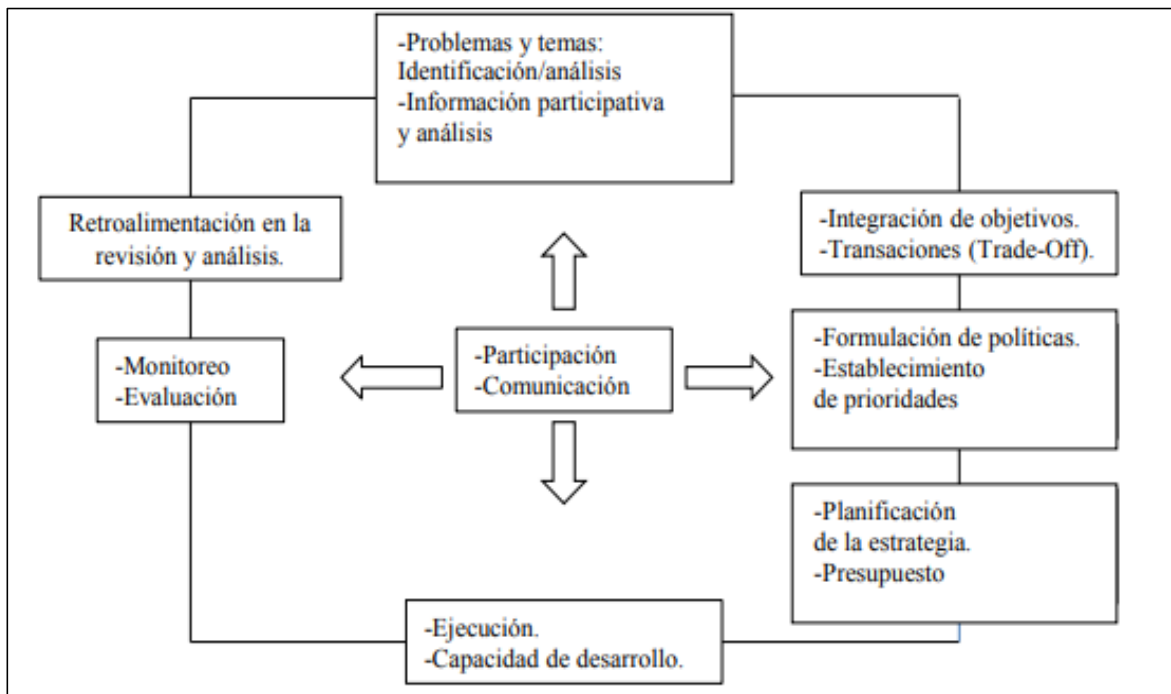
perspectiva e inquietudes de los participantes (encuestas presenciales o vía online), con el fin de obtener una participación sostenida en el tiempo, involucrándolos en el proceso de toma de decisiones. Un buen programa identifica las potencialidades de todos los grupos sociales para participar en el proceso de toma de decisiones, promoviendo esto mediante distintas actividades.

Cabe mencionar que, la experiencia indica que es necesaria una campaña de información previa a la implementación de un programa de reciclaje y entrega de equipamiento para la separación en el origen, con el propósito de capacitar acerca del procedimiento, informar calendario de colecta y mostrar los beneficios que representa esta práctica, la cual debe comunicarse a través de distintos medios de comunicación como televisión, periódicos, radio, revistas, redes sociales, entrega de folletos y visita puerta a puerta, donde esta última ha obtenido un mejor resultado según lo revisado. Sin embargo, se tendrá que analizar el contexto y revisar experiencias similares para utilizar las de mejor funcionamiento. En cuanto a la información que debe ser presentada, se han identificado ciertos temas considerados como principales, en donde dependerá del público objetivo el modo en cómo esta será presentada.

- Generación de residuos domiciliarios, cantidad y composición
- Separación en origen, cuáles y cómo hacerlo
- Pre-recogida, uso correcto de contenedores y calendario de colecta
- Beneficios ambientales, económicos y sociales
- Camiones de recogida, cuales son y cómo funcionan
- Procesos de tratamiento y disposición final
- Micro vertederos
- Costos asociados a entrega de equipamiento y en general
- Calendarización de actividades relacionada

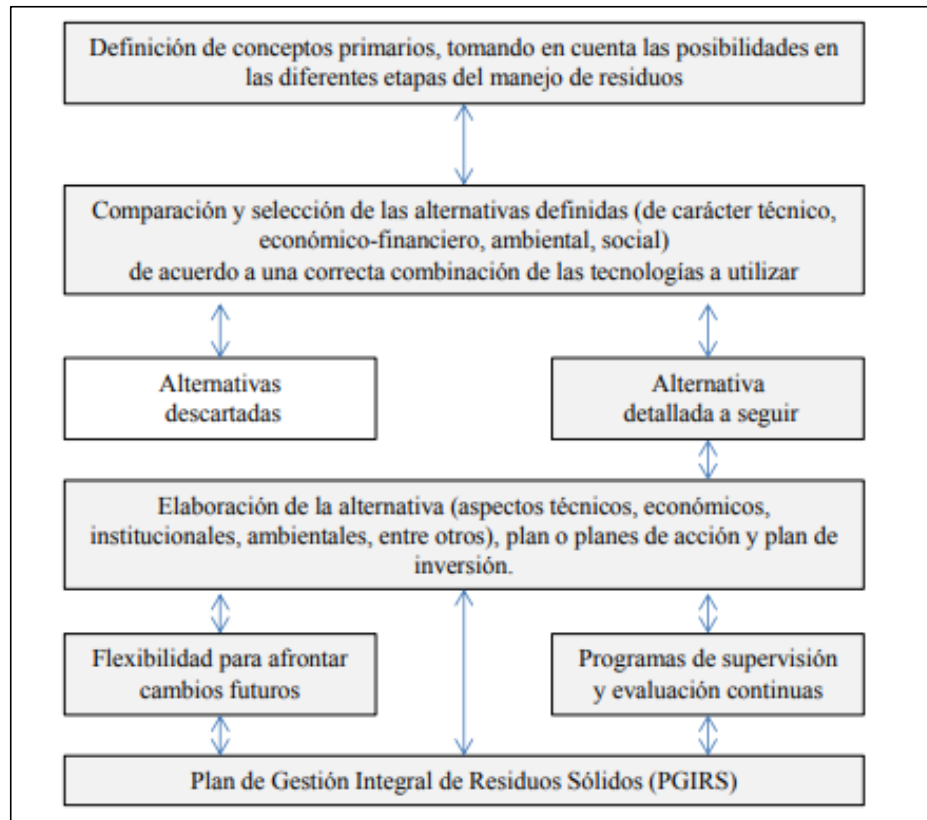
El proceso de participación ciudadana (ver Figura N°4.21) debe generarse en función del éxito de un programa de reciclaje de RSD y debe ser desde la planificación (ver Figura N° 4.22) hasta la operación, con un enfoque de mejora constante.

Figura 4.21 Diagrama de participación ciudadana



Fuente: Rondón et al, 2016

Figura 4.22 Esquema básico para el desarrollo de un programa de gestión integral de residuos



Fuente: Rondón et al, 2016

Respecto a las dificultades para lograr una participación efectiva, se identificaron las siguientes características:

- En la fase inicial de planificación, la participación requiere de trabajo y tiempo, además de recursos financieros, por lo que tradicionalmente se simplifican y utilizan criterios comunes como indicadores físicos y financieros.
- La participación requiere retroalimentación por parte de profesionales externos en todas las etapas, lo que implica recursos, que muchas veces no son suficientes.
- La afectación del ego, cuando los encargados ceden la toma de decisiones.
- Falta de desarrollo de indicadores para medir el avance de la participación.

- La participación tiene que ser de carácter iterativa, en donde muchas veces la falta de experiencia resulta no muy efectiva.
- La participación debe estar ligada a la equidad.
- Recursos disponibles insuficientes.
- Se obtiene una mayor participación si se integra el reciclaje de residuos reciclables secos.

Para estructurar un programa de educación ambiental, los encargados deberán establecer e incluir los siguientes aspectos:

- Metas a ser alcanzadas de acuerdo a las expectativas públicas.
- Actividades y eventos para lograr cada una de estas metas, priorizando los aspectos y situaciones críticas.
- Recursos disponibles (fondos, voluntarios y apoyo de la comunidad) para cada actividad y evento, incluyendo recursos municipales,
- Cronograma de trabajo que coordine los esfuerzos de educación del público con la implementación del programa y considere actividades y eventos estacionales tales como una campaña, recolección de fondos, entre otros.

La educación ambiental y campañas de información generan una sociedad consciente de los problemas ambientales, reduciendo la producción de residuos, desviando desechos del relleno sanitario y mejorando la calidad de los lixiviados y la fuga de GEI a la atmosfera.

Es importante reflejar los resultados y aspiraciones en la implementación de un programa de reciclaje, ya sea realizando visitas a las plantas de tratamiento, rebaja en las tarifas de aseo u otro servicio, o regalando el compost producido durante la valorización de residuos orgánicos.

4.4.1.4 Equipamiento Entregado a los Ciudadanos y Sitios de Acopio en Espacios Comunes

En cuanto al equipamiento entregado a las viviendas, dependerá si estas son unifamiliares o edificios multifamiliares. Para el caso donde habite solamente un grupo familiar, se propone la entrega de un kit que conste de un contenedor de 9L con tapa, para la separación de los desechos in situ en la cocina, además de un contenedor de máximo 120L con tapa, para el vaciar el pequeño cuando este se encuentre al máximo de su capacidad. Con el mismo objetivo es posible variar regalando una cantidad determinada de bolsas de basura biodegradables. Para los edificios multifamiliares se entregarían a cada departamento un contenedor de 9L con tapa, para la separación de los desechos in situ en la cocina, y/o bolsas biodegradables, las cuales deberán ser depositadas en contenedores de 240L o 1100L, los cuales deberán tener una mantención periódica, evitando de este modo la acumulación de desechos y percolados, evitando molestias. Para asegurar el mayor porcentaje posible de participación, el equipamiento debería ser otorgado de manera gratuita por el municipio, realizando una capacitación y visita puerta a puerta antes y después de la entrega de estos. Sería conveniente, además de los folletos y capacitaciones realizadas, colocar pegatinas en los contenedores con información al respecto de los procedimientos o formas de segregar los residuos.

La revisión de información primaria y secundaria, apunta a que la colecta puerta a puerta es con la cual se obtienen mejores resultados, además de ser la preferida en las encuestas debido a la comodidad y optimización del tiempo. Sin embargo, la estrategia de compostaje comunitario y domiciliario igual representa flujos significativos de recuperación, lo que contribuye la disminución de los

residuos transportados que un futuro podría traducirse en una menor cantidad de viajes y, por lo tanto, una disminución de los costos y emisiones asociadas.

Es necesario priorizar el tipo de estrategia a utilizar, por lo que se propone, en primer lugar, entregar de manera gratuita a todos los participantes lo relacionado a la colecta diferenciada, como contenedores y bolsas biodegradables, donde también se debería evaluar el otorgamiento del financiamiento para la instalación de huertos comunitarios, con sitios de valorización de desechos orgánicos. No obstante, los equipos de compostaje doméstico deberían ser subvencionados por la municipalidad, mediante la inscripción a algún tipo de programa de la misma. Los tres niveles de valorización de RSD orgánicos deben trabajarse de manera integrada, para cumplir con la ambiciosa meta de recuperación del 66% de esta fracción de los residuos.

Respecto del acopio de residuos orgánicos en espacios públicos, (plazas, parque, calle) como puntos verdes o limpios, se descarta el acopio de estos debido a la complejidad que representaría el mantenimiento de estos, por su característica putrescible. Lo anterior se basa en experiencias en Chile donde, debido a una mala coordinación y gestión en el mantenimiento de estos lugares con desechos inorgánicos comenzaron a surgir inconvenientes como la generación de micro basurales, por lo que esta situación con la fracción orgánica tendría un mayor impacto ambiental como olores y vectores.

Es posible hacer excepciones en espacios que se encuentren vinculados de manera cercana a un sitio de valorización de residuos orgánicos. No se descarta que, en un futuro, cuando el programa de recuperación y tratamiento de RSD orgánicos tenga mayor madurez, se puedan masificar los contenedores para acopiar este tipo de residuos en espacio públicos.

4.4.1.5 Frecuencia de Colecta y Vehículos para la Recogida y Transporte de Residuos Orgánicos

La experiencia indica que, para que un programa de separación en origen y colecta segregada tenga éxito, no es necesario aumentar los días de colecta, sino que alternar los días en lo que se recogen los residuos orgánicos, considerando que la composición de los RSD es de alrededor del 50% y los reciclables secos alrededor del 30%, siendo posible reprogramar los días de recogida en función de aumentar las tasas de valorización. Los municipios que han logrado implementar un sistema de este tipo, generalmente realizaban la recolección 3 veces por semana, lo que luego de integrar la separación en origen, se determinaron 2 días para colecta de reciclables (orgánicos y secos) y 1 día para descartables. Si se integran residuos reciclables secos en un programa de colecta diferenciada, se obtiene una mayor participación, lo que se relaciona con la pronta implementación de la Ley 20.920 de envases y embalajes, donde los productores deberán gestionar la recuperación de estos, lo que representa una oportunidad con la recuperación de la fracción orgánica.

Los camiones recolectores que se recomendarían para el transporte de los RSD orgánicos, son los denominados 3/4, equipados con una tolva abierta y compartimientos captadores de lixiviados para los jugos producidos durante la operación y un alza contenedor. Además, durante su tránsito, al igual que en los camiones recolectores compactadores, estarían acompañados de operarios para la recogida de los contenedores puerta a puerta. La etapa de transporte es en las cuales incurre en los mayores gastos y produce gran cantidad de impactos ambientales, debido a las emisiones atmosféricas generadas, usos de recursos naturales y generación de residuos, por lo que velar por una estrategia que disminuya la cantidad de viajes o el uso de vehículos con combustible alternativo

es una opción que debe ser considerada. En ocasiones, la compra o licitación de vehículos especializados puede resultar costosa por lo cual, en función de minimizar los gastos, se sugiere que, en casos donde los recursos sean limitados se utilicen los mismos camiones convencionales recolección, se financien de manera compartida con otras municipalidades o se consigan como préstamo o arriendo bajo algún convenio.

4.4.1.6 Pretratamiento, Tratamiento y Propuesta de Estrategia para el Emplazamiento de Plantas de Compostaje

El pretratamiento se repite como parte del proceso en la gran mayoría de las experiencias revisadas tanto en Chile como en Europa, demostrando que otorga mejores resultados. Este consta, generalmente, de trituración y homogenización realizada a los desechos recepcionados, para luego mezclar los desechos de cocina en las proporciones adecuadas con otros tipos de desechos orgánicos, con el fin de obtener un proceso eficiente. Resultan interesantes los nuevos métodos utilizados para realizar compostaje, en los que se incluyen tecnologías desarrolladas en laboratorios especializados. Un avance en la materia son los catalizadores utilizados en el compostaje, con el fin de acelerar el proceso y disminuir olores, lo que da la oportunidad de realizar una recuperación de carnes y pescados, además de los restos de frutas y verduras, mejorando la penetración y retención de humedad de la alta actividad de nutrientes y microorganismos así como el crecimiento de las plantas. Este tipo de tecnología se incluiría en la alternativa de modelo de manejo de desechos orgánicos, ya que cuentan con respaldo científico y se considera una alternativa para optimizar los sitios de tratamiento, si es que esta necesita aumentar la rapidez de sus flujos de salida.

Es fundamental en la etapa de diseño considerar las condiciones climáticas, ya que esto determinará las condiciones de la infraestructura de las zonas de

procesamiento, pudiendo ser abiertas al aire libre, techadas y en galpones cerrados. Se propone que, en la primera fase del proceso se apunte a la recuperación de solamente restos de frutas y verduras, los que serían tratados mediante el método de compostaje con pilas de volteo, su manejo será manual o mecánico, y se deberá evaluar si estas tendrán una aireación forzada o natural. La sofisticación del sistema de tratamiento dependerá de los recursos disponibles.

En una etapa avanza del programa, se debería comenzar a recolectar carnes y pescados, además de los desechos de frutas y verduras para los que, como pre tratamiento, se incluiría la trituración, homogenización con biocatalizadores, con el fin de eliminar olores y acelerar el proceso. De igual forma, se aconseja madurar el compost en contenedores cerrados, como en algunas experiencias revisadas en Europa, lo cual evita una fuga masiva de olores y previene la presencia de vectores.

El enfoque de la logística y emplazamiento de las plantas de tratamiento de RSD orgánicos sería cercano o inmerso en los núcleos urbanos, donde se asume que serían superadas las distintas barreras de entrada de este tipo de proyectos, como las de planificación urbana, ambientales y financieras. Resulta eficiente zonificar el área en donde se pretenda implementar un programa de separación en origen y valorización de RSD orgánicos, ya que se propone un cronograma que consideraría etapas en la ejecución, partiendo por solo algunas zonas para, posteriormente, ir avanzando en la cobertura paulatinamente, permitiendo corregir y adaptar la logística, de acuerdo a requerimientos de los usuarios, y realizar modificaciones en la gestión frente a dificultades que se presenten.

Del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del proceso de los RSD realizado en la comuna de La Pintana, se concluyó que, la etapa de transporte es una de las que

posee la mayor cantidad de impactos ambientales negativos, sumado a que es una de las etapas en las que se emplean mayores recursos, por lo que acercar las plantas de tratamiento de orgánicos a las ciudades y disminuir la cantidad de viajes, trae consigo múltiples beneficios. En este sentido considerar la alternativa de instalar centros de pre tratamiento en distintas zonas del núcleo urbano, en función de disminuir el volumen de los desechos orgánicos a trasladar a centro principal de valorización, puede resultar provechoso en términos de impactos ambientales y costos asociados.

4.4.1.7 Uso de Sistema de Información Geográfico (SIG)

El uso de SIG, en la gestión de residuos, permite optimizar el seguimiento, control y monitoreo en tiempo real. También permite optimizar las rutas de recogida con ayuda de un GPS, reduciendo costos y generación de GEI.

Los GPS incorporados en los contenedores, permitirían consultar lo siguiente:

- Posición, rutas y frecuencia del servicio.
- Peso, mediante sensores volumétricos.
- Incidencias y gestiones.

Con esta información sería posible determinar y definir..:

- Posición de los vehículos
- Rutas realizadas
- Intervalos entre paradas y tiempo de conducción
- Cantidad de contenedores con residuos y las zonas de emplazamiento
- Frecuencia en la recogida.
- Ubicación de contenedores

Esta información posibilitaría utilizar los datos con mayor versatilidad y en orden, ya que presenta el interfaz necesario para realizar distintos tipos de tareas.

4.4.1.8 Investigación y Desarrollo (I+D) más Creación de Agrupación Nacional de Compostaje

Para avanzar en esta materia, es necesario que se investiguen y desarrollen las técnicas existentes en cuanto a valorización de los desechos orgánicos. Esto puede resultar complejo, en ocasiones, debido a limitaciones financieras, por lo que se propone hacer un llamado a universidades y ONG´s, con el propósito de abaratar los costos que implican dichas actividades.

La creación de una agrupación nacional de compostaje, tal como existe en Europa, es fundamental para avanzar en la materia, mediante la generación de un foro de discusión, donde también se defina un comité a cargo que dividiría sus funciones, de acuerdo a los objetivos propuestos.

4.4.2 Definición de indicadores

Los indicadores para la evaluación del rendimiento y control de un programa de recuperación y valorización de residuos orgánicos domiciliarios, se definieron basándose en la información revisada previamente, adaptando ciertos indicadores de la Tabla 4.13, consolidando esto en la Tabla 4.17. Es importante mencionar que, estos servirán para medir los objetivos en el tiempo de acuerdo al contexto y estrategia utilizada para la recuperación de los desechos orgánicos domiciliarios, por lo que su aplicación dependerá del caso de implementación.

Tabla 4.17 Indicadores para evaluar el rendimiento y control de un programa municipal de residuos orgánicos

Nº	INDICADOR	FORMA DE MEDICIÓN
1	% de disminución de residuos orgánicos en disposición final	$\frac{\text{Ton valorizada SINADER} + \text{Ton estimadas valorizadas (casas, EE, Barrios)}}{\text{Total Ton valorizadas} + \text{Estimación RO que van a RS}} \times 100\%$ <p>Ton Valorizada: Para obtener las toneladas valorizadas, la información se extraerá de las declaraciones de los municipios en SINADER. Ton estimadas valorizadas (casas, EE, Barrios): La fracción de residuos orgánicos que se traten en los domicilios, establecimientos educacionales y a escala barrial, serán estimados, para lo cual el MMA establecerá una fórmula de cálculo que será entregada a los municipios para que la utilicen y reporten directamente al MMA. Total ton valorizadas: corresponde a la suma de los dos términos señalados anteriormente (Ton Valorizada + Ton estimadas valorizadas (casas, EE, Barrios)). Estimación RO que van a RS: este término corresponde a la estimación de residuos orgánicos que no fueron valorizados y que se destinaron a disposición final. Para el año N se considerará la información obtenida en una caracterización que será realizada cada 5 años, y para los años N+1 al N+4 se realizará una proyección en base a una fórmula elaborada por el MMA.</p>
2	Nº de viviendas con equipamiento de valorización de residuos orgánicos.	El municipio deberá centralizar esa información y reportarla al MMA. Será necesario especificar el tipo de equipamiento entregado e información de costos asociados
3	Nº de establecimientos educacionales con equipamiento de valorización de residuos orgánicos.	El municipio deberá centralizar esa información y reportarla al MMA. Será necesario especificar el tipo de equipamiento entregado e información de costos asociados
4	Nº consultas del estado de equipos entregados (viviendas/establecimientos educacionales)	El municipio deberá velar por el mantenimiento de los equipos entregados a viviendas y centros educacionales, mediante algún medio de comunicación o de manera presencial.
5	Nº de parques urbanos con sistema de compostaje	Se solicitará que MINVU entregue esta información al MMA.
6	cantidad (toneladas/año) de de residuos orgánicos recuperados y valorizados	Municipio o empresa a cargo de la tarea de recolección y transporte de desechos deberá realizar una medición de la cantidad recuperada por los camiones recolectores de desechos orgánicos, ya sea mediante el pesaje o un estimación de acuerdo al volumen.
7	Cantidad (toneladas/año) de compost resultante	El encargado del tratamiento deberá elaborar métricas de generación de compost, realizando un pesaje o estimando de acuerdo al volumen obtenido
8	cantidad (toneladas/año) de de residuos enviados a relleno sanitario	Municipio o empresa a cargo de la tarea de recolección y transporte de desechos deberá realizar una medición de la cantidad recuperadas por los camiones recolectores de desechos orgánicos, ya sea mediante el pesaje o un estimación de acuerdo al volumen.
9	Tasa de segregación de desechos orgánicos (%)	Será la cantidad recuperada total, respecto del total teórico de desechos orgánicos presente en los desecho domiciliarios, la que según reportes oficiales corresponde a un 54,2%
10	cobertura (%) capacitación a vecinos puerta a puerta y entrega de equipamiento	Municipio o encargados de campañas de educación ambiental, deberán llevar una cuantificación de las viviendas y poblaciones a las cuales han realizado una capacitación puerta a puerta y a entregado equipamiento para realizar la entrega diferenciada
11	Nº actividades planificadas y realizadas a la comunidad en general respecto a conductas de reciclaje	El municipio o encargados, deberán velar por el cumplimiento de las actividades de educación ambiental, en función de generar conciencia ambiental entre los ciudadanos

12	% cobertura servicio de colecta segregada de residuos orgánicos	La unidad ambiental de la municipalidad en el caso de que esta implemente un sistema de recolección diferencial deberá manejar el porcentaje de cobertura y zona de cobertura de este
13	N° de personas que participan en huerto comunitario	En cada huerto comunitario se escogerá un representante, el cual deberá velar que exista un registro insitu de las personas que participan de la dinámica del huerto comunitario y que posea algún tipo de tratamiento de residuos orgánicos
14	N° de Huertos comunitarios con sitios de valorización de residuos orgánicos	El municipio deberá centralizar esa información y reportarla al MMA.
15	N° contenedores para desechos orgánicos situado en espacios públicos y/o edificios multifamiliares	El municipio o encargados de la gestión de los contenedores ubicados en sitios públicos o en edificios multifamiliares deberá llevar un conteo de estos para velar por el ordenamiento de estos.
16	N° de mantenciones planificadas y realizadas a contenedores situados en espacios públicos	El municipio o encargados de la gestión de los contenedores ubicados en sitios públicos o en edificios multifamiliares deberán llevar un control de las mantenciones realizadas a estos en función de velar por la salubridad pública, evitando olores y generación de vectores debido a las características del residuo orgánico.
17	N° de encuestas realizadas a vecinos según planificación	La municipalidad encargados, deberán planificar y realizar encuestas a los vecinos en función de fomentar la participación, considerándose las respuestas de estos para la elaboración, ejecución y control del programa

Fuente: Elaboración propia.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La valorización de residuos orgánicos domiciliarios es necesaria para contribuir a la transición de la economía circular, en la cual se encuentra Chile, y alcanzar las metas propuestas de la Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040 que pretende alcanzar un 66% de esta fracción de los desechos. Por esto es importante, desde un principio, establecer objetivos claros y alcanzables para el programa de separación en origen y recolección diferencial.

Según los resultados, no existe una fórmula única respecto al manejo de los residuos orgánicos sólidos domiciliarios en cuanto a la estrategia de su gestión como tampoco en cuanto a su tratamiento, debido a que cada contexto posee particularidades de distinto ámbito, las cuales deberán ser abordadas de distinta manera. Sin embargo, se evidencia que, integrando distintos métodos en la gestión comunal de desechos orgánicos (compostaje domiciliario, comunitario y a gran escala) con un correcto control, es posible incrementar las tasas de recuperación y valorización.

En cuanto al compostaje doméstico o comunitario, se consideran estrategias de recuperación que deben realizarse en paralelo a una de colecta puerta a puerta, donde se debe enfocar los esfuerzos principalmente a esta última, ya que la revisión de los informe de la Unión Europea y la Región Metropolitana indican que, en la mayoría de los casos, la recuperación directamente en los hogares tiene un mayor grado de éxito, esto sumado a la revisión de las conductas de reciclaje de los ciudadanos en la Encuesta Nacional de Medio Ambiente 2018, del Ministerio del Medio Ambiente donde se señala, por parte de los encuestados, que existiría un mayor entusiasmo y participación en un programa de

recuperación y tratamiento de residuos domiciliarios si se les facilita la disposición de los residuos reciclables. Lo anterior sugiere que, la colecta puerta a puerta tendría resultados positivos en una futura implementación de programa municipal que retire los desechos orgánicos directamente de las casas.

Para ejecutar un programa de esta índole, es necesario el compromiso y voluntad política donde se espera que, a través de una política ambiental, se consoliden y formalicen los recursos para este tema.

La incorporación de recicladores base permite abrir una línea de emprendimiento social que puede contribuir a la gestión de residuos si estos son capacitados, asesorados y organizados de manera adecuada.

Los instrumentos administrativos, ordenanzas y certificaciones, marcan la diferencia en la gestión ambiental que aplica cada municipio, generando cambios culturales y demostrando la voluntad política al respecto, destacándose el Sistema de Certificación Ambiental Municipal (SCAM), el cual otorga los lineamientos y acciones para lograr una gestión ambiental contundente a nivel local y también las ordenanzas municipales que condicionan directamente conductas de los ciudadanos.

En Chile aún existen barreras de entrada que no permiten instalar plantas de compostaje con facilidad, debido a que la normativa somete a los mismos requerimientos a una planta de compostaje y a un relleno sanitario, pese a no asemejarse en sus impactos ambientales. Por esto es que se deben modificar cuerpos legales, para simplificar el proceso de aprobación de un proyecto de este tipo o cualquier infraestructura (puntos de acopio, estaciones de transferencia, otros) necesaria para poder operar los sistemas logísticos de manera adecuada.

Es necesario que los encargados de desarrollar un programa de gestión de residuos orgánicos, planifiquen de acuerdo a sus recursos financieros y que se consideren las distintas alternativas de financiamiento externo. Actualmente existen fuentes de financiamiento externo de fondos y concursos públicos para las municipalidades que deben ser aprovechadas para suplir la brecha financiera e implementar este tipo de iniciativas. No obstante, es necesario crear fondos específicos para este tipo de proyectos, como también incentivos económicos que permitan a entidades privadas invertir en estos temas. De igual manera, demostrar que es posible que la externalización de la gestión del programa obtenga buenos resultados.

Una propuesta de gestión de residuos sólidos domiciliarios orgánicos debe realizarse en base a una revisión de las experiencias exitosas en Chile y el extranjero, con el fin de adaptar ciertos aspectos y elementos al propio contexto, a través de métodos con bases científicas, previniendo de este modo posibles problemas, tales como un sobredimensionamiento de la infraestructura, como en el caso de la comuna de Ñuñoa, dificultades en el tratamiento de los desechos debido no poseer los recursos técnicos adecuados para tratar desechos orgánicos de alta complejidad como carnes y pescados, generación de micro basurales por escaso control de puntos de acopio en sitios públicos o el caso de la comuna de Vitacura, que vio sobrepasado su diseño de flujo vehicular.

Respecto al diagnóstico inicial, en ocasiones la generación y recopilación de información puede ser costosa. Sin embargo, es posible obtener lineamientos a través de información secundaria para tener una visión del panorama. Además, el levantamiento de información no solo debe ser en un comienzo, sino que debe desarrollarse también durante y expos. La medición de los objetivos estratégicos y características de ciertos elementos del ciclo de vida (CV) de los residuos domiciliarios deberá ser a través del establecimiento de indicadores. Es

imprescindible que los indicadores se mantengan actualizados para guiar la toma de decisiones y cambios en la estrategia.

El control y fiscalización de las tareas externalizadas es muy importante para la continuidad de cualquier programa de gestión integral de residuos ya que, como en el caso de la comuna de Providencia, esto provocó que una mala gestión tuviera como consecuencia un mal manejo de puntos verdes generando impactos negativos, como la formación de micro basurales y deterioro de la estética del espacio público.

La educación ambiental y las campañas de información son un eje transversal en un programa de separación en origen de los RSD orgánicos, ya que son actividades que logran generar un cambio en los hábitos de conducta de los ciudadanos, haciéndolos consientes en términos del cuidado del medio ambiente y consumo responsable de los productos, ya que crea conciencia respecto a los beneficios que entrega este tipo de prácticas, los cuales deben ser reflejados de algún modo por los encargados del desarrollo de este. Ejemplo de esto es la entrega gratuita del compost resultante, para generar un mayor acercamiento a este tipo de valorización de residuos, junto con visitas a la planta de valorización e incentivos en la reducción de tarifas que fomenten este tipo de prácticas.

Según las experiencias revisadas, lo más efectivo para una campaña de concientización es realizarla puerta a puerta, antes y después de la implementación del programa. Los programas de compostaje comunitario, en conjunto con huerto urbano, son útiles como instrumento de educación ambiental y micro centro de tratamiento donde, además, se fortalece el tejido social de la comunidad.

La entrega de equipamiento, como contenedores o bolsas biodegradables, es necesaria para que el proceso de separación en origen se realice de manera adecuada, además de fomentar la separación de los desechos, más aún si son acompañados de una capacitación y/o incentivo. Es importante que, en el comienzo del programa estos sean entregados de manera gratuita, para asegurar una mayor tasa de participación. Se debe considerar la mantención de los contenedores situados en espacios comunes de edificios y en espacio públicos para evitar malos olores y generación de vectores.

De las evaluaciones cuantitativas y cualitativas del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de los residuos orgánicos domiciliarios, una de las etapas que presenta mayor grado de impacto ambiental es la recolección y transporte de los residuos, además de requerir los costos más elevados. Esto indica que, es necesario plantear alternativas para poder disminuir o eliminar los aspectos ambientales que generan los daños más considerables al medio ambiente.

Al incorporar la separación selectiva de residuos secos, la experiencia indica que, se incrementa la participación por parte de los ciudadanos en un programa de residuos orgánicos permitiendo, además, disminuyen considerablemente los residuos descartables y, por consiguiente, una frecuencia de colecta menor, lo que posibilita intercalar rutas de recolección de residuos, sin la necesidad de incrementar la cantidad de días en los que se recolectan los desechos.

La implementación para plantas de compostaje con flujos considerables, debe considerar las distintas alternativas de tratamiento para optimizar el proceso, tales como ventilación mecánica, el tratamiento dentro de contenedores o técnicas anaeróbicas como los biodigestores, entre otros métodos, los que serán implementadas de acuerdo con los recursos humanos y económicos disponibles y el contexto de la implementación. Es importante evaluar el rendimiento de cada

una de las tecnologías, sus complejidades y beneficios que representan. Respecto al pre tratamiento, este se presenta en la mayoría de las experiencias revisadas, lo que revela que es un método que debe ser incluido en el proceso de compostaje a gran escala para obtener un producto final de calidad.

La experiencia en Europa refleja que, la aplicación de una legislación más rígida con respecto al tema, da como resultados un cambio en el actuar ambiental de los ciudadanos, así como que es necesario crear una asociación de compostaje a nivel nacional.

La etapa que presenta mayor significancia es la de disposición final, correspondiente al relleno sanitario, es decir, mientras más residuo incorporado a él, mayores son los impactos ambientales, por lo que se deben barajar alternativas para el desarrollo de una estrategia que se enfoque en desviar en la mayor medida posible los residuos hacia este.

5.2 Recomendaciones

La utilización del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), como herramienta para la implementación o modificación de un servicio de aseo, que considera la colecta selectiva de los desechos orgánicos, puede resultar provechosa para lograr obtener resultados exitosos. En este sentido, su aplicación a través de la metodología de ordenamiento de residuos domiciliarios de Urbina y Salas, del año 2017, se considera un modo eficiente para dar bases para una gestión de los residuos orgánicos desde su planificación, operación y control de un programa de separación en origen (SEORI) y posterior valorización. El orden de los elementos que participan en cada etapa del CV es fundamental para lograr obtener resultados positivos.

“Pareciera clave implementar proyectos a escala que cuenten con capacidad de crecimiento, que se vayan ajustando a las características y participación de la comunidad y el territorio.” (MMA, 2018). Este modo de implementación, además, permite corregir y modificar la estrategia con una mayor capacidad de adaptabilidad, donde es necesario considerar y estudiar los flujos de residuos que se desean tratar para una correcta planificación.

La utilización de la herramienta de Sistemas de Información Geográficos (SIG), resulta importante en el manejo de datos referentes a la gestión de residuos, por lo que los encargados deberán mantener canales de comunicación efectivos para traspasar toda la información que sea necesaria entre las distintas secciones de la unidad ambiental de la comuna sobre este tipo de herramientas, con el fin de tener un manejo de esta más versátil.

Se recomienda invertir en tecnología para la etapa de transporte, es decir cambiar los combustibles utilizados por la flota de camiones de recolección, por combustibles más amigables con el medio ambiente. Sin embargo, esto requiere una integración hacia las empresas que licitan este servicio, exigiendo dentro de las condiciones del contrato este tipo de iniciativas.

Un proceso de participación, por parte de los ciudadanos, debe integrarse desde la etapa de diseño hasta la operación, ya que es fundamental para cumplir con las expectativas de los usuarios, desde la toma de decisiones, sugerencias y planteamiento de inquietudes que sean abordadas por los encargados de la gestión.

Dado que el transporte es una de las etapas del proceso de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) que posee mayores impactos ambientales, según la matriz de evaluación cualitativa de los impactos ambientales, se propone realizar rutas

de recolección con una planificación estratégica, para ahorrar el consumo de combustible, utilizando además combustibles alternativos, con el fin de reducir las emisiones GEI y gastos asociados. En este sentido, se debe considerar la opción de centros de pre tratamiento dentro de los núcleos urbanos, para disminuir los volúmenes a trasladar a los centros de mayor envergadura situados en la periferia de la ciudad.

Es posible realizar un pre tratamiento que incluya tecnologías modernas de compostaje como los biocatalizadores, con el fin de mejorar el rendimiento del proceso y permitir el tratamiento de carnes y pescado, debido a su capacidad de controlar los olores. También se plantea la opción de la instalación de estaciones de transferencia que incluyan un pre tratamiento con estas sustancias, con el fin de disminuir los volúmenes a transportar a los sitios de tratamiento de mayor envergadura, lo que resultaría una menor cantidad de viajes y con ello también la disminución de los impactos ambientales (olores, vectores, emisiones atmosféricas) y costos asociados a esta etapa del ciclo de vida (CV). En cuanto a los residuos de jardinería, se recomienda no incorporarlos en la misma colecta que los residuos de cocina, debido a su característica voluminosa, por lo que su disposición sea realizada por los mismos usuarios o contratando un servicio municipal especial para estos. De este modo, será posible reducir el número de viajes por el camión recolector.

Se debe velar por investigar y desarrollar (I+D) en la materia, ya sea en los centros de tratamiento u otro lugar afín, con el objetivo de especializar el tratamiento de residuos orgánicos domiciliarios, ya sea de manera independiente o en conjunto con los desechos provenientes de otras fuentes de generación. Puede que lo anterior requiera de financiamientos elevados, sin embargo, es posible integrar la participación de universidades y ONG's para generar información a bajo costo, apalancando de este modo recursos técnicos.

Dada las condiciones que se requieren para la implementación de un huerto urbano y compostaje domiciliario, en cuanto a espacio físico y costos asociados, la aplicación de esta metodología de tratamiento de residuos orgánicos puede ser llevada a la práctica si es que existen lugares adecuados para su instalación, en caso contrario se recomienda la utilización de solamente la colecta selectiva de los desechos orgánicos.

En ocasiones los costos dificultan la implantación de un sistema robusto y que tenga durabilidad en el tiempo por lo que un programa de compostaje municipal podría operar disminuyendo costos, creando asociaciones entre municipios para utilizar la misma infraestructura y equipamiento. En este sentido, la asociación de las municipalidades con entidades privadas también resulta provechosa pudiendo en ambos casos, además de apalancar recursos, generar inteligencia e información territorial respecto al tema con el fin de replicar estrategias a largo plazo.

Una certificación del producto final es importante para comercializar este y generar ingresos, que contribuyan a sostener el programa de separación en origen y tratamiento de los desechos orgánicos domiciliarios.

Es necesario avanzar en este tipo de prácticas, dando énfasis en un cambio cultura de los ciudadanos, valorando los recursos naturales y ecosistemas disponibles en el planeta, tomando una postura consciente y aportando al cuidado de este.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Adel, X. (2009). (2009). *Castelldefels cierra la planta de compostaje por el mal olor*. El periódico. Recuperado el 20 de marzo de 2021, de: <https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20090121/castelldefels-cierra-planta-compostaje-mal-24140>

[2] Basurto, A. (2013). *Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de un Biodigestor Anaerobio con Residuos Orgánicos Generados en el Mercado de Tiquipaya (Bolivia)*. Tesis de Master no publicada. Universidad Politécnica de Cataluña. Cataluña, España.

[3] Camargo, Y., Vélez, A. (2009). *Emisiones de biogás producidas en rellenos sanitarios*. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Barranquilla, Colombia.

[4] Carrasco, C. (31 de marzo de 2017). *Los SIG en la gestión de residuos*. Geoinnova. Recuperado el 10 de diciembre de 2020 de: <https://geoinnova.org/blog-territorio/los-sig-en-la-gestion-de-residuos/>

[5] D°148 “Aprueba Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos”. Santiago, 12 de junio del 2003.

[6] Dirección General de Medio Ambiente. (2000). *Buenas prácticas de compostaje en la UE*.

[7] Gajardo, S., Área de Estudios e Inversiones., Seremi de Desarrollo Social y Familia R.M. (2019). *Región Metropolitana de Santiago, Índice de Prioridad*

Social de Comunas 2019 Seremi de Desarrollo Social y Familia Metropolitana. (2°), Santiago, Chile: [s.n]

[8] Gobierno Regional Región Metropolitana de Santiago. (1994). Aprueba Plan Regulador Metropolitano de Santiago.

[9] Gomes, P., Khol, C., Souza, C., Rempel, N., Miranda, L., Moraes, C. (2016). *Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem.* Scielo Brasil. 20(03). DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000120751>

[10] Ilustre Municipalidad de La Pintana. (2012). PLADECO La Pintana (2012-2016)

[11] Implementa Sur, (2019) Asesoría Sobre el Manejo de Residuos Orgánicos generados a Nivel Municipal en Chile”.

[12] Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2017). Censo 2017.

[13] Ley N°20.920 “Establece Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje”. Santiago, 1 de junio del 2016.

[14] Ministerio de Medio Ambiente. (2016). Gestión e Información Ambiental Local: Diagnóstico y Desafíos.

[15] Ministerio de Medio Ambiente. (2017). Política Nacional de Residuos 2018-2030.

[16] Ministerio de Medio Ambiente. (2020). Informe del Estado del Medio Ambiente 2020.

[17] Ministerio de Medio Ambiente. (2020). Propuesta Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos 2020-2040.

[18] Ministerio de Salud. (1967). Código Sanitario.

[19] Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (1992). D°47 Ordenanza General de Urbanismo y construcción.

[20] Molina, C. (2006). *Estudio de Factibilidad Técnico-Económica para Instalar una Planta de Compostaje Utilizando Desechos Vegetales Urbanos*. Santiago, Región Metropolitana.

[21] Nch2880.c2003 “Compost - Clasificación y requisitos”. Santiago, 7 de noviembre del 2003.

[22] Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Ingeniería, Esc. de Ingeniería en Construcción, Grupo de residuos sólidos. (2006). *Estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana*. Valparaíso, V Región.

[23] Saavedra, C. (2017). *Diagnóstico de la gestión municipal en residuos domiciliarios: antecedentes y reflexiones desde la geografía para las etapas de recolección y disposición final de los residuos en la Región Metropolitana*. Tesis de Pregrado no publicada. Universidad Academia de Humanismo Cristiano, Santiago, Chile.

[24] Slater, R., Frederickson, J. (2001). *Composting municipal waste in the UK: some lessons from Europe* (El compostaje de residuos municipales en el Reino Unido: algunas lecciones de Europa). *Elsevier*, 32(3-4), 359-374. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(01\)00071-4](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(01)00071-4)

[25] Sztern, D., Pravia, M. (1999). *Manual para la Elaboración de Compost. Bases Conceptuales y Procedimientos*. Recuperado el 25 de Marzo de 2020 de: ops-uruguay.bvsalud.org/pdf/compost.pdf

[26] Urbina, M., Salas, A. (2017). *Metodología para el ordenamiento de los residuos sólidos domiciliarios*. 8va Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.

[27] Urbina, M., Zúñiga, I., Libys, M. (2016). *Metodología para el Ordenamiento de los Residuos Sólidos Domiciliarios*. *Ciencia en su PC*, (1), 15-29. Recuperado el 3 de septiembre de 2019 de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181345819002>

[28] Urbina, R., Onelia, M., Zúñiga, I., Libys, M. (2016). *Modelo conceptual para la gestión de los residuos sólidos domiciliarios*. *Ciencias Holguín*. 2(03). Recuperado el 5 de septiembre de 2019 de: <http://www.ciencias.holguin.cu/index.php/cienciasholguin/article/view/964>

ANEXOS

Anexo A. Entrevistas a Encargados de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA)

A.1 Pauta entrevista realizada a funcionarios Dirección de Gestión Ambiental de la comuna de La Pintana



Facultad de Ciencias de la Construcción y Ordenamiento Territorial

FORMATO DE RECOPIACIÓN DE DATOS PARA PROYECTO DE TÍTULO

Nombre del encargado:

Cargo:

Fecha: / / 2019

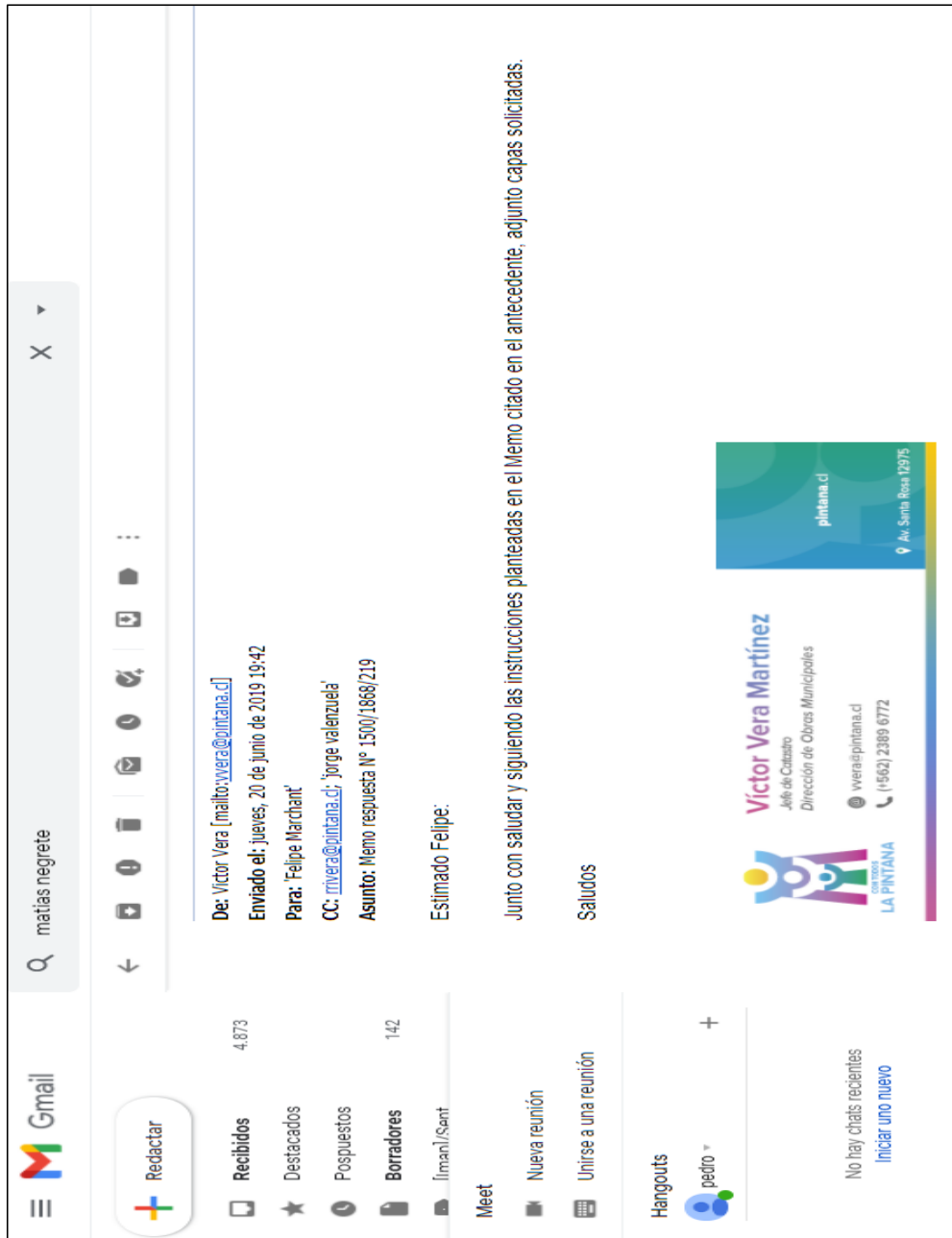
Firma y/o timbre:

DATOS			
Objetivo	Indicadores [UNIDAD DE MEDIDA]	Valor	observaciones
Calcular los flujos de residuos orgánicos retirados y cuantificar impactos ambientales	Toneladas de residuos retirados [Ton/mes] , en periodo de un año (o más si es posible)		
	Modelo de camión, su capacidad [TON] o [VOL] y su rendimiento [KM*L]		
	Distancia media por viaje en ruta [KM]		
	N° de camionadas semanales		
	N° flota de camiones		

	Costo mensual del retiro [pesos]				
	Tipo de segregación (con/sin segregación desde el origen u otra)				
Calcular flujos residuos orgánicos provenientes de ferias y mantenimientos de áreas verdes para cuantificar impactos ambientales	Toneladas de residuos orgánicos retirados [Ton/mes] (total o diferenciada)				
	Modelo de camión, su capacidad [TON] o [VOL] y su rendimiento [KM*L]				
	Distancia media por viaje en ruta [KM]				
	N° de camionadas semanales				
	N° flota de camiones				
	Costo anual del retiro [PESOS]				
Identificación de la gestión de Residuos Orgánicos de Cada Comuna	Fase preparatoria	Determinar si existe 1 o más departamentos a cargo del tema (indicar N° y cuales son)			
		Verificar si existe equipo de trabajo a cargo. (indicar si existe o no, y a qué departamento corresponde)			
	Diagnostico general	Determinar personas beneficiadas por el programa [personas beneficiadas o sector beneficiado (villa, población, sector u otro)]			
		Presupuesto mensual para la gestión de residuos (total o diferenciada) [PESOS]			
		Determinar involucrados (ya sea 1 o más áreas involucradas, como departamentos o áreas dentro de la municipalidad, como también agentes externos como la comunidad o algún privado) [indicar N° y especificar]			

		últimos 5 años de la recolección de RSD [Ton/año] total		
	Diagnostico en la planificación	Verificar si existe un plan de manejo comunal que involucre el manejo de residuos integral [Si/No] (indicar si se encuentra implementado o si se sigue algún modelo en desarrollo)		
		Verificar las responsabilidades y cumplimiento de estas dentro del sistema de gestión [Si/No] (indicar si las responsabilidades se encuentran definidas en documentación o no)		
		Identificar el responsable del tratamiento [Municipal/privado/particular]		
	Diagnóstico del control	Verificar si existe un registro de las operaciones y actividades [Si/No] (indicar si se realizan y si es que están se revisan periódicamente, realizando algún tipo de evaluación)		

A.2 Capas de información para Sistema de Información Geográfico entregada por funcionario vía e-mail



matias negrete X

5 de 7

Redactar

Recibidos 4.873

Destacados

Postpuestos

Borradores 142

[iman]/Sent

Meet

Nueva reunión

Unirse a una reunión

Hangouts

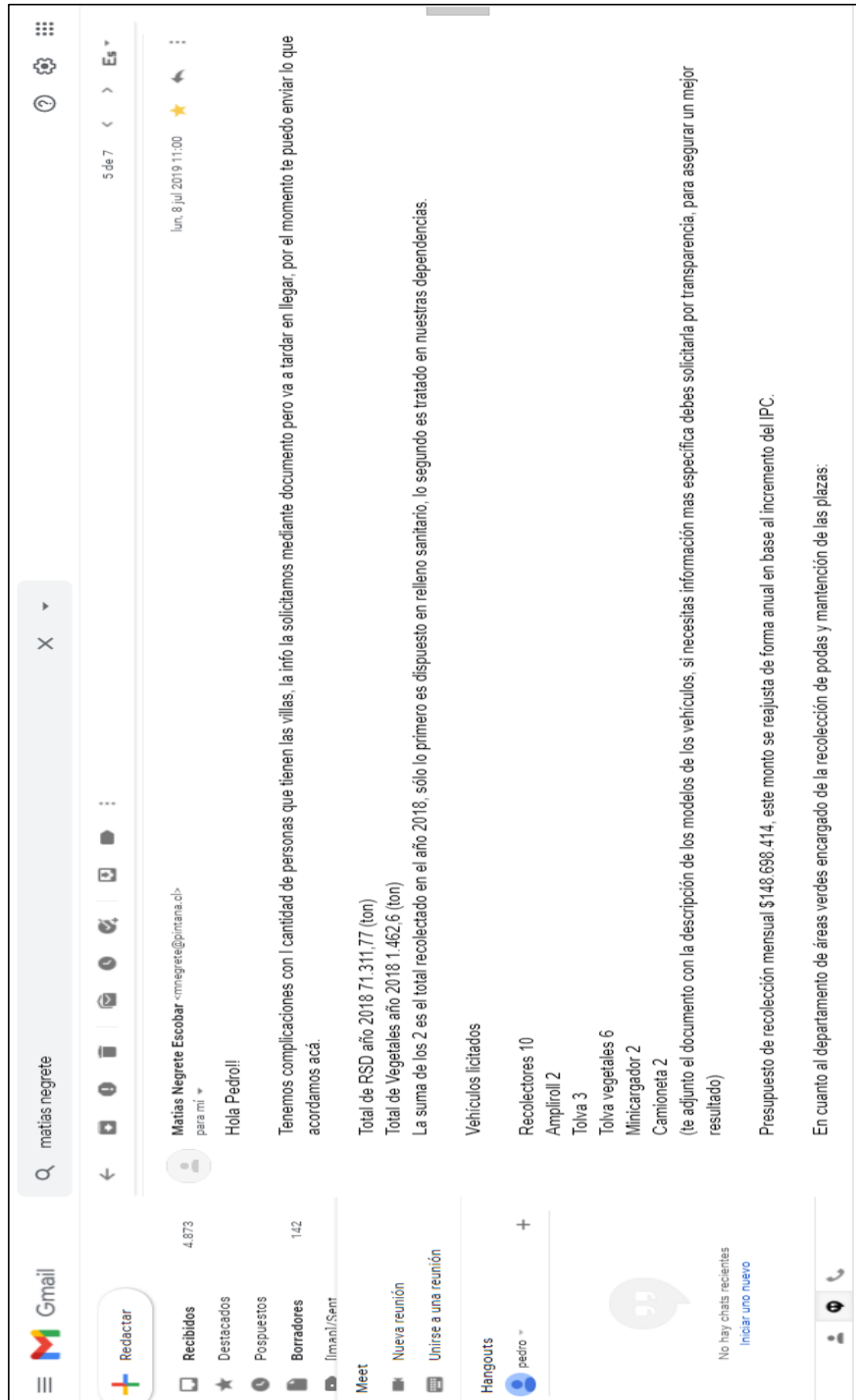
pedro +

No hay chats recientes
Iniciar uno nuevo

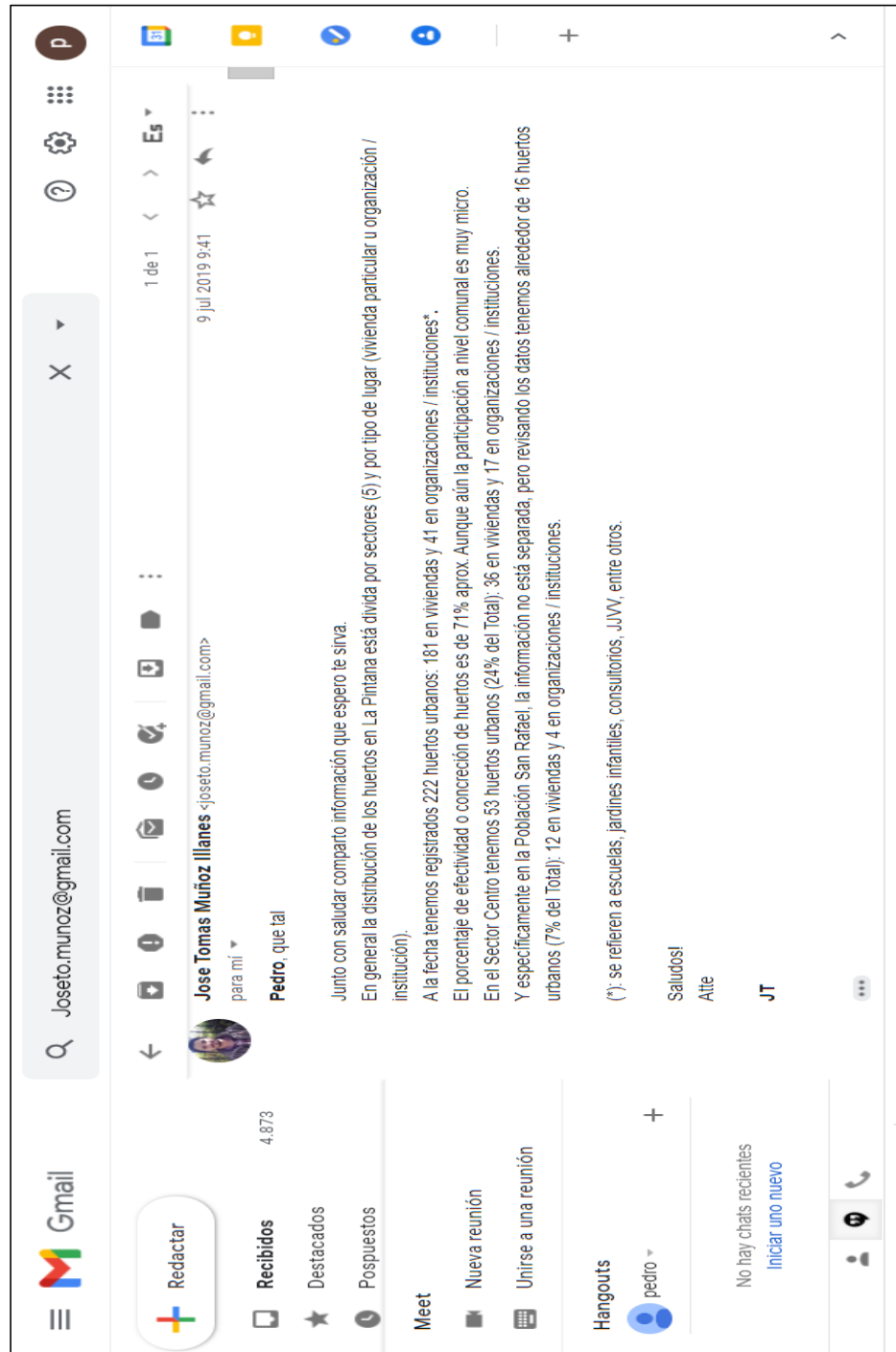
21 archivos adjuntos

POBLACIONES.sbn	POBLACIONES.sbx	POBLACIONES.shp	POBLACIONES.shp...	POBLACIONES.shx
POBLACIONES.dbf	POBLACIONES.prj	SECTORES.prj	SECTORES.sbn	SECTORES.shx
SECTORES.shp	SECTORES.shp.xml	SECTORES.dbf	SECTORES.dbf	CALLES_PASAJES...

A.3 Métricas de cantidad de residuos domiciliarios destinados a relleno sanitario y residuos orgánicos recuperados y valorizados en planta de compostaje municipal



A.4 Entrevista digital a José Tomás Muñoz, Ing. Agr. Encargado Programa de Agricultura Urbana. Dirección de Gestión Ambiental de la Municipalidad de La Pintana.



A.5 Licitación de vehículos transportadores de residuos domiciliarios (Listado vehículos, Propuesta publica para licitación aceptada por la municipalidad)



Propuesta Pública

Servicio de Recolección Diferenciada y Transporte de Residuos Sólidos Domiciliarios y Públicos, y Plantel Adicional de Operarios, La Pintana, 2º Llamado.

Ilustre Municipalidad de La Pintana

ANEXOS TÉCNICOS

Licitación "Servicio de Recolección Diferenciada y Transporte de Residuos Sólidos Domiciliarios y Públicos, y Plantel Adicional de Operarios, La Pintana, 2º Llamado. ID 2275-31-LR17.

Vicmar S.A.
Joaquín Rodríguez 7347, Macul
Santiago, Chile
Fono: +562 25124393 +56229868890
E-mail: contacto@vicmachile.cl
Web: www.vicmachile.cl

E.1. Listado de Vehículos y Equipos Ofertados

Los vehículos y equipos ofertados para la ejecución del servicio licitado son los siguientes:

Camiones Recolectores Titulares (Recolección Residuos Domiciliares) (Imag. Ref)



Marca:	Mercedes Benz
Modelo:	Atego 1729 KO 6X2
Capacidad:	17,5 toneladas
Año:	2018
Cantidad:	06
Características:	Tercer eje auxiliar incluido
Caja Compactadora:	Mc Neilus Metropak 19 m3, año 2018.
Alzacontenedor:	Perkins D6213, año 2018

Camión Recolector Reemplazo (Recolección Residuos Domiciliares) (Imag. Ref)



Marca:	Mercedes Benz
Modelo:	Atego 1729 KO 6X2
Capacidad:	17,5 toneladas
Año:	2018
Cantidad:	01
Características:	Tercer eje auxiliar incluido
Caja Compactadora:	Mc Neilus Metropak 19 m3, año 2018.
Alzacontenedor:	Perkins D6213, año 2018

Camiones Tolva Titulares (Recolección Residuos Vegetales) (Imag. Ref)



Marca:	Mercedes Benz
Modelo:	Atego 1719/36 4X2
Capacidad:	11,5 toneladas
Año:	2018
Cantidad:	04
Características:	4X2
Caja Tolva:	Servimeta SM 7m3, año 2018
Alzacontenedor:	Eurotek, OCL-360 año 2018

Camión Tolva Reemplazo (Recolección Residuos Vegetales) (Imag. Ref)

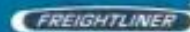


Marca:	Mercedes Benz
Modelo:	Atego 1719/36 4X2
Capacidad:	11,5 toneladas
Año:	2018
Cantidad:	01
Características:	4X2
Caja Tolva:	Servimeta SM 7m3, año 2018
Alzacontenedor:	Eurotek, OCL-360 año 2018

Vicmar S.A.
 Joaquín Rodríguez 7347, Macul
 Santiago, Chile
 Fono: +562 25124393 +56229868890
 E-mail: contacto@vicmarchile.cl
 Web: www.vicmarchile.cl



KAUFMANN



CARTA COMPROMISO DE COMPRAVENTA Y/O LEASING

En Santiago, a 01 de Diciembre del 2017, entre Comercial Kaufmann S.A. RUT: 96.512.360-9, representada para estos efectos por Don Roberto Beckdorf Schlegel, RUT: 7.328.966-1, ambos domiciliados en Av. Gladys Marín 5830 (Ex Los Pajaritos). Estación Central, Santiago, por una parte, y por otra empresa VICMAR S.A. RUT: 79.985.050-8, representada por el señor Vicente Martínez Escobar, RUT: 3.676.019-2 domiciliados en Joaquín Rodríguez 7347, Comuna de Macul, Santiago, han convenido el siguiente contrato de compromiso de compraventa y/o leasing.

PRIMERO: Comercial Kaufmann S.A. Se compromete a vender a VICMAR S.A. Quien a su vez se compromete a comprar y adquirir para sí los siguientes equipos nuevos, sin uso, Año 2018, para la Propuesta Pública "Servicio de Recolección diferenciada y transporte de residuos sólidos domiciliarios y públicos, y plantel adicional de operarios, La Pintana" ID 2275-31-LR17.

CANTIDAD	:	06 UNIDADES
MARCA	:	MERCEDES BENZ
MODELO	:	ATEGO 1729 KO 6X2
CHASIS	:	3° EJE AUX. INCLUIDO
NORMA	:	EURO V
AÑO	:	2018

SEGUNDO: La compra de los equipos se efectuará en caso de ser adjudicada a VICMAR S.A. la Propuesta Pública "Servicio de Recolección diferenciada y transporte de residuos sólidos domiciliarios y públicos, y plantel adicional de operarios, La Pintana" ID 2275-31-LR17

TERCERO: La entrega de estas unidades será realizada por Comercial Kaufmann S.A. de acuerdo a los plazos requeridos para que la empresa Vicmar S.A. cuente con los equipos operativos a la fecha de inicio del servicio requerida por bases de la licitación.

Se extiende este compromiso de compraventa y/o leasing para ser presentado en la Ilustre Municipalidad de La Pintana.


COMERCIAL KAUFMANN S.A.
RUT: 96.512.360-9
ROBERTO BECKDORF S.
GERENTE COMERCIAL


VICMAR S.A.
RUT: 79.985.050-8
VICENTE MARTINEZ E.
REPRESENTANTE LEGAL



CARTA COMPROMISO DE COMPRAVENTA Y/O LEASING

En Santiago, a 01 de Diciembre del 2017, entre Comercial Kaufmann S.A. RUT: 96.572.360-9, representada para estos efectos por Don Roberto Beckdorf Schlegel, RUT: 7.328.966-1, ambos domiciliados en Av. Gladys Marin 5830 (Ex Los Pajaritos), Estación Central, Santiago, por una parte, y por otra empresa VICMAR S.A. RUT: 79.985.050-8, representada por el señor Vicente Martínez Escobar, RUT: 3.676.019-2 domiciliados en Joaquín Rodríguez 7347, Comuna de Macul, Santiago, han convenido el siguiente contrato de compromiso de compraventa y/o leasing.

PRIMERO: Comercial Kaufmann S.A. Se compromete a vender a VICMAR S.A. Quien a su vez se compromete a comprar y adquirir para si el siguiente equipo nuevo, sin uso, Año 2018, para la Propuesta Pública "Servicio de Recolección diferenciada y transporte de residuos sólidos domiciliarios y públicos, y plantel adicional de operarios, La Pintana" ID 2275-31-LR17.

CANTIDAD	:	01 UNIDAD
MARCA	:	MERCEDES BENZ
MODELO	:	ATEGO 1729 KO 6X2
CHASIS	:	3° EJE AUX. INCLUIDO
NORMA	:	EURO V
AÑO	:	2018

SEGUNDO: La compra del equipo se efectuará en caso de ser adjudicada a VICMAR S.A. la Propuesta Pública "Servicio de Recolección diferenciada y transporte de residuos sólidos domiciliarios y públicos, y plantel adicional de operarios, La Pintana" ID 2275-31-LR17

TERCERO: La entrega de esta unidad será realizada por Comercial Kaufmann S.A. de acuerdo a los plazos requeridos para que la empresa Vicmar S.A. cuente con el equipo operativo a la fecha de inicio del servicio requerida por bases de la licitación.

Se extiende este compromiso de compraventa y/o leasing para ser presentado en la Ilustre Municipalidad de La Pintana.

COMERCIAL KAUFMANN S.A.
RUT: 96.572.360-9
ROBERTO BECKDORF S.
GERENTE COMERCIAL

VICMAR S.A.
RUT: 79.985.050-8
VICENTE MARTINEZ E.
REPRESENTANTE LEGAL



CARTA COMPROMISO DE COMPRAVENTA Y/O LEASING

En Santiago, a 01 de Diciembre del 2017, entre Comercial Kaufmann S.A. RUT: 96.572.360-9, representada para estos efectos por Don Roberto Beckdorf Schlegel, RUT: 7.328.966-1, ambos domiciliados en Av. Gladys Marín 5830 (Ex Los Pajaritos), Estación Central, Santiago, por una parte, y por otra empresa VICMAR S.A. RUT: 79.985.050-8, representada por el señor Vicente Martínez Escobar, RUT: 3.676.019-2 domiciliados en Joaquín Rodríguez 7347, Comuna de Macul, Santiago, han convenido el siguiente contrato de compromiso de compraventa y/o leasing.

PRIMERO: Comercial Kaufmann S.A. Se compromete a vender a VICMAR S.A. Quien a su vez se compromete a comprar y adquirir para sí los siguientes equipos nuevos, sin uso, Año 2018, para la Propuesta Pública "Servicio de Recolección diferenciada y transporte de residuos sólidos domiciliarios y públicos, y plantel adicional de operarios, La Pintana" ID 2275-31-LR17.

CANTIDAD	:	04 UNIDADES
MARCA	:	MERCEDES BENZ
MODELO	:	ATEGO 1719/36
CHASIS	:	4X2
NORMA	:	EURO V
AÑO	:	2018

SEGUNDO: La compra de los equipos se efectuará en caso de ser adjudicada a VICMAR S.A. la Propuesta Pública "Servicio de Recolección diferenciada y transporte de residuos sólidos domiciliarios y públicos, y plantel adicional de operarios, La Pintana" ID 2275-31-LR17

TERCERO: La entrega de estas unidades será realizada por Comercial Kaufmann S.A. de acuerdo a los plazos requeridos para que la empresa Vicmar S.A. cuente con los equipos operativos a la fecha de inicio del servicio requerida por bases de la licitación.

Se extiende este compromiso de compraventa y/o leasing para ser presentado en la Ilustre Municipalidad de La Pintana.

COMERCIAL KAUFMANN S.A.
RUT: 96.512.360-9
ROBERTO BECKDORF S.
GERENTE COMERCIAL


VICMAR S.A.
RUT: 79.985.050-8
VICENTE MARTINEZ E.
REPRESENTANTE LEGAL



CARTA COMPROMISO DE COMPRAVENTA Y/O LEASING

En Santiago, a 01 de Diciembre del 2017, entre Comercial Kaufmann S.A. RUT: 96.572.360-9, representada para estos efectos por Don Roberto Beckdorf Schlegel, RUT: 7.328.966-1, ambos domiciliados en Av. Gladys Marín 5830 (Ex Los Pajaritos), Estación Central, Santiago, por una parte, y por otra empresa VICMAR S.A. RUT: 79.985.050-8, representada por el señor Vicente Martínez Escobar, RUT: 3.676.019-2 domiciliados en Joaquín Rodríguez 7347, Comuna de Macul, Santiago, han convenido el siguiente contrato de compromiso de compraventa y/o leasing.

PRIMERO: Comercial Kaufmann S.A. Se compromete a vender a VICMAR S.A. Quien a su vez se compromete a comprar y adquirir para sí el siguiente equipo nuevo, sin uso, Año 2018, para la Propuesta Pública "Servicio de Recolección diferenciada y transporte de residuos sólidos domiciliarios y públicos, y plantel adicional de operarios, La Pintana" ID 2275-31-LR17.

CANTIDAD	:	01 UNIDAD
MARCA	:	MERCEDES BENZ
MODELO	:	ATEGO 1719
CHASIS	:	4X2
NORMA	:	EURO V
AÑO	:	2018

SEGUNDO: La compra del equipo se efectuará en caso de ser adjudicada a VICMAR S.A. in Propuesta Pública "Servicio de Recolección diferenciada y transporte de residuos sólidos domiciliarios y públicos, y plantel adicional de operarios, La Pintana" ID 2275-31-LR17.

TERCERO: La entrega de esta unidad será realizada por Comercial Kaufmann S.A. de acuerdo a los plazos requeridos para que la empresa Vicmar S.A. cuente con el equipo operativo a la fecha de inicio del servicio requerida por bases de la licitación.

Se extiende este compromiso de compraventa y/o leasing para ser presentado en la Ilustre Municipalidad de La Pintana.

COMERCIAL KAUFMANN S.A.
RUT: 96.572.360-9
ROBERTO BECKDORF S.
GERENTE COMERCIAL

VICMAR S.A.
RUT: 79.985.050-8
VICENTE MARTÍNEZ E.
REPRESENTANTE LEGAL



**CARTA COMPROMISO
DE COMPRAVENTA Y/O LEASING**

En Santiago, a 01 de Diciembre del 2017, entre Comercial Kaufmann S.A. RUT: 96.572.360-9, representada para estos efectos por Don Roberto Beckdorf Schlegel, RUT: 7.328.966-1, ambos domiciliados en Av. Gladys Marin 5830 (Ex Los Pajaritos). Estación Central, Santiago, por una parte, y por otra empresa VICMAR S.A. RUT: 79.985.050-8, representada por el señor Vicente Martínez Escobar, RUT: 3.676.019-2 domiciliados en Joaquín Rodríguez 7347, Comuna de Macul, Santiago, han convenido el siguiente contrato de compromiso de compraventa y/o leasing.

PRIMERO: Comercial Kaufmann S.A. Se compromete a vender a VICMAR S.A. Quien a su vez se compromete a comprar y adquirir para sí los siguientes equipos nuevos, sin uso, Año 2018, para la Propuesta Pública "Servicio de Recolección diferenciada y transporte de residuos sólidos domiciliarios y públicos, y plantel adicional de operarios, La Pintana" ID 2275-31-LR17.

CANTIDAD	:	03 UNIDADES
MARCA	:	MERCEDES BENZ
MODELO	:	ATEGO 1726/48 6X2
CHASIS	:	3ER EJE AUX. INCLUIDO
NORMA	:	EURO V
AÑO	:	2018

Compras

SEGUNDO: La compra de los equipos se efectuará en caso de ser adjudicada a VICMAR S.A. la Propuesta Pública "Servicio de Recolección diferenciada y transporte de residuos sólidos domiciliarios y públicos, y plantel adicional de operarios, La Pintana" ID 2275-31-LR17

TERCERO: La entrega de estas unidades será realizada por Comercial Kaufmann S.A. de acuerdo a los plazos requeridos para que la empresa Vicmar S.A. cuente con los equipos operativos a la fecha de inicio del servicio requerida por bases de la licitación.

Se extiende este compromiso de compraventa y/o leasing para ser presentado en la Ilustre Municipalidad de La Pintana.

COMERCIAL KAUFMANN S.A.
RUT: 96.572.360-9
ROBERTO BECKDORF S.
GERENTE COMERCIAL

VICMAR S.A.
RUT: 79.985.050-8
VICENTE MARTINEZ E.
REPRESENTANTE LEGAL

Anexo B. Fotografías de la Planta de Compostaje y Vivero Municipal de La Pintana, en las Instalaciones de la Dirección de Gestión Ambiental (DiGA)

B.1 Sector de Vermicompostaje en la DiGA



B.2 Pila maduración del proceso de compostaje



B.3 Vivero municipal en las instalaciones de la DiGA



