



SEURECA  VEOLIA

REQUISITOS AMBIENTALES, SANITARIOS Y DE USO DE SUELO, APLICABLE AL EMPLAZAMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTAS DE COMPOSTAJE U OTRAS TECNOLOGÍAS EN LA RMS

INFORME FINAL



Diciembre 2016

Gobierno Regional
Metropolitano de Santiago

INFORMACIÓN GENERAL

Proyecto	REQUISITOS AMBIENTALES, SANITARIOS Y DE USO DE SUELO, APLICABLE AL EMPLAZAMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTAS DE COMPOSTAJE U OTRAS TECNOLOGÍAS EN LA RMS
Título del documento	Informe Final
Autores	B. ROCA-CUSACHS / R. BERDUGO / P. LEON

DESTINATARIOS

Nombre	Organismo
Cristian ROBERTSON DE FERRARI Subdirector Ejecutivo de Resiliencia	Gobierno Regional Metropolitano de Santiago
Gabriela ELGUETA	Gobierno Regional Metropolitano de Santiago
Jorge Ignacio CANALS DE LA PUENTE	Seremi del Medio Ambiente
Paola Andrea COFRE CUEVAS	Seremi del Medio Ambiente
Álvaro Fernando RIOS CARRASCO	Seremi del Medio Ambiente
Olivia ARMENTA	Resilient Cities
Álvaro SOLDEVILA	Resilient Cities
María ORTIZ	Resilient Cities

VERSIONES

Version	Date	Comments
1	15/12/2016	Primera version

Indice

1. INTRODUCCION.....	5
2. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DE LOS RSD EN LA RMS	6
2.1. PERÍMETRO DEL ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE LA RMS	6
2.2. CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN LA RMS	7
2.2.1. Cuantificación de los RSD	7
2.2.2. Caracterización de los RSD.....	8
2.2.3. Resíduos sólidos asimilables a domiciliarios	9
2.3. SISTEMAS DE COLECTA Y DE TRATAMIENTO EXISTENTES	9
2.3.1. Sistemas de colecta	9
2.3.2. Tratamiento existente	10
2.4. MARCO REGULATORIO Y POLÍTICO.....	11
2.4.1. Marco regulatorio.....	11
2.4.2. Los actores de la gestion de residuos	12
2.5. INICIATIVAS EXISTENTES	13
2.5.1. DIGA La Pintana.....	13
2.5.2. Compostaje en el EcoParque de Peñalolén	14
2.5.3. Compostaje en el CEA Parque O'Higgins	14
2.5.4. Colecta selectiva y compostaje en la comuna de Maria Pinto	15
3. REQUERIMIENTOS DE USO DE SUELO, AMBIENTALES Y SANITARIOS	16
3.1. REQUERIMIENTOS DE USO DE SUELO	16
3.1.1. Análisis de Localización.....	16
3.1.2. Clasificación de las plantas de compostaje y disposiciones tecnico-urbanísticas	16
3.2. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES	17
3.2.1. Sistema de evaluación de impacto ambiental.....	17
3.2.2. Requisitos de calidad del compost	18
3.2.3. Consideraciones para el diseño y la operación de una planta de compostaje	18
3.3. REQUERIMIENTOS SANITARIOS	19
4. IDENTIFICACION DE REQUERIMIENTOS PROGRAMATICOS Y FUNCIONALES	20
4.1. SEGREGACIÓN EN ORIGEN DE LA MATERIA ORGÁNICA.....	20
4.1.1. Interés de la segregación en origen	20
4.1.2. Consideración económica	21
4.2. TRATAMIENTO MECÁNICO Y BIOLÓGICO	21
4.2.1. Principio general	21
4.2.2. Calidad del compost	21
4.2.3. Consideración económica	21
4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS	22
4.4. OTRAS SOLUCIONES DE VALORIZACION EXISTENTES.....	22
5. REFERENCIAS INTERNACIONALES	23
5.1. RECOGIDA SELECTIVA Y COMPOSTAJE EN LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO, USA .23	23
5.1.1. La colecta	23
5.1.2. El compostaje	23
5.1.3. El mercado del compost valorizado	24
5.2. RECOGIDA SELECTIVA EN LA CIUDAD DE MILÁN, ITALIA	24
5.2.1. La colecta	24
5.2.2. La campaña de información	26
5.2.3. Metanización y compostaje	26
6. RECOMENDACIONES	28
6.1. RECOMENDACIONES A CORTO PLAZO	28
6.1.1. Campaña de sensibilización	28
6.1.2. La colecta selectiva	28
6.1.3. Plantas de compostaje piloto	31
6.2. RECOMENDACIONES A MEDIO PLAZO	35
6.2.1. Análisis del compost obtenido	35
6.2.2. Retorno de experiencia sobre la colecta	35
6.2.3. Estudio del mercado del compost.....	35
6.3. RECOMENDACIONES A LARGO PLAZO	36
6.3.1. Plantas de compostaje a mayor escala	36
6.4. ESTIMACIÓN ECONÓMICA	37

6.4.1. Campaña de sensibilización	37
6.4.2. Coste de la colecta	38
6.4.3. Coste compostaje.....	38
6.4.4. Otros beneficios.....	38
7. ENTREVISTAS REALIZADAS	40
8. ANEXOS.....	41
8.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS RSD	41
8.2. DISPOSICIONES TÉCNICO – URBANÍSTICAS PARA EL EMPLAZAMIENTO DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE	41
8.3. REQUISITOS DE CALIDAD DEL COMPOST	43
8.4. REQUISITOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE	44
8.5. REQUISITOS SANITARIOS - LISTA DE DOCUMENTOS	44
8.6. CONTENEDORES POSIBLES PARA LA COLECTA DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS ..	45

Lista de abreviaciones

DIA	Declaración de Impacto Ambiental
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
PPC	Plan Santiago Recicla
PPC	Producción per Cápita
PRMS	Plan Regulador Metropolitano de Santiago
RMS	Región Metropolitana de Santiago
RSD	Residuos Sólidos Domiciliarios
RSAD	Residuos Sólidos Asimilables a Domiciliarios
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SEREMI	Secretaría Regional Ministerial

1. INTRODUCCIÓN

La Región Metropolitana de Santiago (RMS) ha solicitado Veolia a través del programa “Resilient Cities” para la consultoría mencionada en objeto.

En la RMS, aproximadamente 98 % de los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) son dispuestos en instalaciones sanitarias que se ajustan a la normativa vigente en Chile. Por ello, el gobierno está fomentando varios planes e iniciativas destinadas a reducir su generación en origen y a favorecer la utilización de los materiales recuperados.

La RMS ha impulsado en 2016 una serie de iniciativas orientadas a la valorización de la fracción inorgánica de residuos. El objetivo a través de este plan de acción es de reciclar un 25 % de los RSD en la RMS para el año 2020.

La fracción orgánica y mayoritaria de los RSD acaba en aterros. El objetivo de la RMS a través del estudio es impulsar en 2017 una serie de iniciativas de valorización de la fracción orgánica por medio del compostaje.

La motivación de esta iniciativa es principalmente ciudadana, ya que no existe actualmente ninguna obligación legal. La iniciativa viene dada por los siguientes principios planteados por el programa: enfoque humano, participativo, equitativo e inteligencia territorial.

Por medio de un análisis de factibilidad, Veolia propone en este informe una serie de recomendaciones de valorización de residuos orgánicos a corto, medio y largo plazo.

Para la elaboración de propuestas, el estudio ha seguido los pasos metodológicos siguientes:

- Revisión de la información entregada por la RMS (marco regulatorio y políticas, flujos de residuos, volúmenes, sistemas de colecta y tratamiento existentes, operadores, tasa de reciclaje, proyectos específicos...)
- Entrevista con los siguientes actores clave:
 - Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)
 - Seremi Vivienda y Urbanismo (MINVU)
 - Seremi de Medio Ambiente (MMA)
 - Seremi de Salud, Seremi de Medio Ambiente (MMA)
 - EMERES
- Intercambios con el equipo Santiago Resiliente
- Visitas a centros de compostaje de pequeña escala existentes en la RMS:
 - Centro de compostaje en el Parque O'Higgins
 - Ecoparque en Peñalolén
 - Centro de compostaje en la comuna de la Pintana
- Análisis de factibilidad con el equipo local de Veolia Chile

A partir de toda la información e intercambios realizados, el estudio presenta una formalización de la hoja de ruta y recomendaciones de colecta y valorización por compostaje en la RMS a corto, medio y largo plazo.

2. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DE LOS RSD EN LA RMS

2.1. Perímetro del estudio y caracterización de la RMS

El estudio engloba las 52 comunas que componen la Región Metropolitana de Santiago (RMS). La RMS es la región más pequeña del país, con 6 provincias y una superficie de 15.403,2 km², representando un 2 % de la superficie total. También es la región más habitada, con una población de más de 7 millones de habitantes (más del 40 % de la población total en Chile). La mayor parte de la población se concentra en la provincia de Santiago, compuesta por 32 comunas.



Ilustración 1 : Zona urbana en la RMS

A partir de la ilustración previa, se ha calculado el porcentaje de superficie urbanizada por cada comuna. El grafico siguiente muestra una concentración de la urbanización a través de la cual se pueden distinguir las comunas de tipo rural y las de tipo urbano.

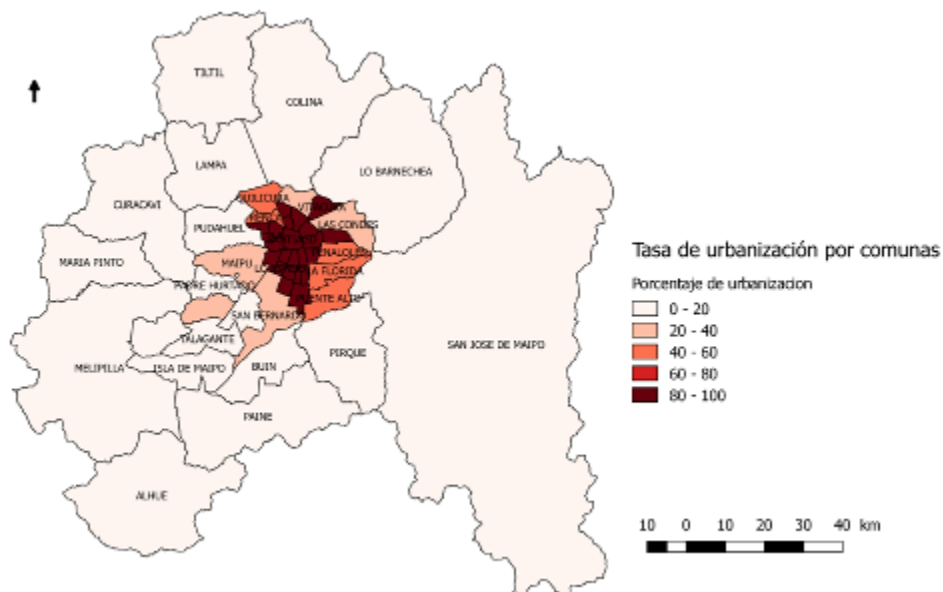


Ilustración 2 : Tasa de urbanización por comuna en la RMS

De las 52 comunas se pueden distinguir los datos siguientes:

- **Tipología urbana:** se han considerado las zonas con más de 80 % de urbanización. El conjunto de estas comunas ocupa 32 141 hectáreas (**2 % de la superficie total** de la RMS) y produce un total de 1 466 822 toneladas (**45 % de los RSD**).
 - 23 comunas: Vitacura, Conchalí, Recoleta, Independencia, Providencia, Quinta Normal, Cerro Navia, Santiago, La Reina, Ñuñoa, Lo Prado, Estación Central, Macul, San Joaquín, Cerrillos, Pedro Aguirre Cerdá, San Miguel, Lo Espejo, La Cisterna, La Granja, San Ramón, El Bosque y La Pintana;
- **Tipología rural:** se han considerado las comunas con menos del 20 % de superficie urbana. Se trata en mayor parte de las comunas de la periferia de la RMS, que ocupan 1 427 119 hectáreas (**93 % de la superficie total** de la RMS) y producen un total de 440 254 toneladas (**14 % de los RSD**).
 - 19 comunas: Tiltil, Colina, San José de Maipo, Lo Barnechea, Lampa, Curacavi, Pudahuel, María Pinto, Padre Hurtado, Melipilla, Calera de Tango, Pirque, El Monte, Talagante, Buín, Isla de Maipo, Paine, San Pedro y Alhué;
- **Tipología semi-rural/ semi-urbana:** esta zona corresponde principalmente a las comunas que rodean la zona más urbana, y su nivel de urbanización se sitúa entre 20 y 80 %. El conjunto de estas comunas ocupa 79 867 hectáreas (**5 % de la superficie total** de la RMS) y produce un total de 1 325 836 toneladas (**41 % de los RSD**).
 - 10 Comunas: Quilicura, Huechuraba, Las Condes, Renca, Peñalolén, Maipú, La Florida, San Bernardo, Puente Alto y Peñaflores;

2.2. Cuantificación y caracterización de los residuos sólidos urbanos en la RMS

2.2.1. Cuantificación de los RSD

La RMS genera alrededor de **3,23 millones de toneladas de RSD** (Fuente: *Santiago Resilientes 2015*) y produce una media de **1,18 kg de RSD por habitante y día**. La tendencia general desde los años 70 muestra que esta tasa va en aumento.

El siguiente grafico muestra la producción por cápita (PPC) actualizada según cada comuna.

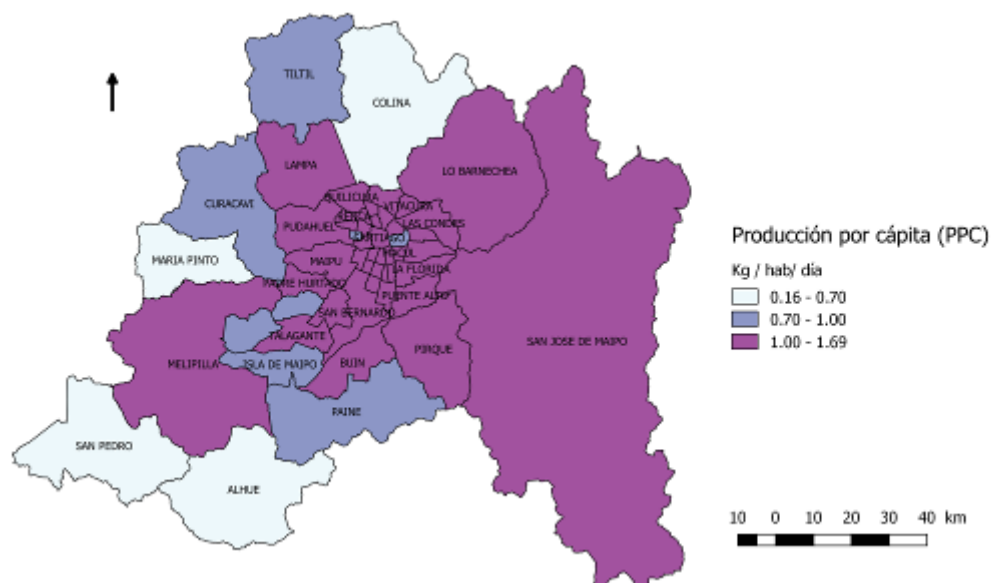


Ilustración 3 : Producción por cápita y por comuna

En el año 2015, el PPC promedio en las zonas urbanas se sitúa en 1,26 kg/hab/día mientras que en las zonas rurales es de 1,01 kg/hab/día.

2.2.2. Caracterización de los RSD

Dos estudios de caracterización de los residuos urbanos domiciliarios han sido llevados a cabo en los últimos años. El objetivo de ambos estudios fue de conocer las distintas fracciones que componen los RSD según los distintos niveles socio-económicos de las comunas, según el grado de urbanidad y según la estacionalidad.

- En el año 2005, la Universidad Católica de Valparaíso (UCV) tomó una muestra representativa de la zona urbana a partir de las 52 comunas de la región metropolitana.
- Entre 2010 y 2011, Ingeniería Alemana realizó un muestreo a partir de 27 comunas consideradas representativas para toda la RMS.

El presente estudio considerará como base ambos estudios, ya que el de la UCV en 2005 fue un estudio completo que tuvo en cuenta las estaciones de primavera e invierno.

A) Fracción materia orgánica

Los resultados de estas caracterizaciones señalan que la fracción más representativa de los residuos corresponde a la categoría de los residuos orgánicos, y se sitúa entre **55 y 56,7 %**. Además, los residuos con potencial de reciclaje alcanzan alrededor del 25%. La composición global se descompone de la manera siguiente:

- 56,7 % de residuos orgánicos (54,99 % en el estudio de 2005)
- 12,1 % de papel y cartón (8,8 % papel y 3,3 cartón) (13,51 % en 2005)
- 11,4 % de plásticos (10,07 % en 2005)
- 3,5 % de vidrio (3,94 % en 2005)
- 2,7 % de inertes
- 1,1 % de metales (aluminio y metal ferroso) (1,8 % en 2005)
- 1,1 % de residuos especiales, considerados peligrosos y que incluyen de mayor a menor grado químicos del hogar, residuos eléctricos, residuos infecciosos y pilas
- 0,6 % de tetra pack
- 10,6 % de otros tipos (celulosa sanitaria, textil...)

Tabla 1: Composición de los residuos orgánicos de los RSD en la RMS

Fracción residuos orgánicos	Estudio	Promedio (%)	Composición según el nivel socio-económico (%)			
			ABC1	C2	C3	DE
Resto de comida	2011	42,3	38	40	45	47
	2005	49,2	44,64	46,36	51,89	47,25/55,85
Poda y jardín	2011	13,1	17	13	13	9
	2005	4,96	7,36	5,78	6,81	4,83/0
Madera	2011	1,2	1	2	0	2
	2005	0,83	0,09	0,44	0,61	2,46/0,55
Total	2011	56,6	56	55	58	58
	2005	54,99	52,09	52,58	59,31	54,54/56,4

La variación media obtenida en 2011 fue de un **3 %**, donde 2 % son variaciones de residuos de poda y jardín. A raíz de los estudios realizados, cabe destacar lo siguiente:

- Se identifica que los estratos NSE más altos, ABC1, y particularmente los que poseen una mayor cantidad de áreas verdes, generan más residuos de poda y jardín.

- La fracción de residuos de restos de comida aumenta con los estratos más bajos. El promedio total se mantiene entre 55 % y 58 %, pero la configuración de los residuos orgánicos varia.
- Los residuos orgánicos son la fracción que presenta más variación según la estación.
- Según los últimos estudios de caracterización, en el sector rural la fracción de materia orgánica suele ser menor que en el sector urbano.

B) Características físico-químicas

Con el fin de establecer las propiedades físico –químicas de los residuos, se llevó a cabo un análisis representativo con varias mediciones en 4 comunas de la RMS a través del estudio de caracterización del año 2011. A partir de este análisis se destaca que:

- Casi dos tercios de la materia orgánica poseen una granulometría menor a 65 milímetros.
- Los residuos resultantes en la primera separación mecánica poseen los mayores porcentajes de humedad (donde se extrae la mayoría de residuos orgánicos)
- Los residuos a mayor granulometría presentan el mayor poder calorífico.

Para este estudio se considerará el porcentaje de humedad presentado en el diagnóstico del estudio final de “Santiago Recicla”: 70 % para los restos de comida y 60 % para la poda de árboles. El porcentaje de humedad de los RSD es de alrededor de 60 %. Se considera aproximadamente un **67 %** de humedad en la fracción orgánica de los hogares. El detalle de los resultados obtenidos se encuentra en el anexo 8.1 Características físico-químicas de los RSD.

2.2.3. Resíduos sólidos asimilables a domiciliarios

Si bien el foco del estudio son los RSD, los residuos sólidos asimilables a domiciliarios (RSAD) deberán ser también considerados debido al interés de una parte de estos residuos, provenientes de las áreas verdes comunales, de los restaurantes y de las ferias.

En el año 2015, un total de 813 341 toneladas de RSAD fueron dispuestas en los rellenos sanitarios de la RMS. En comparación con la composición de los RSD, la fracción de materia orgánica es significativamente menor si se considera el total de los RSAD comerciales y comunales. Dado su interés en fracción orgánica, se deberán identificar los RSDA provenientes de las áreas verdes comunales, de la restauración y de las ferias. La fracción orgánica de la restauración y de las ferias según el estudio de caracterización de 2011 es el siguiente:

- 72,6 % en la restauración (72,5 % vegetal y 0,1 % de madera)
- 78,9 % en las ferias (76,1 % vegetal y 2,8 % de madera)

2.3. Sistemas de colecta y de tratamiento existentes

2.3.1. Sistemas de colecta

La gestión de la colecta y el tratamiento de los RSD se realiza a escala municipal.

En la actualidad, la cobertura de recolección alcanza prácticamente un 100 %. La frecuencia de colecta según el estudio de “Santiago Recicla” es la siguiente:

- 3 días por semana tanto en las comunas urbanas grandes como medianas
- 2 días por semana en los núcleos poblacionales pequeños
- 1 día por semana en la zona rural

Los vehículos utilizados para la colecta y el transporte de los RSD son camiones recolectores compactadores en la gran mayoría de las comunas. Por lo general se utilizan camiones que van desde los 16 a los 19 m³ de capacidad de la caja (*Informe Final “Santiago Recicla”, 2011*).

Entre los contenedores utilizados por las comunas de la RMS se encuentran los siguientes:

- Contenedores colectivos (240, 360 o sobre 1000 litros), instalados en las aceras;
- Contenedores individuales de 120 litros, de exclusiva responsabilidad del vecino;
- Contenedores tipo campana o de remolque, mayores a 2,5 m³, para los materiales reciclables.

El circuito para el manejo de todos los residuos en la región metropolitana, incluidos los RSD, se muestra en la ilustración siguiente:

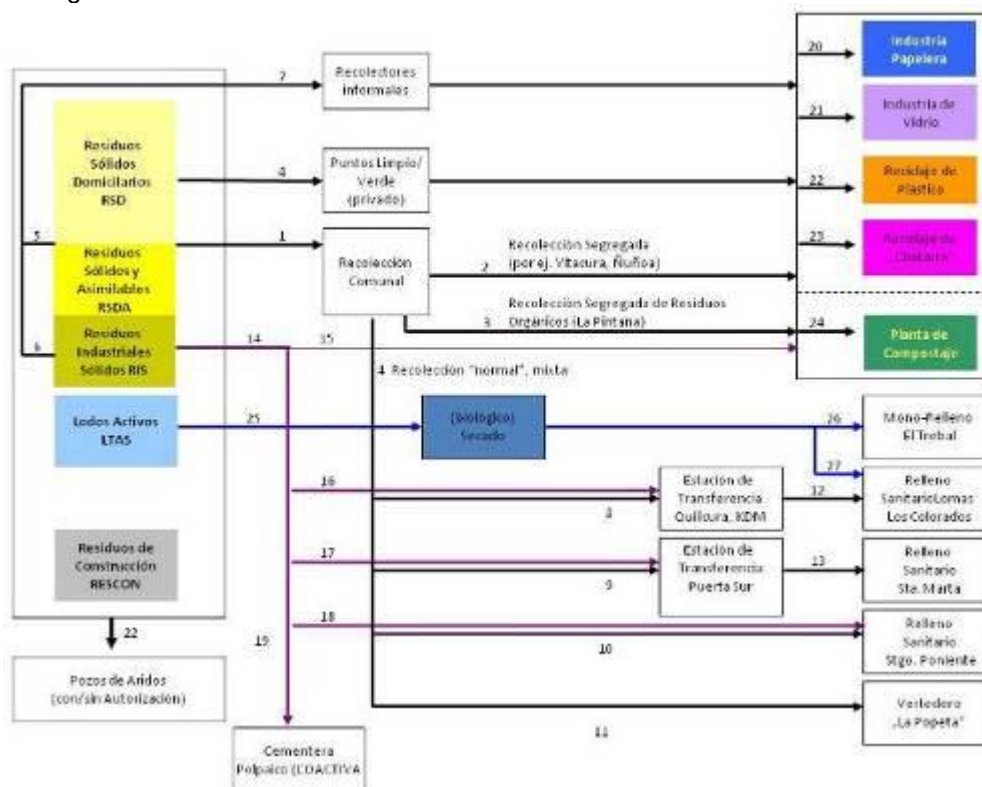


Ilustración 4: Manejo de RSD de la RMS (Fuente: Informe Final "Santiago Recicla", 2011)

2.3.2. Tratamiento existente

En Chile, el tratamiento de RSD más utilizado es el relleno sanitario, donde 162 plantas captan el 85 % del peso total de residuos generados (2014). El plano siguiente muestra la disposición de los RSD en la RMS según las infraestructuras sanitarias de destino en 2015.

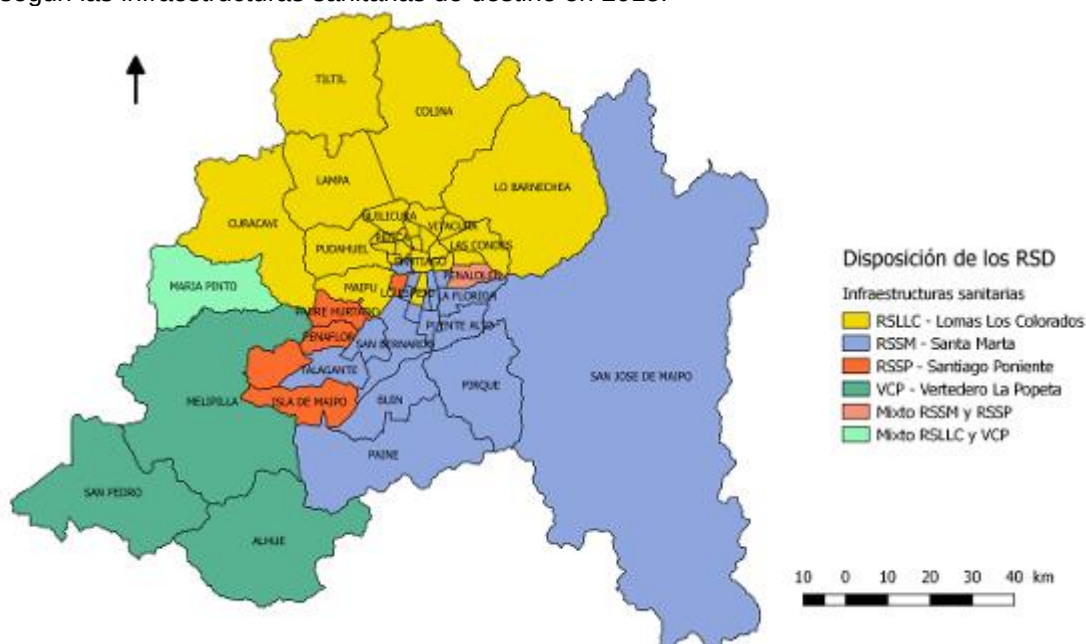


Ilustración 5: Cartografía de disposición de los RSD en la RMS

Tabla 2: Disposición de los RSD en las instalaciones sanitarias

Instalación sanitaria	Ubicación	Vida útil	Toneladas anuales RSD*	Estimación toneladas residuos orgánicos (alrededor de 56 % del peso)
Relleno sanitario Loma Los Colorados (RSLLC) <i>Administrado por KDM</i>	Comuna Tiltil	50 años (hasta 2046)	1 681 156	941 447
Relleno sanitario Santa Marta (RSSM)	Comuna Talagante	20 años (hasta 2035)	1 253 214+ RSD Peñalolén	701 800 + RSD orgánicos Peñalolén
Relleno sanitario Santiago Poniente (RSSP) <i>Administrado por Proactiva</i>	Comuna Maipú	22 años (hasta 2024)	124 013 + RSD Peñalolén	69 447 + RSD orgánicos Peñalolén
Vertedero La Popeta (VCP) <i>Administrado por la Municipalidad</i>	Municipalidad Melipilla	Cumplida	4965	26 154

*las toneladas incluyen únicamente las provenientes de las 52 comunas. Excluye residuos de fuente industrial.

Además, Peñalolén dispone 122 825 toneladas entre el relleno sanitario Santiago Poniente y el relleno sanitario Santa Marta, y la comuna de María Pinto dispone sus RSD entre el relleno sanitario Loma Los Colorados y La Popeta.

2.4. Marco regulatorio y político

2.4.1. Marco regulatorio

En Chile el marco normativo asociado a residuos data desde el año 1967, con la publicación en el diario oficial del Código Sanitario que regula aspectos específicos asociados a higiene y seguridad del ambiente y de los lugares de trabajo. Históricamente el énfasis de la gestión de residuos ha sido puesto en resolver adecuadamente su disposición final. Sin embargo, ha quedado en evidencia que concentrar los esfuerzos en resolver sanitaria y ambientalmente la disposición final no es suficiente y ha sido necesario redefinir el enfoque de la gestión de los residuos en Chile.

Actualmente, la gran mayoría de los residuos municipales generados en el país tienen como destino su disposición final, estimándose una cantidad de valorización de no más del 10 %. Esta realidad está directamente relacionada con la reglamentación sobre la gestión de residuos, que hasta hace poco tenía un enfoque sanitario faltando instrumentos para fomentar la prevención y la valorización.

A) Política de gestión integral de los residuos sólidos

Desde 2005, Chile cuenta con la Política Integral de Gestión de Residuos Sólidos, que define objetivos específicos para lograr que el manejo de residuos sólidos se realice con el mínimo riesgo para la salud de la población y el medio ambiente.

Para la implementación de la Política se crearon Secretarías Ejecutivas, tanto a nivel nacional como a nivel regional. Uno de los aspectos relevantes que incorpora esta política es la necesidad de contar con una gestión integral de residuos que abarque todas las etapas de un producto, desde que es elaborado hasta su eliminación. Este modelo, utilizado en gran parte de los países desarrollados, ha probado su efectividad en el tiempo.

Tradicionalmente, los proyectos para el manejo de RSD han estado centrados en la correcta disposición en rellenos sanitarios adecuados, normalización de vertederos y planes de cierre. Sin embargo, con el establecimiento de la Política Nacional de Residuos se observa un interés creciente por alinearse con la jerarquía que el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) establece en términos del manejo de los residuos a nivel nacional. Ésta promueve la prevención en la generación de residuos, seguida por la reutilización, el reciclaje, la valorización energética y la eliminación como opción última.

B) Ley de fomento al reciclaje

La ley de fomento al reciclaje ha sido promulgada este mismo año, y tiene como objetivo disminuir la generación de residuos en Chile e incrementar las tasas de valorización a través del reciclaje. Los productos prioritarios son los aceites lubricantes, los aparatos eléctricos y electrónicos, las baterías, las pilas, los envases y embalajes y los neumáticos. Esta ley se basa en la incorporación de un nuevo instrumento, denominado Responsabilidad Extendida del Productor (REP). REP implica que un productor, fabricante o importador debe hacerse cargo del producto una vez terminada su vida útil.

Al transferir la responsabilidad para el manejo de los residuos derivados de productos desde la municipalidad al productor, este último deberá considerar los costos para su manejo en su precio de mercado. Así se incentiva al productor a considerar mejoras en el diseño y el desensamblaje del producto para facilitar su valorización. Por otro lado, al considerar los costos para el manejo del producto al final de su vida útil en el precio de venta, se pone en práctica el principio “el que contamina paga”.

2.4.2. Los actores de la gestion de residuos

A) Las comunas

La gestión de residuos es una competencia local y se lleva a cabo por cada comuna. La gestión en las comunas incluye tanto la limpieza de las calles, la dotación de personal y de equipos de colecta de residuos, organización de la recogida, la transferencia de residuos, el tratamiento y el reciclaje.

Cada municipio es responsable de la colecta de residuos en su territorio a través de la colecta por los servicios municipales y a través de contratos de concesión de servicio público. Las empresas privadas responsables a través de estos contratos se nombran a continuación.

Dada la responsabilidad de las comunas en la gestion integral de los residuos, es muy importante que las iniciativas en este estudio se hagan en sintonia y con los intereses de cada municipio.

B) Los actores privados

Las empresas privadas responsables actualmente de la gestión de residuos en la RMS son:

- KDM: Gestiona la recogida de residuos de una parte de la RMS por medio de las empresas STARCO y DEMARCO, en tanto KDM opera un centro de transferencia, una unidad de clasificación y el relleno sanitario de Loma Los Colorados.
- Proactiva - Veolia Chile: Gestiona la recogida de residuos de una parte de la RMS y el relleno sanitario de Santiago Poniente
- EMERES: sociedad formada por 21 Municipalidades cuya finalidad es la gestión de la disposición de residuos y su tratamiento en el sur de la RMS.
- Dimension SA: empresa que proporciona la recogida de residuos en 11 comunas
- Servitrans: empresa que proporciona la recogida de residuos en 6 comunas
- Consorcio Santa Marta: gestiona la estación de transferencia Puerta Sur y el relleno sanitario de Santa Marta que recibe los residuos provenientes de Puerta Sur.

C) El sector informal

El sistema informal juega un rol muy importante en la colecta de los RSD, ya que la recuperación informal de materiales reciclables reduce de manera importante los costos de gestión de los RSD en los municipios. En Santiago, el sector informal cuenta con alrededor de 10 000 recicladores independientes, que contribuyen en la valorización de hasta 90 % de los materiales reciclados. Los recicladores independientes obtienen sus ingresos a partir de la venta de los materiales reciclables y reutilizables (entre US\$ 400 y 1.200 como promedio mensual). Los materiales reciclables son transportados en vehículos de tracción humana o motorizados desde el lugar de eliminación hasta el lugar de venta (intermediarios o centros de reciclaje).

Un reciclador informal puede recuperar entre 2 y 10 toneladas de residuos reciclables por año en función de la zona, la industria y el equipo disponible.

A) Las fundaciones y otras ONG

Las fundaciones y ONG intervienen fundamentalmente en el ámbito del reciclaje de residuos. En la mayor parte de las situaciones son las filiales de reciclaje que financian este tipo de iniciativas. Los materiales que se recuperan fundamentalmente son vidrio, PET, papel y cartón.

2.5. Iniciativas existentes

A continuación, se resumen algunas iniciativas y programas existentes en el ámbito de la valorización de los RSD por compostaje en la RMS. El retorno de experiencia de estas instalaciones de compostaje existentes, de talla pequeña, está siendo muy bueno. Estas instalaciones se encuentran en La Pintana, el Parque O'Higgins en Santiago, en Peñalolén y en María Pinto.

La mayor parte de las plantas de compostaje descritas a continuación están emplazadas en área urbana, pero son a escala comunal o a escala de barrio y trabajan con residuos de bajo impacto ambiental, tales como podas y orgánicos RSD. Además de ello, incorporan la educación ambiental a los habitantes (personas naturales, colegios, municipios) que se benefician de estas instalaciones.

Para la legislación no hay diferencias entre proyectos piloto y proyectos propiamente tales. Ambos deben cumplir con las mismas exigencias. Sin embargo, aquellos de baja escala y de bajo impacto pueden ser encauzados por vías de beneficio social, ambiental y sanitario, que favorezcan su ejecución.

2.5.1. DIGA La Pintana

Siendo una de las comunas más pobres del país, la Pintana es pionera en Chile en el campo de la educación ambiental y de la valorización de residuos. La gestión ambiental llevada por esta comuna existe desde hace 22 años y es la más antigua del país. Después de varios años de educación ambiental (fundamentalmente no formal gracias a visitas puerta a puerta en los hogares, psicólogos y la valorización de cada habitante), esta comuna ha conseguido una participación de los habitantes de alto impacto y resulta un ejemplo a nivel internacional. Actualmente, 30 % del presupuesto de la comuna se emplea en la gestión ambiental. En lo que respecta la segregación en origen, los hogares realizan una segregación prácticamente perfecta.



La Dirección de Gestión Ambiental ocupa un terreno de unas 3 hectáreas. Este terreno incluye un sendero con 19 puntos diversos correspondientes a modelos de gestión en los ámbitos del agua, energía, residuos y captación de CO₂ entre otros. Esta comuna inició el compostaje y la lombricultura en el año 2005, y utiliza como sustratos los residuos domésticos separados en origen de alrededor de 46 000 hogares (se estima una participación del 20%, el aporte de toneladas, que varía entre 15 y 30 toneladas diarias) y residuos de poda (unos 20 m³ al día). Los RSD orgánicos se colectan 3 veces por semana en un camión con capacidad de unas 7 toneladas. 2/3 partes se utilizan en lombricultura y 1/3 en compostaje (unas 5 toneladas de fracción orgánica domiciliar).



La instalación de compostaje es abierta y consiste en 3 pilas de 60 m de largo, 4 m ancho y 2 m de altura. El compost se voltea 1,5 veces al mes. Recientemente han adquirido un tractor para el volteo, y el proceso de compostaje dura unos 6 meses. Se obtienen unas 120 toneladas de compost anuales, que no se certifican y son de autoconsumo en la comuna (vivero del DIGA, estadio, arborizaciones, áreas verdes y plazas).

2.5.2. Compostaje en el EcoParque de Peñalolén

El EcoParque de Peñalolén ocupa 2300 m², es de carácter demostrativo. El EcoParque obtuvo el permiso de operar bajo el módulo de Centro de Educación Ambiental e Investigación. Existe tan solo desde el año 2015, aunque el proyecto se inició en el año 2010, basándose en un funcionamiento similar a la DIGA la Pintana. Es una iniciativa de la Municipalidad de Peñalolén y de la Universidad Adolfo Ibañez, y cuenta con el apoyo de Empresas Copec, Aguas Andinas y Metrogas. Gracias a sus múltiples programas de gestión ambiental, de alto impacto e innovadores, este EcoParque ha obtenido en el 2016 el Premio Nacional de Medio Ambiente y opera con un certificado de excelencia. Peñalolén es una comuna con escasa inversión, pero pese a ello el EcoParque ha podido llevar varios proyectos gracias a alianzas con empresas privadas, la BID y ONGs. Actualmente el proyecto se encuentra en proceso de postulación a un fondo FNDR (Fondo Nacional de Desarrollo Regional) del Gobierno Metropolitano para tener una extensión de 20.000 m² de superficie.

En lo que respecta el terreno de compostaje, se valorizan en este piloto 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 valorización en el invernadero del mismo EcoParque.



2.5.3. Compostaje en el CEA Parque O'Higgins

El Centro Educativo Ambiental (CEA) Parque O'Higgins, gestionado por la municipalidad de Santiago, fue creado en el año 2014 con la finalidad de generar un espacio de educación ambiental. Cubre varias áreas, y la del compostaje cubre un espacio de alrededor de 0,5 hectáreas y trata todo tipo de material orgánico de la vecindad. La fracción orgánica a compostar proviene principalmente de los hogares de los barrios colindantes (120 a 130 hogares), la feria La Vega, la penitenciaría y la universidad. En total se tratan unos 100 m³ de residuos al año.

Los residuos de los hogares se colectan 2 veces por semana con lecheros, que se lavan en la planta antes de utilizarlos de nuevo por los vecinos. Se utiliza un camión recolector con capacidad de 8 m³. Los residuos de la feria, la penitenciaría y la universidad se colectan en contenedores de 240 litros. Especialmente en este tipo de contenedores, donde se depositan mayores cantidades de residuos, la planta detecta una fracción no deseada significativa, que puede llegar al 10 %. Además, el centro recibe paja, guano y ramas de dentro y fuera del parque. Las ramas se chiapan y se utilizan como estructurante en el compostaje.



En esta planta, el proceso de compostaje es de 9 meses: la primera oxigenación se lleva a cabo después de 35 a 40 días, y a continuación se oxigena cada 15 días con una retroexcavadora. El compost se riega con agua del pozo. El personal empleado es de 4 personas, algunas trabajan a tiempo parcial. La planta estima una producción de 20 m³ de compost anuales, que van destinados a colegios, a los habitantes interesados, así como a los jardines municipales y plazas nuevas. La calidad del compost se analiza cada dos a tres meses, el compost obtenido es de clase A.



La situación de este proyecto es particular, ya que no obedece a lo explícitamente normado en la legislación, descrita en el capítulo siguiente. Se trata de una planta piloto que tiene una autorización sanitaria temporal por seis meses, renovable una vez por seis meses más.

2.5.4. Colecta selectiva y compostaje en la comuna de María Pinto

Con una superficie de 393,5 km² y una población de 12 500 habitantes (fuente INE 2012), María Pinto es una comuna rural. En esta comuna se llega a gestionar un 40 % de los residuos a través de un sistema de reciclaje (740 familias y 2 875 viviendas contabilizadas en 2012). El resto se dispone en el vertedero de Melipilla.

Este sistema municipal consiste en la recolección segregada de residuos reciclables y orgánicos domiciliarios y de ferias. Reciclaje 3R, una empresa familiar de la comuna, entrega bolsas diferentes a los vecinos para que realicen la separación de residuos según tres grupos diferentes.

- Reciclables: Papel y cartón, plásticos, latas y aluminio, fierros, tetra-pack, pilas y materiales electrónicos, así como vidrios;
- Orgánicos: Resto de comida, pastos y podas, fruta y verdura, cenizas y huevos.
- Descartables

La frecuencia de recolección es de una vez por semana, los residuos orgánicos se colectan separadamente de los otros dos grupos. Se realiza un proceso de compostaje por pilas.

3. REQUERIMIENTOS DE USO DE SUELO, AMBIENTALES Y SANITARIOS

En este capítulo se resumen los requerimientos normativos de emplazamiento y procesos de plantas de compostaje.

3.1. Requerimientos de uso de suelo

Los requerimientos de uso de suelo están definidos en el D.S. 47/1992 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (MINVU).

El artículo 2.1.24., correspondiente a los Instrumentos de Planificación Territorial, define los usos de suelo de cada zona. Para la fijación y aplicación de dichos usos de suelo, éstos se agrupan en seis tipos de uso, susceptibles de emplazarse simultáneamente en la misma zona, y que incluyen las infraestructuras. Los usos de suelo deberán ser reglamentados por el Instrumento de Planificación Territorial correspondiente, en orden a compatibilizar los efectos de unos y otros.

El artículo 2.1.29 de esta ordenanza define las infraestructuras que deben ser incluidas como sanitarias. Los rellenos sanitarios y las estaciones exclusivas de transferencia de residuos forman parte de esta clasificación, y aunque la ley no lo señale de forma explícita, una planta de compostaje y una instalación de tratamiento mecánico y biológico corresponden también a este grupo.

3.1.1. Análisis de Localización

Las alternativas de terrenos en que se pueda localizar el sistema de tratamiento por compostaje deben mostrar condiciones adecuadas para la ejecución del proyecto y cumplir con los requerimientos legales establecidos, destacando al menos los siguientes alcances:

- No estar definido como Patrimonio de la Humanidad, Santuario de la Naturaleza, Área Protegida, Sitio Arqueológico, etc.
- Cumplir con los ordenamientos estipulados en los Planes de Desarrollo Regional, Intercomunales, Reguladores Comunes, etc.
- No estar definido por los Planos Reguladores Comunes o Intercomunales como Zona de Alto Riesgo.
- Compatibilidad de Usos del Suelo.

3.1.2. Clasificación de las plantas de compostaje y disposiciones técnico-urbanísticas

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.

A través de esta ordenanza, las plantas de compostaje se clasifican en tres grupos (punto 2 del capítulo 7.2 Infraestructura Sanitaria Metropolitana): plantas de compostaje de residuos verdes, de residuos vegetales de ferias, y de residuos orgánicos en general (incluyendo los RSD).

El emplazamiento de las plantas de residuos orgánicos en general se permite únicamente fuera del Área Urbana Metropolitana (cuando los residuos verdes y los residuos vegetales de feria sean inferiores al 80 % de peso total) o en **zonas Exclusivas para Actividades Productivas y/o de Servicio de Carácter Industrial** (residuos verdes y vegetales de feria a partir del 80%).

El artículo 2.2.1 de la ordenanza define el Área Urbana Metropolitana como el territorio circunscrito por el Límite de Extensión Urbana y que, por su capacidad, se destina a acoger el crecimiento de la población urbana y sus actividades, estimada al año 2020. Esta macro-área está conformada por el continuo urbano de Santiago Metropolitano y las localidades urbanas de las comunas integradas al PRMS y se constituye con:

- Las áreas urbanizadas, entendiéndose por tales las circunscritas por los límites urbanos vigentes;
- Las áreas urbanizables, entendiéndose por tales las circunscritas por el Límite de Extensión Urbana, excluidas las Áreas Urbanizadas.

En el artículo 3 se definen los cuatro tipos de zona en las cuales se subdivide el Área Urbana Metropolitana: Zonas Habitacionales Mixtas, Zonas de Actividades Productivas y de Servicio de Carácter Industrial, Zonas de Equipamiento Metropolitano e Intercomunal y Zonas de Interés Metropolitano, y Áreas Verdes. Las Zonas de Actividades Productivas y de Servicio de Carácter Industrial pueden ser de tipología molesta (actividades se localizan preferentemente en áreas periféricas del Área Urbana Metropolitana) o inofensiva (actividades se pueden localizar en cualquier punto del Área Urbana Metropolitana si cumplen las condiciones).

Además, **la autorización del emplazamiento de las plantas de compostaje industriales estará condicionada al cumplimiento de las disposiciones técnico – urbanísticas que se señalan para los rellenos sanitarios en el PMRS.** Las disposiciones técnico-urbanísticas están enumeradas en el anexo 8.2 Disposiciones técnico – urbanísticas para el emplazamiento de una planta de compostaje.

Los proyectos que las unidades técnicas del correspondiente Municipio aprueben construir en el predio comprendido por el Plan, además de cumplir con las disposiciones normativas de la Ley General de Urbanismo y Construcciones y su Ordenanza, deberán también contar con **estudios de Mecánica de Suelo**, informado favorablemente por Sernageomin, y de **Gases Dañinos**, aprobado por la Seremi de Salud.

La Planta que resulte mal emplazada respecto a este instrumento de planificación deberá formular un Plan de Cierre en el plazo de 30 días después de la puesta en vigencia de la presente modificación. Este Plan deberá ser presentado por los propietarios del predio al Sesma y a la Seremi de V. y U. quienes deberán pronunciarse fundadamente sobre el mismo dentro del plazo de 60 días. El Plan se entenderá aprobado de no haber rechazo y observaciones dentro de este plazo.

En el año 2006 fue aprobada por la Comisión Regional del Medio Ambiente de la RMS una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) favorable al proyecto "MODIFICACIÓN MPRMS87 "Plantas de Compostaje de Residuos Orgánicos". El objetivo de esta DIA era de favorecer la instalación de Plantas de Compostaje dentro del Area Urbana Metropolitana para diferentes categorías de residuos. Según esta DIA, las plantas de compostaje de residuos organicos generales pasaban a definirse bajo dos tipos de planta y dos tipos de tecnología.

Según la entrevista que tuvo lugar el 29 de noviembre entre el equipo de Veolia y la SEREMI de Vivienda y Urbanismo, la incorporación de esta DIA no forma parte de las prioridades actuales de la Secretaría. **Por lo tanto, en la actualidad se mantienen vigentes el PRMS94, el PRMS98 y el PRMS2006.**

3.2. Requerimientos ambientales

3.2.1. Sistema de evaluación de impacto ambiental

El Reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental, del Ministerio del Medio Ambiente, D.S. N°40/2013, establece 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.

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.

Esto se indica en el Artículo 3 del reglamento "Tipos de proyectos o actividades". La forma de presentación al sistema es mediante una **Declaración o Estudio de Impacto Ambiental**.

El titular del proyecto o actividad que se somete al SEIA lo hace presentando una Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Salvo que dicho proyecto genere o presente alguno de los siguientes efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley, caso en el cual deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA):

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones y residuos.
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluido el suelo, agua y aire.
- Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos.
- Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

3.2.2. Requisitos de calidad del compost

La norma chilena NCh2880 ha sido aprobada en agosto de 2015 y establece los requisitos de calidad y clasificación del compost. El compost se clasifica en dos clases, clase A (necesario para la agricultura orgánica) y clase B.

Los requisitos mínimos a cumplir se describen en el capítulo 4 de la norma, y definen los requisitos de materia prima, sanitarios y físicos-químicos a respetar. Estos requisitos se indican en el anexo 8.3 Requisitos de calidad del compost.

3.2.3. Consideraciones para el diseño y la operación de una planta de compostaje

La norma chilena NCh3382 ha sido aprobada en agosto de 2016 y tiene como objetivo de establecer las consideraciones para el diseño y la operación de plantas de compostaje. En esta norma se establecen las categorías de los materiales orgánicos utilizados para compostaje.

Tabla 3: Categorización de los materiales orgánicos permitidos en cada categoría

Potencial de impacto ambiental	Categorías	Tipos de materiales orgánicos permitidos en cada categoría ^a	
		Tipo	Ejemplos
Bajo potencial de impacto ambiental	Categoría 1	Jardín y jardinería	Césped, hojas, plantas, podas, ramas y troncos de los árboles.
		Madera no tratada	Aserrín, virutas, recortes de madera, cajas; pallets y embalaje de madera.
		Fibras orgánicas	Turba, cáscaras de semillas, paja y otros compuestos orgánicos fibrosos orgánicos naturales.
		Fibras orgánicas procesadas	Papel, cartón, lodos del procesamiento de papel, textiles no sintéticos.
Potencial de impacto ambiental medio	Categoría 2	RSM ^b separados en origen	Residuos sólidos domiciliarios y de casinos.
		Otros vegetales naturales o procesados	Vegetales; frutas y semillas y los residuos generados en su procesamiento, residuos de viñas, cervecías y destilerías; alimentos orgánicos con exclusión de los incluidos en categoría 3.
Alto potencial de impacto ambiental	Categoría 3	Carne, pescado y alimentos grasos	Canales y partes de canales, sangre, hueso, pescados, procesamiento de grasas o alimentos.
		Lodos grasos y aceitosos	Grasas deshidratadas provenientes de las trampas de grasas, lodos grasos y aceitosos de origen animal o vegetal.
		RSM no separados en origen	Mezcla de residuos que contienen materiales orgánicos, incluyendo residuos generados en domicilio, comercio e industria.
		Lodos y estiércol	Lodos de aguas servidas, estiércol animal y mezclas de estiércol biodegradable y cama animal orgánica.

^a Estos tipos y ejemplos de materiales orgánicos son presentados para facilitar la clasificación de materiales orgánicos que tienen diferentes impactos ambientales potenciales.

^b RSM: Residuos sólidos municipales.

Las plantas de compostaje que se inscriben en esta consultoría corresponden a las categorías de tipo 2 – potencial de impacto ambiental medio (RSD separados en origen) y 3 – potencial de impacto ambiental alto (RSD no separados en origen).

Para las plantas que manejan volúmenes menores que 1200 m³ por año, en concordancia con lo indicado por la OGUC, no se establecen requisitos específicos de diseño para las categorías 1 y 2, generados en el mismo predio y para uso propio. **Para plantas mayores que 1200 m³, como será el caso en la mayoría de plantas propuestas en este estudio, se deberán tener en cuenta los aspectos en el diseño** que se enumeran en el anexo 8.4 Requisitos de diseño y operación de una planta de compostaje. Los requisitos de operación se describen en el mismo anexo.

3.3. Requerimientos sanitarios

El Código Sanitario “Decreto con Fuerza de Ley N° 725” otorga al Ministerio de Salud las competencias para entregar las autorizaciones de proyecto y de funcionamiento a las instalaciones que realizan la recepción y el tratamiento de residuos y para la posterior fiscalización (párrafo III de los desperdicios y basuras), 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.

Al otorgar esta autorización, el Servicio Nacional de Salud determinará las condiciones sanitarias y de seguridad que deben cumplirse para evitar molestias o riesgos para la salud de la comunidad o del personal que trabaje en estas faenas.

La Secretaria Ministerial Regional (SEREMI) de Salud otorga los permisos en cada región, a través de la autorización de destinatario de residuos peligrosos y no peligrosos.

La Secretaria Ministerial Regional (SEREMI) de Salud otorga los permisos en cada región, a través de la autorización de destinatario de residuos peligrosos y no peligrosos.

Este trámite debe ser realizado por las empresas que realicen la recepción de todo tipo de residuos de terceros, tanto intermediarios como destinatarios finales. Se otorga la autorización sanitaria para la recepción, el almacenamiento, la selección y la industrialización de residuos peligrosos y no peligrosos generados por terceros, indicando en forma explícita cada uno de los residuos y el manejo realizado a los mismos.

Para presentar un proyecto a la SEREMI de Salud se debe considerar una lista de documentos que se enumeran en el anexo 8.5 Requisitos sanitarios - Lista de documentos.

4. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS PROGRAMÁTICOS Y FUNCIONALES

En este capítulo se han identificado los requerimientos programáticos y funcionales de los futuros puntos de tratamiento de residuos que den respuesta a la caracterización de la problemática en la RMS. De acuerdo con el objetivo del estudio de valorización de RSD a través del compostaje, se identifican dos alternativas para el manejo y la valorización de los residuos orgánicos en la RMS antes del compostaje:

- Recogida de los RSD a través de la segregación en origen
- Recogida mixta de los RSD seguido por un tratamiento mecánico y biológico

4.1. Segregación en origen de la materia orgánica

4.1.1. Interés de la segregación en origen

A) Calidad

La extracción de la fracción biodegradable a partir de los RSD no segregados en origen resulta laborioso. La segregación en origen a través de la recolección selectiva “casa por casa” permite evitar esta extracción y es el paso más importante para obtener a través de un flujo homogéneo una materia biodegradable “pura” para un abono de calidad y que cumple los estándares.

El uso del compost obtenido aporta una amplia variedad de nutrientes esenciales y proporciona una alternativa como fertilizante orgánico en la agricultura convencional, en terrenos municipales y privados.

B) Interés social

Desde el punto de vista social, la separación en origen promueve la participación directa de cada productor de RSD. De manera casi sistemática, en los lugares donde se ha aplicado este tipo de colecta, la producción de residuos por hogar ha disminuido. Esta alternativa está claramente en línea con la política y tendencia internacional de gestión de residuos sólidos, ya que promueve la prevención en la generación de residuos, la preparación para la reutilización y el reciclaje. Un proceso de compostaje a partir de residuos segregados en origen tiene una aceptación mucho mayor que el tratamiento de los residuos por incineración o en relleno sanitario. La fracción orgánica de los RSD, a menudo generadora de impactos ambientales significativos (como por ejemplo a través de la generación de lixiviados), se puede así valorizar a través de un proceso de compostaje que cumple con los objetivos locales del desarrollo sostenible.

En términos generales, la tendencia del coste de tratamiento de RSD residuales va en aumento. Por lo tanto, la prevención y la recogida selectiva son soluciones interesantes que permiten controlar el coste global gracias a la reducción de toneladas de desechos residuales.

Tabla 4: Lista de soluciones propuestas por Veolia para la gestión de residuos

Jerarquía de residuos	Soluciones propuestas por Veolia
Prevención	Reducción de la producción de residuos y reciclaje en origen
Preparación para la reutilización	Reciclaje en origen y colecta selectiva
Reciclaje	Reciclaje en origen y colecta selectiva
Otro tipo de valorización	Valorización energética (electricidad y calor, biogás) y de las cenizas de incineración
Eliminación	Relleno sanitario

La concienciación de los usuarios al segregar los productos promueve la educación ambiental y el sentido de responsabilidad de cada usuario.

C) Interés ambiental

Otras ventajas indirectas pero reales son:

- Educación ambiental al ciudadano
- Reducción de producción de residuos
- Menos eliminación de RSD
- Mejora de la calidad de los lixiviados y reducción de fugas de metano a la atmosfera

4.1.2. Consideración económica

Los estudios de varios países muestran que la segregación en origen tiene costes muy variados, pero generalmente mayores que los costes de una colecta mixta junto el tratamiento mecánico y biológico. Sin embargo, el compost producido en la segregación de origen, cuando esta se lleva a cabo con éxito, posee una calidad mucho más elevada que el compost obtenido después de un proceso de tratamiento mecánico y biológico. El mercado del compost puede ofrecer así varias oportunidades.

Además, la implementación de la colecta selectiva en una región como la RMS, donde la fracción orgánica supera el 55% del contenido de los RSD, ofrece una oportunidad de compensación a través de la reorganización de otras colectas.

La fracción residual de los RSD será así mucho menor y los RSD residuales podrían ser colectados a menor frecuencia a medida que se va incrementando el porcentaje de valorización de los residuos orgánicos. Finalmente, esta solución contribuye a preservar los niveles de almacenamiento en los rellenos sanitarios.

4.2. Tratamiento mecánico y biológico

El tratamiento mecánico y biológico es una técnica eficaz para tratar desechos no clasificados con el objetivo de reducir la fracción biodegradable. Este tratamiento evita o reduce la fracción orgánica y reciclable antes de disponer los residuos en el relleno sanitario, lo que de otro modo generaría emisiones de metano y lixiviados. Esta solución no es una solución de tratamiento completo sino un pretratamiento que permite obtener una fracción de residuo estabilizado destinado al relleno sanitario y fracciones valorizables (fracción orgánica y reciclable).

4.2.1. Principio general

A través del tratamiento mecánico y biológico se logra separar los residuos y aislar gradualmente la materia valorizable: metales, plástico, vidrio, los residuos biodegradables o residuos de alto valor calorífico.

Hay una amplia variedad de soluciones de tratamiento biológico y mecánico. Las soluciones propuestas por Veolia incluyen un tubo de pre-fermentación o sistema biorreactor (biorreactor system o BRS). A través del sistema BRS se obtiene un nivel de separación de residuos mucho más interesante que en otras soluciones de tratamiento biológico y mecánico.

4.2.2. Calidad del compost

A través de este sistema no se logra recuperar el 100 % de la materia orgánica. El compost producido tiene además una calidad menor que cuando los RSD se segregar en origen de la manera adecuada.

4.2.3. Consideración económica

Desde el punto de vista de viabilidad económica, los costos de inversión y de explotación varían según las instalaciones y las tecnologías utilizadas. Un estudio a nivel europeo realizado en el año 2009 (FNADE, ADEME, BIPE) aborda la viabilidad económica de estas instalaciones en varios países: Francia, Alemania, Bélgica, Inglaterra y España. El costo variaba entre 80 y 125 € por tonelada tasas excluidas.

El interés económico de los proyectos de tratamiento mecánico y biológico depende de las oportunidades de valorización de cada fracción obtenida. El equilibrio financiero puede ser delicado ya que el valor del compost obtenido es bajo.

4.3. Análisis comparativo de las alternativas

Se resumen a continuación las principales ventajas e inconvenientes de ambos tratamientos.

Tabla 5: Análisis comparativo de las alternativas

Tratamiento	Ventajas	Inconvenientes
Segregación en origen	Reducción en origen de las cantidades Mejor calidad de compost (si segregación en origen se lleva a cabo correctamente) Impacto social de sensibilización de la gente Beneficios indirectos, educativos y sociales Aumento de la vida útil de los rellenos sanitarios Creación de empleos	Requiere la sensibilización de la gente, con difusión, capacitación y participación de los usuarios Aumento del coste de colecta, inversión en equipamientos y personal de colecta dedicado a los residuos orgánicos (bolsas, contenedores y camiones) Requiere manejo manual y espacio en origen
Tratamiento mecánico y biológico	Proceso de colecta no se ve afectado No requiere manejo manual (aspectos higiénicos) en origen Alto rendimiento y bajo requerimiento de personal Permite tratamiento posterior por compostaje Permite la valorización de otros productos	Compost de baja calidad y a menor cantidad, problemática para las culturas alimentarias Inversión importante en infraestructura, equipamiento y costo fijo Tratamiento de baja conformidad de acuerdo con la jerarquía de tratamiento de residuos (importancia reservada para la eliminación de los residuos) Importante riesgo financiero, de eficiencia, de seguridad (incendios) y de aceptabilidad

De acuerdo con los objetivos de este programa, que no solo se basan en conseguir la valorización orgánica de los RSD, sino también en incorporar la educación ambiental y la motivación ciudadana en la RMS, la solución a desarrollar es la segregación en origen y el compostaje de la fracción orgánica. Además, esta alternativa está en línea con la política de valorización de residuos sólidos y con la tendencia de gestión de residuos a nivel internacional.

4.4. Otras soluciones de valorización existentes

Si bien este estudio contempla el compostaje como solución de valorización de los residuos orgánicos, es importante subrayar que la metanización también debería ser analizada como posible solución de valorización a largo plazo.

Durante la realización del estudio, el equipo de Veolia mantuvo una reunión con EMERES, empresa cuyos socios se componen por 21 comunas. EMERES está evaluando la metanización como solución de valorización para más de 20 000 toneladas de residuos orgánicos. Las soluciones retenidas para la valorización de los residuos orgánicos de la RMS deberán hacerse conjuntamente con cada una de las comunas, por lo que es importante que los planes de valorización concuerden.

Las soluciones retenidas para la valorización de los residuos orgánicos de la RMS deberán hacerse conjuntamente con cada una de las comunas, ya que son las comunas quienes gestionan el conjunto de los residuos.

5. REFERENCIAS INTERNACIONALES

En este capítulo se presenta una serie de referencias internacionales a través de un benchmarking realizado por Veolia. El objetivo es que los casos presentados puedan servir como referencias para alimentar la discusión de las temáticas levantadas.

5.1. Recogida selectiva y compostaje en la ciudad de San Francisco, USA

San Francisco cuenta actualmente con aproximadamente 850 000 habitantes y revela un éxito muy importante en el ámbito de la reducción de los residuos domiciliarios dispuestos en relleno sanitario. La ciudad lleva a cabo una política cero residuos, que se ha consagrado en el año 2009 a través de la adopción de la ordenanza 100-09 «Mandatory Recycling and Composting Ordinance». Esta ordenanza impone a todos los habitantes una segregación en origen de tres fracciones: la reciclable, la orgánica y la fracción residual.

En el año 2012 la ciudad evito la disposición de 80 % de los residuos generados en relleno sanitario. La obtención de este resultado se debe en parte gracias al sistema de colecta selectiva puesto en marcha, que ha permitido la valorización de 220 000 toneladas de residuos orgánicos en 115 000 metros cúbicos de compost utilizado como recurso en la zona.

La empresa Recology ha firmado un contrato con la municipalidad de San Francisco, y gestiona el conjunto de los RSD. Recology transfiere los residuos orgánicos a dos plantas, una de ellas situada a proximidad del relleno sanitario de Hay Road, también gestionado por Recology en tándem con las plataformas de compostaje. La fracción residual de residuos recuperada en las plataformas de compostaje se sigue disponiendo en el relleno sanitario.

En el caso de San Francisco, este tipo de gestión diferenciada tiene un coste aproximadamente igual que si los RSD se dispusiesen en relleno sanitario.

5.1.1. La colecta

Los residuos verdes y los residuos orgánicos (en mayor proporción que los residuos verdes), se colectan de forma simultánea.

Para la precolecta en los hogares se emplean contenedores de colores diferentes. La capacidad del contenedor varía según el tipo de hábitat: 120 litros, 240 litros o 360 litros. Los contenedores verdes contienen la fracción orgánica y su volumen no excede los 240 litros ya que el peso resulta importante cuando el contenedor está lleno.

Otro tipo de contenedores de capacidad mayor se pueden instalar en establecimientos mayores como por ejemplo los restaurantes.

Los residentes deben abonar 27,55\$ para obtener sus contenedores. El tamaño de los contenedores con la fracción reciclable y orgánica puede variar, pero el contenedor con la fracción residual está fijado al formato mínimo de 120 litros. Si los residentes desean una tala mayor, deben pagar más (el doble por 240 litros y el triple por 360 litros).

Los comercios pueden beneficiarse de una reducción del costo de hasta 75% según su rendimiento de reciclaje.

Para la colecta de residuos se utilizan camiones de dos compartimentos para la fracción reciclable y residual. Para la colecta de los residuos orgánicos se emplean camiones clásicos de un compartimento y con carga trasera. Normalmente se realiza la colecta el mismo día para el conjunto de fracciones segregadas. La frecuencia de la colecta viene determinada en función de las cantidades generadas.

5.1.2. El compostaje

Las plantas de compostaje de Grover y Jepson Prairie Organics disponen de equipos de pretratamiento integralmente eléctricos con el objetivo de evitar las emisiones contaminantes del aire que podrían afectar al compost.

Como en la mayoría de casos, se constata que los contaminantes del compost son principalmente los films plásticos y el vidrio: este tipo de contaminantes se retira manualmente por los operadores.

Al llegar a las plataformas de compostaje, los diferentes cargamentos pasan por un pretratamiento (tritución). A continuación, se utilizan cargadoras de rueda para colocar la materia prima en varias pilas aireadas con un sistema de aireación desde el suelo. Las pilas se extienden sobre alrededor de 30 metros de largo, 9 metros de ancho y 4 metros de altura. Le compost se deja madurar durante un periodo de aproximadamente 60 días. La plataforma de compostaje es abierta, sin embargo, las pilas se cubren con lonas para asegurar un control eficaz de los olores y una ventilación óptima.



Ilustración 6: Sistema de pilas estáticas aireadas

Desde la obligación de la colecta selectiva en San Francisco en el año 2009, el aporte de residuos orgánicos ha aumentado de 400 a 600 toneladas por día. Gracias a ello, las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles se han reducido a la mitad, y ello a pesar del aumento de producción de residuos orgánicos.

5.1.3. El mercado del compost valorizado

En la ciudad de San Francisco, el mercado del compost incluye la viticultura, la agricultura, los paisajistas y los jardines públicos de los municipios. El precio de venta oscila entre los 9 y los 30\$ por yarda cubica (765 litros). Puede ser superior en casos de preparaciones especiales (el producto puede ser mezclado con fosfato mineral, serrín u otros mejoradores de suelo adquiridos al exterior de la planta) que encuentran uso en la agricultura biodinámica.

Recology se ha ubicado de manera estratégica en las tierras agrícolas locales, lo que le ha permitido beneficiar de una ventaja económica. Se destaca el mercado del compost en el negocio de la viticultura. Los expertos en ecología del suelo en San Francisco confirman el valor esencial del compost producido a partir de los establecimientos domésticos y de los restaurantes, y califican este compost como la mejor fuente posible para la mejora de los suelos de los cultivos.

5.2. Recogida selectiva en la ciudad de Milán, Italia

El ejemplo de Milán demuestra cómo es posible instaurar un sistema de colecta segregada en origen de residuos orgánicos para ciudades metropolitanas con densidad de población elevada. En esta ciudad se han obtenido excelentes resultados cuantitativos y un nivel de servicio elevado sin la instauración de la tarificación incitativa. Con 1,34 millones de habitantes (únicamente la ciudad, no la aglomeración) y una densidad superior a 7000 habitantes por km², Milán es la segunda ciudad de Italia. Más de 80% de los hogares son inmuebles colectivos.

En 2011, el nivel de colecta selectiva alcanzaba un 35 %, correspondiendo principalmente a la fracción reciclable de los residuos. Esta colecta se realizaba “casa por casa”. Inicialmente únicamente los grandes establecimientos realizaban segregación en origen de la fracción orgánica. Fue en el año 2012 que la aglomeración tuvo la iniciativa de instaurar la segregación en origen para los residuos orgánicos. En el año 2014 se ha realizado más de 50% de la colecta con segregación en origen, y este porcentaje sigue subiendo.

5.2.1. La colecta

A principios del 2012 se lanzó la entrega de sacos transparentes para remplazar los sacos negros habituales utilizados en la colecta de los RSD en los hogares.

La segregación en origen se inició en noviembre del 2012 y se declinó en cuatro etapas (dos por año) para cada zona de la aglomeración de Milán. Durante estas etapas hubo varias acciones de soporte, incluyendo una campaña de información para todos los ciudadanos. También se realizó un control exhaustivo y hubo implementación de sanciones.



Ilustración 7 : Cartografía con zonificación por etapas

Para cada uno de los territorios, el programa incluyó un estudio con los nuevos itinerarios de colecta (peso, número de hogares, calles, producción de residuos) y una campaña de información dirigida a todos los hogares más entrega del kit de colecta gratuitamente. El kit incluye un recipiente aireado de 10 litros, 25 bolsas biodegradables y folletos explicativos para la colecta. La dotación estándar para los inmuebles consiste en un contenedor de 120 litros, también disponible para volúmenes inferiores (35 litros) bajo petición. La utilización de los sacos biodegradables se ha impuesto y generalizado en la legislatura italiana. En el caso de Milán se dan 50 sacos a cada hogar todos los meses. Si los usuarios requieren mas sacos, los deben comprar ellos mismos (en el supermercado o en el distribuidor situado en el ayuntamiento a mejor precio).



Ilustración 8: : Kit de entrega para la colecta de la fracción orgánica de los residuos en los hogares de Milán

Se han necesitado 6 meses de organización para la preparación del plan de distribución de los hogares. Este se ha iniciado 4 semanas antes de la entrada en vigor de la colecta selectiva por cada división de la ciudad. Durante todas las etapas, se subraya la importancia en la coordinación de las actividades con la ciudad de Milán.

La colecta se efectúa dos veces por semana para los hogares y todos los días para las actividades comerciales y los colegios. En cada uno de los cuatro sectores operacionales, se ha reexaminado el parque de vehículos destinados a la colecta de los residuos, así como el conjunto de los operadores. A continuación, se ha procedido con una reducción de recursos consagradas a los RSD y la creación de equipos adaptados para la colecta de la fracción orgánica. Los residuos se colectan con vehículos mono-operadores sin compactador y con una capacidad máxima de 7 toneladas, alimentados con metano o biodiesel. Los vehículos tienen un equipo de control de presión y un recolector de jugos. Estos vehículos evolucionan fácilmente en una zona urbana densa.



En los ejes principales y en la periferia de la ciudad, la colecta se realiza con camiones de basura clásicos de gran tamaño y dotados de compactador. Hay menos cantidad de estos camiones.

Desde noviembre del 2012 se ha podido coleccionar una media de 1,77 kg de residuos alimentarios por habitante y semana, con una media anual de alrededor de 95 kg/persona (residuos verdes no incluidos). Este valor es muy elevado respecto a la mayoría de ciudades europeas. Alrededor del 25 % de esta cantidad proviene del sector comercial, el resto proviene de los hogares. Actualmente, unas 130.000 toneladas anuales de residuos orgánicos segregados en origen han sido valorizadas por metanización, y Milán ha conseguido un ahorro de 8.760 t/año de CO₂.

Los análisis llevados a cabo en 2013 y 2014 (93 en total) revelan que el compost obtenido es de alta calidad, con tan solo 4% de residuos no biodegradables y una tendencia a mejorar esta cifra.

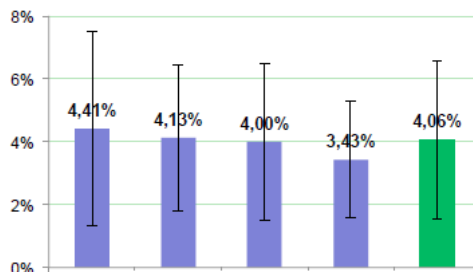


Ilustración 9: : Evolución del porcentaje de materia no biodegradable después de 2, 6, 12, 18 y más meses después del lanzamiento

En todas las muestras se ha obtenido que la mayor parte de fracción biodegradable se compone por residuos alimentarios, con un porcentaje muy bajo (<3 %) de papel, cartón y residuos de jardín. Los plásticos son el contaminante principal, y los sacos de plástico han sido prohibidos para la colecta de la fracción orgánica.

Los análisis también permitieron de distinguir diferentes calidades de compost en función de la tipología urbana. En Milán se constató que el compost del centro y de la periferia de la ciudad tenía mejor calidad que el compost de barrios con viviendas sociales. En estas zonas se observaba a menudo una cantidad elevada de fracción no conforme (productos de higiene, sacos de plástico...).

5.2.2. La campaña de información

En Milán se utilizaron varios medios de comunicación para asegurar por un lado una buena cobertura de la población y por el otro la aceptación de la nueva organización en la colecta.

- Envío de correo a todos los hogares proporcionando folletos y etiquetas para los contenedores.
- Contacto directo "casa por casa" entre los hogares y los agentes con motivo de la entrega del kit de colecta y del lanzamiento
- Difusión de la información en la web del proveedor de servicio y a través de una aplicación móvil.
- Organización de reuniones pública
- Disposición de un servicio al cliente disponible en permanencia con los ciudadanos.
- Programas de desarrollo y de formación como parte de la educación ambiental de las escuelas primarias y secundarias.
- Otros medios más focalizados que incluyen fascículos con información sobre la calidad y la ética de la segregación en origen en las comunas, realizados en distintos idiomas.

Si bien la campaña de información fue especialmente intensa durante el lanzamiento de la nueva organización de la colecta, la sensibilización sigue activa a través de recordatorios y de información continua.

5.2.3. Metanización y compostaje

La fracción orgánica colectada es transportada a dos estaciones de transferencia situadas en el este y el oeste de la ciudad, y el mismo día se transfiere para un proceso de metanización seguido por un proceso de compostaje. La fracción orgánica es valorizada para la producción de electricidad y compost.



El digestato es mezclado con residuos verdes y compostado en la misma planta. El proceso de compostaje dura 45 días (más 23 días de tratamiento en la planta de metanización). Se producen unas 15 000 toneladas anuales de compost, que va destinado de forma gratuita a los agricultores en su mayor parte, seguido por los municipios, los particulares y los paisajistas. La demanda es superior a la oferta.



La planta de Albairate es gestionada por una sociedad mixta que pertenece a la comuna. La planta recibe los residuos orgánicos de 40 comunas, la mayor parte está situada a menos de 80 km. La planta recibe los residuos 6 días sobre 7, y factura 80 a 130 € la tonelada de residuos alimentarios y 30 a 50€ la tonelada de residuos verdes. Tiene una capacidad de tratamiento de 70.000 toneladas anuales de residuos orgánicos (192 toneladas diarias).

6. RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las recomendaciones propuestas por Veolia para la colecta con segregación en origen y el compostaje a corto, mediano y largo plazo.

Las propuestas consideran tanto la realidad urbana como la realidad rural y consisten en soluciones específicas a escala accesible. Se proponen también una serie de orientaciones para el contexto físico del emplazamiento de las plantas de compostaje de acuerdo con el contexto normativo y la singularidad de cada territorio en la RMS.

La implementación de este tipo de valorización se deberá hacer de manera progresiva ya que la clave consiste en llevar a cabo una segregación en origen eficaz, y ello conlleva un proceso de educación ambiental gradual.

6.1. Recomendaciones a corto plazo

Las recomendaciones a corto plazo (hasta un año vista) se centran en la generación de la motivación ciudadana para la valorización orgánica de residuos. La educación ambiental, eje de esta iniciativa, es fundamental para poder llevar a cabo una buena segregación a origen, paso clave para un compostaje exitoso.

A corto plazo se contempla la implementación de pequeñas plantas de compostaje, de carácter demostrativo, con el fin de mostrar a la ciudadanía tanto los beneficios como el funcionamiento de la segregación a origen y el compostaje. Estas plantas piloto son parte del programa de sensibilización a la ciudadanía.

6.1.1. Campaña de sensibilización

La campaña de sensibilización hacia las comunidades urbanas y rurales se debe llevar a cabo de manera intensa. Se centrará esta campaña en los sectores y hogares donde se inicia la colecta segregada. Se utilizarán diversos medios de comunicación para asegurar una buena cobertura. En Santiago, el hecho de realizar la segregación en origen debe ser una acción llevada por la motivación ciudadana, no por una obligación legal (ya que no existe). Por lo tanto, la campaña se centrará en la sensibilización ambiental hacia la ciudadanía, informando e intercambiando sobre los temas siguientes:

- Ventajas de la segregación en origen
- ¿Cómo mejora la situación medioambiental gracias a esta acción?
- ¿Qué ganan los usuarios?
- ¿Qué se hace con el compost obtenido?
- ¿Cómo se realiza la segregación? ¿Por qué se usan bolsas biodegradables y no de plástico?

A través de las diversas entrevistas que el equipo ha realizado, la primera conclusión es que la mejor manera de realizar la campaña es a través del **contacto directo**. La manera de promover la segregación en origen será diferente en función de la clase socio-económica. El contacto directo será fundamental en los niveles socio-económicos medios y medios bajos (ver caso de la Pintana).

Se entregarán los equipamientos para la colecta en el hogar conjuntamente con un **folleto explicativo**. Es importante que se entreguen gratuitamente a los usuarios para promover la participación.

Además, se organizarán **talleres y reuniones** en las plantas de compostaje “piloto” que darán a conocer a los usuarios el funcionamiento del proceso. Pueden incluir talleres de huertos caseros, huertos medicinales y otros en los que la población vea un beneficio directo en su apoyo a la iniciativa.

Se propone incorporar **programas de desarrollo y de formación** en las escuelas primarias y secundarias como parte de la educación ambiental. Esta acción de corto plazo será muy útil para el largo plazo.

6.1.2. La colecta selectiva

Para la recogida selectiva de la fracción orgánica de los RSD se debe tener en cuenta que se colecta materia orgánica putrescible con alto porcentaje de humedad. Actualmente se utiliza una gran variedad

de bolsas y contenedores para facilitar y mejorar la recogida y el reciclado a través de un tratamiento biológico aeróbico (compostaje) como anaeróbico (metanización).

Los equipamientos utilizados a corto plazo serán los mismos que los que se utilizarán a largo plazo. Para un proceso de colecta simplificado, se proponen a continuación soluciones de equipamiento lo más estandarizadas posibles. Los hogares son el mayor grupo de productores de desechos de alimentos. Por lo tanto, es importante asegurarse de que la separación de origen de los residuos de alimentos sea conveniente, manejable y limpia. Esto se puede lograr equipando a cada familia con pequeños contenedores de cocina o bolsas biodegradables.

El esquema siguiente muestra el circuito de colecta propuesto por Veolia en función del tipo de hogar.

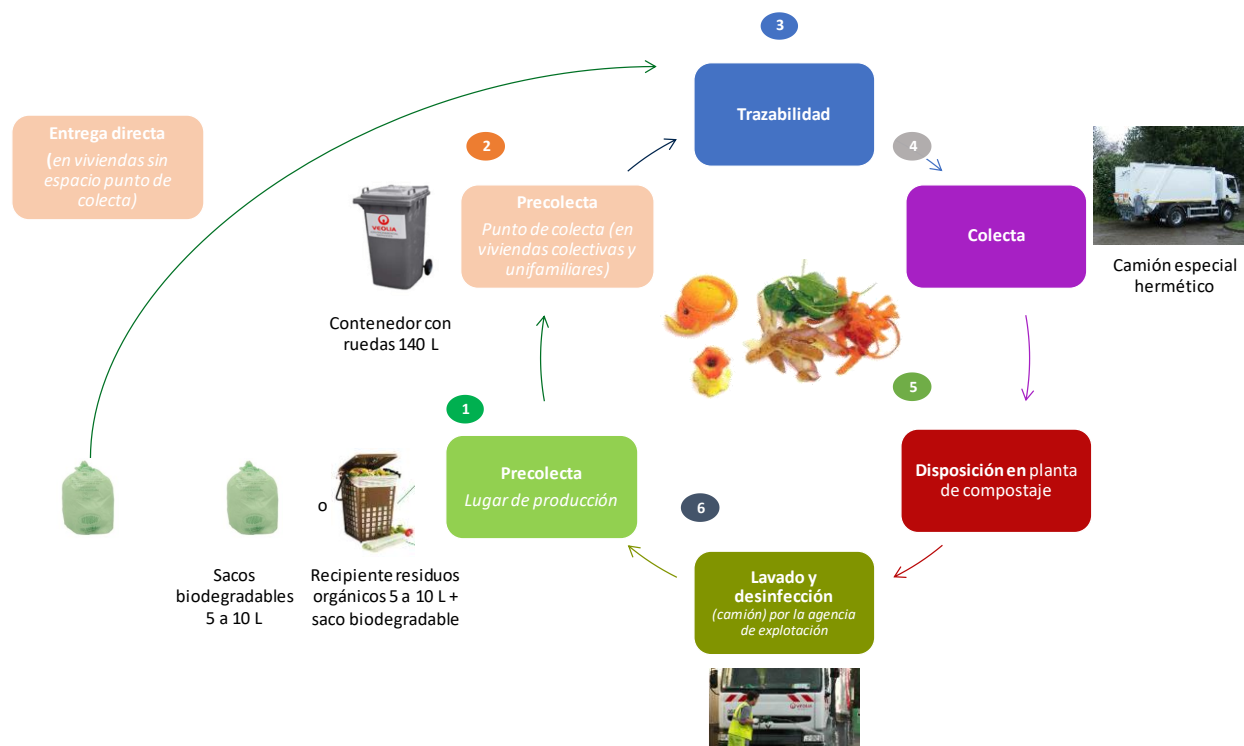


Ilustración 10: Circuito de colecta de los residuos orgánicos de la RMS

Es importante que los ciudadanos entiendan bien la importancia del uso de estos sacos biodegradables y no de los sacos de plástico. Este punto debe ser una parte del foco de atención durante la campaña de sensibilización y de educación ambiental.

El sistema de recolección de estos elementos puede ser organizado de acuerdo al sistema de recolección base de las comunas seleccionadas, de tal manera que no incluya sobre costos al sistema ya implementado. Es decir, se puede usar la misma ruta y logística de trabajo, pero considerar al menos 1 día para el retiro de material compostable y el resto de los días, para la colecta de los residuos que se trasladan hasta relleno sanitario.

A) Contenedores propuestos en la precolecta –hogares de producción

En el anexo 8.6 Contenedores posibles para la colecta de los residuos orgánicos se muestran los dos tipos de contenedores posibles para la colecta. Veolia propone el uso de sacos biodegradables de 10 litros para la colecta de la fracción orgánica en los hogares. Estos sacos pueden ser utilizadas dentro de contenedores de precolecta de 10L.



Ilustración 11: Sacos biodegradables y contenedor de 10 litros

El uso de sacos biodegradables no incrementa ninguna contaminación al compost final y tiene por objeto:

- Permitir recolectar restos de carne y de pescado junto con verduras y residuos de frutas, evitando molestias relacionadas con el suministro de material "suelto" dentro del contenedor;
- Prevenir la atracción de plagas (insectos) y la producción de lixiviados;
- Mantener los contenedores lo más limpios posible, mejorando así la cadena de recolección completa (desde el hogar hasta el vehículo de recogida hasta la planta de compostaje).

El factor clave para lograr altas tasas de captura y, posteriormente, el desvío de residuos de alimentos a vertederos, significa limpieza y comodidad para los ciudadanos. El inconveniente de este tipo de equipo es que las bolsas se deben abrir y romper (para que el plástico biodegradable sea reducido en tamaño) para asegurar la biodegradación adecuada de las bolsas. Este proceso se llevará a cabo en las plantas de compostaje.

Cuando estos contenedores están llenos, en el caso de las viviendas unifamiliares y colectivas, la fracción orgánica se introduce en un contenedor de 140 litros de capacidad, que será vaciado por el camión en el momento de la colecta.



Ilustración 12: Contenedor de 140 litros (Veolia)

En hogares sin espacio para estos contenedores, los sacos biodegradables se dispondrán directamente.

B) Camiones

Veolia recomienda utilizar camiones especiales para la recogida de la fracción orgánica de los RSD. Los camiones que transporten los residuos orgánicos deberán imperativamente tener las características siguientes:

- Impermeabilidad en las juntas de las puertas, que deben ser remplazadas de manera frecuente;
- Sistema de recogida de jugos, a vaciar después de cada empleo;
- Ausencia de pérdidas de jugo en la parte delantera de la caja y en el borde de la tolva cuando el vehículo está en movimiento;
- Lavado cotidiano del camión para evitar una usura prematura de las juntas (jugos ácidos).



Ilustración 13: Camión de recogida de residuos orgánicos

Los camiones propuestos disponen de una puerta basculante trasera a diferencia de los camiones de carga de residuos habituales.

6.1.3. Plantas de compostaje piloto

De acuerdo con la normativa, una planta de compostaje debe cumplir con los requerimientos de uso de suelo definidos en el PRMS. El objetivo de estas plantas, que se realizarán a escala comunal, es de mostrar a la ciudadanía una vitrina del compostaje y los intereses de la segregación en origen. El **objetivo de estas plantas será la educación ambiental, así como la promoción del beneficio social, ambiental y sanitario**, igual que en las plantas ya existentes en Peñalolén, la Pintana y el Parque O'Higgins. Las plantas de compostaje piloto son pues de carácter demostrativo.

A) Emplazamiento

A corto plazo se trata de crear un piloto que pueda, igual que las plantas de compostaje ya existentes a pequeña escala, estar situada a proximidad de la población:

- en área urbana en el caso de las comunas del centro de la RMS
- en área rural en el caso de las comunas rurales

Para la propuesta de ubicación de las plantas de compostaje, Veolia ha seleccionado los municipios que puedan prestar un servicio adecuado, vía las condiciones siguientes:

- los municipios deben tener **recursos**
- debe haber **terrenos disponibles**

Las comunas seleccionadas por Veolia de acuerdo con las condiciones listadas previamente serían las siguientes:

Tabla 6: Propuesta de comunas posibles para el emplazamiento de plantas de compostaje piloto

Comuna	Tipología	PPC (kg/hab/día)	Nivel socio-económico	Comentarios
Vitacura	Urbana	1,5	Alta y Media Alta	Emplazamiento al lado del Parque del Bicentenario Comuna con recursos
La Reina	Urbana	1,26	Media Baja mayoritariamente (concentrada) y Media Alta (disgregada)	Emplazamiento a prever cerca de la zona socio-económica baja, donde la población está concentrada.
San Bernardo	Semi	1,55	Media Alta y Media Baja (mayoritariamente)	Mucha industria
Lo Barnechea	Rural	1,69	Media Alta (mayoritariamente) y Media Baja	Mucha zona verde
Buín	Rural	1,18	Media y Media Baja	Mucha industria y terreno agrícola Nuevo alcalde con motivación en el sector de la valorización de los residuos
Pudahuel	Rural	1,28	Media y Media Baja	Mucho espacio disponible y zona industrial Comuna con recursos
Pirque	Rural	1,16	Media y Media Baja	Comuna con recursos Zona industrial

A partir de esta selección, Veolia propone implantar 4 plantas piloto, 2 en zona urbana y 2 en zona rural.

- **Zona urbana: La Reina y Vitacura**
- **Zona rural: Pudahuel, Pirque y/o San Bernardo**

Con esta repartición se colectarán los residuos de diferentes zonas, tipologías de comuna, así como niveles socio-económicos diferentes. Por un lado, los hogares de categoría ABC1 cuentan con mayor cantidad de áreas verdes y árboles de calle, en comparación con las demás categorías. No obstante, el estudio de caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Región Metropolitana del 2006 demuestra que es posible que este tipo de proyectos pueda resultar más eficiente en comunas de menores ingresos, ya que poseen un mayor porcentaje de residuos orgánicos y por lo tanto mayor cantidad de materia prima que puede ser reutilizada y transformada en compost, evitando así el gasto en disposición y fertilizante.

El objetivo de estos pilotos, además de la sensibilización ciudadana, será de analizar las diferencias y así determinar las acciones a llevar a cabo de manera específica según los resultados obtenidos.

Los permisos y el plazo para su obtención son factores importantes a tener en cuenta también. Se desea instaurar las plantas piloto rápidamente.

Las plantas de compostaje piloto deberán ubicarse a **proximidad de la población** para que esta pueda visitarlas y conocer el funcionamiento de la segregación en origen y el compostaje.

El procesamiento de las materias orgánicas será en su lugar de origen, para ser empleadas en el mismo lugar (de lo contrario, el PRMS definirá la planta de compostaje como una actividad industrial).

Finalmente, la capacidad de tratamiento de estas plantas se situará **por debajo de 30 toneladas por día**, por razones administrativas y también porque en un primer tiempo la valorización de los residuos será más pequeña.

B) Dimensionamiento de las plantas de compostaje piloto

Veolia propone crear 4 plantas de compostaje piloto con capacidad de hasta 15 toneladas de residuos orgánicos diarios cada una.

Se estima aproximadamente la misma cantidad de estructurante que de residuos sólidos (46 %) para poder realizar el proceso del compostaje de forma adecuada y para obtener un compost de calidad. La repartición de materia prima se deberá ajustar a medio plazo en función de los resultados obtenidos en la caracterización del compost. La materia estructurante (54 %) puede provenir principalmente de los residuos verdes gestionados por las comunas. También se podrán recuperar RSAD.

Para una planta con capacidad de tratamiento de **15 toneladas diarias**, se requerirán unas 5.500 toneladas de materia prima anual, que se distribuye en aproximadamente unas **2.600 toneladas de residuos orgánicos domiciliarios y 2.900 toneladas de residuos verdes** comunitarios, comerciales o de la industria.

Este monto corresponde a 0,14 % del total de la fracción orgánica de la RMS, por lo que se insiste en que el objetivo de estas plantas es fundamentalmente la sensibilización a la ciudadanía. Se requerirán plantas de tamaño industrial en el largo plazo para responder a la necesidad de valorización de la región.

Para el diseño de estas plantas se deberá tener en cuenta los aspectos que se enumeran en el anexo 8.4 Requisitos de diseño y operación de una planta de compostaje.

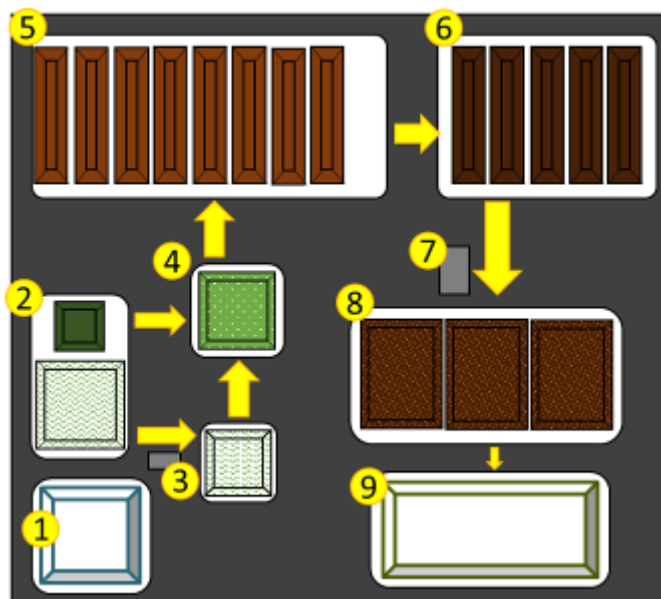
Los residuos verdes y los residuos orgánicos domiciliarios se reciben diariamente por separado. Los residuos orgánicos domiciliarios llegan en bolsas biodegradables, que requieren una apertura previa manual (o semi-manual con un trommel provisto de dientes/cuchillas para ayudar al operador). En esta área se realiza un control visual de calidad, donde se elimina la fracción inerte y no orgánica de los residuos recepcionados. El objetivo a través de la campaña de sensibilización es de obtener una fracción reducida de residuo no biodegradable (en Milán se ha conseguido un 4 %, y en La Pintana es casi nula). Los residuos rechazados en la recepción se almacenarán para un envío al relleno sanitario autorizado.

Los residuos verdes son chipeados y se mezclan con los residuos orgánicos domiciliarios.

Para esta capacidad se calcula una superficie de **1 hectárea** para cada planta piloto. El terreno incluirá por un lado todas las instalaciones necesarias para llevar a cabo el proceso de compostaje. Además,

para las visitas previstas, se incluirá una sala de acogida para la organización de talleres, así como un pequeño invernadero en el que se empleará el compost obtenido con tal de mostrar los resultados de la valorización de los residuos. El terreno también prevé espacio para la limpieza de los vehículos utilizados.

El objetivo es mostrar una vitrina de lo que se obtendrá como valorización de residuos orgánicos en la RMS.



- (1) Recepción - Espacio reuniones y presentaciones
- (2) Recepción de los residuos verdes y de los residuos orgánicos domiciliarios
- (3) Chipeado de residuos verdes
- (4) Zona de mezcla residuos verdes y residuos orgánicos domiciliarios
- (5) Área de fermentación
- (6) Área de maduración
- (7) Curado del compost (opción)
- (8) Área almacenamiento del compost
- (9) Invernadero

Ilustración 14: Plataforma de compostaje piloto



Ilustración 15: Planta de compostaje con proceso por pilas (Veolia)

Tratándose de plantas de pequeñas capacidades, Veolia recomienda lo siguiente:

Plantas piloto de zona rural:

Para la valorización de los residuos orgánicos domiciliarios provenientes de la zona rural se proponen **plantas de compostaje abierta con proceso de aireación por volteo**.

A través de esta técnica, utilizada en las plantas de Santiago ya visitadas, el material es dispuesto en hileras las cuales serán volteadas durante el proceso con una excavadora, o maquinaria afín. Al voltear frecuentemente las pilas, se promueve la descomposición uniforme de los residuos, ya que las capas externas más frescas de la pila de residuos vegetales se mueven a las capas internas donde se exponen a temperaturas más altas y a una actividad microbiana más intensiva.

La ventaja de ésta técnica se encuentra en que el costo de inversión es bajo. El inconveniente se encuentra en que se necesita una superficie normalmente mayor para realizar el proceso. La superficie depende sin embargo de la frecuencia de volteos. En este caso, Veolia propone un volteo por semana. El volteo frecuente no solo optimizará el espacio y reducirá el tiempo de fermentación. También controlará la emanación de olores y la producción de plagas y vectores. La fase de fermentación se estima a 8 semanas, y la fase de maduración a 6 semanas.



Ilustración 16: Proceso de aireación por volteo (Veolia)

Plantas piloto de zona urbana:

Para la valorización de los residuos orgánicos domiciliarios provenientes de la zona urbana se propone una planta de compostaje bajo edificio abierto (techado) con proceso de aireación de tipo forzada. Las pilas se colocan encima de una rejilla de tubos perforados. Las pilas serán aireadas frecuentemente durante el proceso, de manera de establecer un medio aeróbico.

Las ventajas de este método es que se puede procesar gran cantidad de residuos. Es un proceso recomendado cuando se dispone de poco espacio. La fase de fermentación se estima a 6 semanas, y la fase de maduración a 6 semanas.

Esta técnica requiere una serie de equipamientos, como un compresor de aire, tuberías, válvulas y sistemas de control de presión de aire, temperatura y humedad, que pueden encarecer el costo de inversión de la planta. Sin embargo, los costos de operación son menores que los de una planta de compostaje con proceso de aireación por volteo.



Ilustración 17: Proceso de aireación forzada

Otra posible opción, tanto para la zona rural como la zona urbana, es de instalar contenedores cerrados para el proceso de fermentación en lugar de las pilas con aireación por volteo o con aireación forzada. Esta opción, que puede resultar ideal para instalaciones de hasta 10.000 toneladas anuales, deberá ser estudiada en un estudio más detallado. Ofrece la ventaja una reducción en trabajos civiles y la posibilidad de movilizar los contenedores de un sitio a otro.



Ilustración 18: Contenedores de 25 m³ utilizados en Waterford, Irlanda (DTP Bioteam)

Es importante coordinar el trabajo con las demás plantas de compostaje ya existentes (La Pintana, Peñalolén, Parque O'Higgins) y el conjunto de comunas. Las demás plantas ya tienen retornos de experiencia que serán muy útiles para analizar las líneas de mejora.

6.2. Recomendaciones a medio plazo

Bajo las recomendaciones a medio plazo se consideran las propuestas a implementar entre un año y tres años vista.

Las recomendaciones a implementar a medio plazo consisten mayoritariamente en acciones. Se trata de evaluar los resultados obtenidos en la primera etapa para así poder definir de manera específica:

- Las fases de implementación de las plantas de compostaje industriales para el largo plazo
La organización y la preparación del plan de distribución de los hogares por fases

Se llevarán a cabo los siguientes análisis:

6.2.1. Análisis del compost obtenido

A través de los resultados obtenidos en las diferentes plantas piloto, se podrá caracterizar el compost y evaluar su calidad, así como la evolución de los resultados de la segregación en origen.

Es importante antes de planificar una planta de compostaje, caracterizar los residuos que se van a tratar según los factores que afectan en el proceso. Se considerarán así:

- los volúmenes que se disponen
- la estacionalidad de éstos
- la frecuencia con que se obtendrán

Todo ello permitirá determinar el tamaño y tipo de la planta de compostaje a largo plazo.

6.2.2. Retorno de experiencia sobre la colecta

Después del primer año se analizará de manera detallada la participación ciudadana según la zona y el nivel socio-económico.

Se identificarán así los planes de mejora a desarrollar en el ámbito de la colecta y de la campaña de sensibilización.

6.2.3. Estudio del mercado del compost

El mercado potencial del compost es bastante amplio, ya que por sus beneficios y por ser un producto proveniente de la utilización de residuos, es atractivo para su utilización.

Se realizarán encuestas a nivel municipal, agrícola e industrial para determinar las posibilidades de valorización y de aceptación del compost producido en la RMS.

Se identificarán los fertilizantes más utilizados y su caracterización a nivel de producto, de precio y de distribuidor.

6.3. Recomendaciones a largo plazo

Se consideran las propuestas a implementar a cuatro años vista.

Tanto la campaña de sensibilización como la colecta se desarrollarán en función de los resultados obtenidos a medio plazo. La campaña de sensibilización sigue siendo aquí el punto clave para llevar a cabo una valorización de residuos óptima.

6.3.1. Plantas de compostaje a mayor escala

Para poder realizar una valorización de la fracción orgánica de los RSD de la RMS, se deberán valorizar los residuos a mayor escala. Como se ha mostrado previamente, las plantas piloto podrán tratar únicamente los residuos de ciertos hogares y serán de carácter demostrativo.

Dado que su capacidad no llegará a sobrepasar el 0,14 % del total de residuos orgánicos en la región (para plantas que llegan a tratar 15 toneladas al día), las plantas de compostaje que Veolia propone instalar en un horizonte de cuatro años y de **manera progresiva** (operación por sectores) son plantas que deberán recibir mayores cantidades de residuos. De esta manera se abarcará un volumen de trabajo tal que permita una solución real a los residuos orgánicos generados en la región.

Las plantas de compostaje propuestas **se inscriben dentro de un régimen de actividad industrial**, tal como se definen según el PMRS. Estas infraestructuras sanitarias deberán responder a todos los criterios expuestos en el capítulo 3 Requerimientos de uso de suelo, ambientales y sanitarios.

Los proyectos que atiendan a una **población igual o mayor 5.000 habitantes y/o más de 30 t/día** ingresarán al sistema de evaluación de impacto ambiental.

El trámite para obtener la autorización sanitaria por parte de la SEREMI de Salud en estas plantas se deberá realizar considerando la lista de documentos que se enumeran en el anexo 8.5 Requisitos sanitarios - Lista de documentos.

Se distinguen dos contextos para la implantación de plantas de compostaje industriales:

- **Contexto rural:** Veolia propone la implantación de varias plantas de compostaje fuera de la Zona Urbana y a escala comunal con el fin de proponer soluciones de proximidad y optimizar el transporte en la colecta.
- **Contexto urbano:** Veolia propone implantar plantas de compostaje de mayor tamaño fuera de la Zona Urbana o dentro de las Zonas de Actividades Productivas y de Servicio de Carácter Industrial.

A) Emplazamiento

Los criterios de selección para una planta de compostaje industrial incluyen los criterios indicados para el corto plazo: la comuna en cuestión debe poder prestar un servicio adecuado vía su capacidad de pago y debe tener disponibilidad de terrenos.

A través de la reunión mantenida con la SEREMI Urbanismo y Vivienda, se confirma además que las plantas de compostaje ubicadas en zona urbana deberán obligatoriamente emplazarse dentro de las **Zonas de Actividades Productivas y de Servicio de Carácter Industrial**. El plano oficial PMRS100 indica cuáles son las zonas posibles.

Las comunas seleccionadas por Veolia de acuerdo con las condiciones listadas previamente son las mismas que las que se han seleccionado para las plantas piloto.

Contexto urbano

Dentro del Área Urbana, en la comuna **La Reina** hay espacios disponibles para plantas de mayor escala. Otra opción es **Vitacura**, donde se deberá analizar si hay espacio disponible correspondiente a las zonas de Actividades Productivas y de Servicio de Carácter Industrial.

El resto de plantas, sean de contexto urbano o rural, se ubicarán **fuera del Área Urbana Metropolitana**. Para esta área, Veolia propone iniciar la primera planta industrial de contexto urbano en la comuna **Lo Barnechea**. Esta comuna, de nivel socioeconómico medio alto y medio bajo, dispone de mucha zona verde, de recursos y de espacio.

Contexto rural

Para las plantas de contexto rural, Veolia propone comenzar con una de las comunas propuestas en la Tabla 6: Propuesta de comunas posibles para el emplazamiento de plantas de compostaje piloto.

Se puede evaluar también la posibilidad de partir de las plantas piloto de **Pudahuel, Pirque y/o San Bernardo**, para aumentar su capacidad.

B) Dimensionamiento de las plantas de compostaje industriales

Las plantas de compostaje industriales irán tratando de manera progresiva los residuos orgánicos hasta llegar hasta su capacidad máxima.

Contexto urbano

Para la valorización de los residuos orgánicos domiciliarios provenientes de la zona urbana se propone, igual que para las plantas piloto, una planta de compostaje bajo edificio abierto (tejado) con proceso de aireación de tipo forzada.

En el contexto urbano, Veolia propone instalar plataformas de compostaje del orden de **30.000 toneladas anuales**.

Para esta capacidad se calcula una superficie de **2,6 hectáreas**. Se priorizará la ubicación de estas plantas en los espacios disponibles de las Zonas de Actividades Productivas y de Servicio de Carácter Industrial, de acuerdo con el plano oficial PMRS100. Como segunda opción, las plantas se ubicarán Fuera de la Zona Urbana, priorizando la menor distancia posible de los núcleos urbanos tratados, y de acuerdo con los requerimientos de suelo, ambientales y sanitarios.

El terreno incluirá por un lado todas las instalaciones descritas para la planta piloto, e incluirá además una báscula puente en la entrada de la planta.

El funcionamiento de la planta será el mismo que en la planta piloto, pero a mayor escala.

Contexto rural

Para la valorización de los residuos orgánicos domiciliarios provenientes de la zona rural se propone, igual que para las plantas piloto, plantas de compostaje abiertas con proceso de aireación por volteo.

En el contexto rural, dado que habrá densidades de producción de residuos por cápita generalmente menores y una superficie mucho mayor, se propone realizar plantas de compostaje de **máximo 30 toneladas por día (10.900 toneladas anuales)** en un primer tiempo. En estas plantas se recepcionarán los residuos orgánicos bajo un radio de distancia limitado respecto a los núcleos de las viviendas rurales. De esta manera el coste de la colecta será menor. Además, las plantas por debajo de 30 toneladas al día no están sometidas a ingresar al sistema de evaluación de impacto ambiental.

Para esta capacidad máxima se calcula una superficie máxima de **1,35 hectáreas**. El funcionamiento de la planta será igual que en la planta piloto.

En función de los resultados obtenidos en las acciones a medio plazo respecto a las valorizaciones posibles en el mercado del compost, las plantas industriales podrán disponer también de un sistema de curación y de envasado de compost.

6.4. Estimación económica

Los datos expuestos a continuación son de orden estimativo.

6.4.1. Campaña de sensibilización

En función de grado de complejidad de la campaña de sensibilización, esta puede variar entre 0,1 y 6 US\$ por habitante.

Para las campañas de sensibilización de la RMS, Veolia estima un costo **entre 3.000 y 10.000 US\$ por cada 10.000 habitantes**.

6.4.2. Coste de la colecta

Los costes de colecta en si son significativos.

Sin embargo, la colecta de la fracción orgánica supondrá a su vez la reducción de recursos consagrados a los RSD, de acuerdo con la creación de equipos adaptados para la colecta de la fracción orgánica.

Efectivamente, la implementación de la colecta selectiva en una región como la RMS, donde la fracción orgánica supera el 55% del contenido de los RSD, ofrece una oportunidad de compensación a través de la reorganización de otras colectas. Elk objetivo es reorganizar los circuitos de colecta de manera que el balance global final sea compensado por completo.

Por ello, se tendrá en cuenta únicamente el coste de los equipamientos suplementarios que se deben incorporar: los contenedores de 10 litros en los hogares (optativo) y los sacos biodegradables de 10 litros. En un escenario europeo, el costo puede ascender a alrededor de 15 a 20 \$ por tonelada de residuo orgánico colectado para estos equipamientos. Estos valores se deberán revisar acorde al escenario local ya que resultan altos para la situación chilena.

6.4.3. Coste compostaje

Para países como Chile (con una PIB per cápita de 15.470US\$ en el año 2015, una eficiencia de colecta de más del 98 % y una producción de 0,43 toneladas de RSD por cápita), el coste del compostaje puede variar entre **35 y 90 US\$ por tonelada de materia prima** (fuente: Banco Mundial, "What a Waste", 2012). Este costo incluye los costos de inversión (incluye el terreno), de operación, mantenimiento y servicio de deuda. Excluye todo tipo de financiación del carbón, subsidios o incentivos externos.

Tabla 7: Comparación de costes según el tipo de proceso de compostaje

Tipo de compostaje	Inversión	Operación y mantenimiento
Planta abierta con proceso de aireación por volteo	++	+++
Bajo edificio abierto (tejado) con proceso de aireación de tipo forzada	+++	+
Con contenedores	++	+

6.4.4. Otros beneficios

Aunque la disposición en rellenos sanitarios pueda ser una alternativa más económica (**en Chile el coste de disposición en relleno sanitario es de aproximadamente 14 US\$ por tonelada, dato no menor porque es difícil competir con este valor tan bajo**), la implementación de éstos es cada vez más compleja y carece de sustentabilidad ambiental. Hay toda una serie de beneficios que se presentan a continuación.

Desde un punto de vista económico, el mayor beneficio corresponde al ahorro por concepto de **disposición final de residuos y compra de fertilizantes** para las áreas verdes. El compost permite ser una alternativa para la fertilización de las áreas verdes de las comunas evitando así la compra de este insumo, que por motivos de costos no es el más utilizado por las empresas encargadas de la mantención de áreas verdes. Además, a largo plazo se puede obtener un valor económico por el compost en función de las oportunidades de mercado en la región.

Por otra parte, la concienciación de los usuarios al segregar los productos promueve la **educación ambiental y el sentido de responsabilidad de cada habitante**.

Desde el punto de vista social y económico, el compostaje genera **nuevos empleos** que permiten mejorar la calidad de vida de los vecinos.

A nivel de autoridades, la segregación en origen y el compostaje crean una **imagen de comuna ecológica** o bien de comuna pionera, como se ha visto con la comuna de la Pintana, que posee sistemas de recuperación de residuos, siendo una actividad bien valorada por el resto de las autoridades.

Otro beneficio de ámbito ambiental es que la implementación de plantas de compostaje como destino final de residuos orgánicos permite una **reducción de emisión de gases efecto invernadero**, en comparación con los rellenos sanitarios tradicionales, ya que la cantidad de metano (CH₄) entregado a la atmósfera en el proceso de compostaje es menor a la emitida por éstos.

Si bien el compostaje requiere de grandes costos de inversión en implementación y superficie, los costos operativos no son muy elevados. Y si es considerada como producción limpia podría postular a créditos y/o a bonificaciones del gobierno u otras instituciones.

La segregación en origen y el compostaje son soluciones ambientalmente amigables que permiten la sustentabilidad de las ciudades, ya que permite la transformación de los residuos vegetales urbanos en materia prima para producir compost y generar un aprovechamiento de éstos.

Finalmente, la segregación en origen genera a la larga una reducción de la producción de residuos.

7. ENTREVISTAS REALIZADAS

A continuación, se numeran las personas que se han entrevistado a lo largo de este estudio.

Nombre	Organismo
Cristian ROBERTSON DE FERRARI Subdirector Ejecutivo de Resiliencia	Gobierno Regional Resilient Cities
Cristina HUIDOBRO	Gobierno Regional Resilient Cities
Álvaro RIOS CARRASCO	Seremi del Medio Ambiente
Paola COFRE	Seremi del Medio Ambiente
Nicolás PÉREZ	Seremi del Medio Ambiente
Andrés SIGNORELLI	Seremi Vivienda y Urbanismo
Boris ARÁNGUIZ	Seremi Vivienda y Urbanismo
Verónica RODRÍGUEZ	Seremi del Medio Ambiente
Boris ARÁNGUIZ	Seremi Vivienda y Urbanismo
Andrea PAREDES	Servicio Evaluación Ambiental Región Metropolitana
Patricio NAVARRETE	Dirección de Gestión Ambiental (DIGA) La Pintana
Felipe HERNÁNDEZ	Ecoparque Peñalolén
Jaime CATALDO URIBE	EMERES

8. ANEXOS

8.1. Características físico-químicas de los RSD

Con el fin de establecer las propiedades físico –químicas de los residuos, se llevó a cabo un análisis representativo con varias mediciones en 4 comunas de la RMS a través del estudio de caracterización. Se obtuvieron los siguientes resultados a través de un proceso de separación mecánica vía un tamiz posterior a la clasificación manual.

Tabla 8: Resultados obtenidos a través de un análisis de los RSD por tamizado

Tamiz/ análisis	% Humedad	Poder calorífico (Kcal/kg)	% cenizas	% Azufre (S)	% Cloro (Cl)
Tamiz < 40 mm	59,33 %	2032	8,10 %	0,11 %	0,23 %
Tamiz 40 a 65 mm	63,84 %	2671	5,47 %	0,04 %	0,13 %
Tamiz 65 a 100 cm	51,61 %	4545	4,24 %	0,04 %	0,29 %
Sin tamizar	20,62 %	4965	4,78 %	0,06 %	0,15 %

Los resultados presentados en el diagnóstico del estudio final de “Santiago Recicla” se resumen a continuación para los residuos orgánicos:

Tabla 9: Propiedades físico –químicas de los RSD

Tamiz/ análisis	% Humedad	Valor calorífico (Kcal/kg)
Restos de comida	70 %	3200 - 3900
Poda de árboles	60 %	
Papel y cartón	10 %	3900 - 4300
Plásticos	3 %	8700 - 9500
Textiles	~ 10 %	3700 - 5700
Metales	3 %	
Residuos peligrosos y otros	20 %	
Panales	50 %	
Cenizas	10 %	
Total	60 %	3000 - 4200

8.2. Disposiciones técnico – urbanísticas para el emplazamiento de una planta de compostaje

La autorización del emplazamiento de las plantas de compostaje industriales estará condicionada al cumplimiento de las disposiciones técnico – urbanísticas que se señalan para los rellenos sanitarios en el PMRS y que son las siguientes:

A) Territorial

- El distanciamiento de la infraestructura sanitaria a los deslindes del predio en el cual se emplaza, deberá garantizar una faja perimetral intrapredial de **ancho mínimo de 100 m**, medida desde el

borde máximo de la localización física del relleno proyectado autorizado. Esta faja deberá ser arborizada conforme a un Plan de Arborización aprobado por la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura previo informe técnico del SAG y/o CONAF, según corresponda. Hasta un **20%** de dicha faja perimetral intrapredial podrá utilizarse para estacionamientos y circulación con pavimento.

- El distanciamiento de la Planta a la población, a zonas mixtas sin actividades productivas y/o de servicio inofensivas, a equipamiento recreacional, deportivo y turístico, existentes, será de **400 m. mínimo**, medidos desde el borde externo desde la faja perimetral arborizada. Se entenderá por población un conjunto urbano o rural que comprenda a partir de 300 personas.

B) Estudios Aprobados por Organismos Competentes:

El estudio de Impacto Ambiental deberá incluir por lo menos los estudios específicos que se señalan para las siguientes variables y que se explicitan a continuación:

- **Riesgos.** La Planta no se podrá emplazar en las zonas o terrenos que se vean amenazadas por los riesgos de origen natural o de origen artificial o antrópico siguientes:

Riesgos de origen natural:

- Zonas inundables: por proximidad a cuerpos o cursos de agua, por existir napa freática superficial, por corresponder a zonas pantanosas o de mal drenaje, o por ser amagadas por aguas lluvias.
- Zonas de remoción en masa expuestas ya sea: a aluviones, o aludes, o rodados, desprendimientos, deslizamientos u otro fenómeno.
- Zonas de falla geológica activadas por sismos.
- Zonas en peligro de derrumbe y asentamiento del suelo: por mala calidad del subsuelo, subsidencia del terreno, zonas inestables correspondientes a conos de deyección y escombreras de falda.
- Terrenos con pendientes naturales superiores al 20% que afecten directamente el área útil del relleno.
- Respecto de estas materias, se deberá contar con los estudios técnicos específicos, aprobados por los Organismos Competentes.

Riesgos de origen artificial o antrópico donde existan:

- Infraestructuras de alto riesgo tales como acueductos y embalses o poliductos, oleoductos, gasoductos, y líneas de alta tensión sin las correspondientes protecciones. Dichas protecciones requerirán ser informadas favorablemente por la autoridad competente.
- Aeropuertos o Aeródromos. Se deberá dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 8.4.1.4. Áreas de Peligro Aviario de la presente Ordenanza.
- Áreas de Riesgo por Actividades Peligrosas y/o de Riesgo de Explosión e Incendio: plantas de producción, procesamiento, almacenamiento y distribución de productos químicos, o explosivos, polvóricos y/o inflamables, sean éstos sólidos, líquidos o gaseosos. La proximidad de la Planta a cualquiera de estas actividades, deberá estar resguardada conforme a las regulaciones que al respecto establezcan los Organismos Competentes.
- **Suelos Agrícolas.** La Planta **no se podrá emplazar en suelos productivos clase de capacidad de uso I, II Y III.** La utilización de un suelo clase IV con riego estará condicionada al informe favorable de la Seremi de Agricultura previo informe técnico del Servicio Agrícola y Ganadero.
- **Aguas, Hidrología, Hidrogeología.** Se deberá contar con los **estudios técnicos específicos** aprobados por el Organismo Competente que permitan determinar la vulnerabilidad del recurso hídrico tanto superficial como subterráneo y demás estudios que permitan demostrar que no se afectan fuentes de abastecimiento de agua potable, captación de aguas, la napa freática superficial, entre otros aspectos referidos a esta variable. Además, se deberá respetar para cursos de agua los siguientes distanciamientos:
 - En cursos y cuerpos de agua permanentes: fajas de protección de 200 m. de ancho desde el eje hidráulico de la caja (lecho mayor episódico) y de 400 m. de radio al borde del nacimiento del curso o del cuerpo. La faja de protección será de hasta 400 m. de ancho m. si existiera vegetación nativa, conforme lo establece la Ley de Bosques.
 - En cursos de agua intermitentes, podrá desviarse su curso con informe favorable del Organismo Competente y conocimiento de la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura.

- **Olores.** Se deben localizar **a sotavento** de centros poblados, considerar dirección de vientos y áreas de influencia, para lo cual se requiere estudio específico, aprobado por Organismo Competente.
- **Áreas Protegidas.** Quedará excluida a la instalación de una Planta, cualquier área que se encuentre legalmente protegida mediante decreto emitido por una Autoridad Competente.
- **Accesibilidad y Conectividad.** Los accesos deberán ser por vías pavimentadas. Se deberá realizar un Estudio de Impacto Vial para verificar si la instalación es factible desde el punto de vista del transporte, aprobado por el Organismo Competente.
- **Plan de Cierre.** Se deberá efectuar el estudio que contemple un Plan de Cierre y Abandono el cual debe asegurar el grado de recuperación del suelo del predio que comprenda al relleno.
 - El Plan en sus aspectos de Abandono y Recuperación deberá ponerse en marcha dentro del plazo de 30 días contados desde el cese de las actividades de disposición final de los residuos. El Plan deberá contener una proposición de destinos o usos de áreas verdes, de equipamiento y/o productivo que sea factible dar al suelo afectado por las actividades de disposición para su recuperación. El Plan será de responsabilidad y costo del propietario, el cual deberá presentarlo al Sesma y a la Seremi de Vivienda y Urbanismo para sus respectivas aprobaciones.

8.3. Requisitos de calidad del compost

Los requisitos mínimos de calidad del compost a cumplir se describen en el capítulo 4 de la norma chilena NCh2880. Los requisitos de resumen a continuación:

- **Materia prima:**
 - Los materiales orgánicos a considerar principalmente son residuos procedentes de hogares y establecimientos comerciales, residuos de origen vegetal, de procesos agroindustriales, de la silvicultura, agropecuarios y acuícolas, lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas y digestatos.
 - La materia prima debe estar libre de sustancias tóxicas y/o inhibitoras que puedan afectar el proceso de compostaje.
- **Compost:**
 - El compost debe presentar olores característicos de este producto y cumplir con los requisitos sanitarios definidos en la norma
 - El contenido de humedad debe situarse entre 30 % y 45 % en base húmeda
 - El contenido de nitrógeno debe ser mayor o igual que 0,5 % en base seca
 - El pH debe estar comprendido entre 5,5 y 8,5
 - El contenido de materia orgánica deberá ser mayor o igual que 20 %
 - El tamaño de partículas que componen el compost debe ser menor o igual que 16 mm
 - **No se permiten materias no compostables de un tamaño mayor que 16 mm. Para las que tienen un tamaño menor, el contenido máximo permitido es de 4 mm y 5 % en masa para los plásticos flexibles, películas, piedras y terrones de barro, y de 2 mm y 0,5 % en masa para el vidrio, los metales, el caucho y los plásticos rígidos**
 - La densidad aparente del compost debe ser menor o igual que 700 kg/m³.
 - Deberá cumplir con las concentraciones máximas de metales pesados indicados en la norma según su clasificación A o B.
- **Índice de madurez:**
 - La relación carbono/ nitrógeno (C/N) debe ser menor o igual que 25 (Clase A) o 30 (Clase B)
 - la estabilidad biológica debe cumplir con una evolución menor o igual que 8 mg de C-CO₂/g de materia orgánica por día y una absorción menor o igual que 3,5 mm de oxígeno /g de materia orgánica por día
 - el nivel de fitotoxicidad debe cumplir con una relación NH₄⁺ /NO₃⁻ menor o igual que 3, una concentración de NH₄⁺ menor o igual que 500 mg/kg y un índice de germinación de rabanitos mayor o igual que 80 %

El compost deberá ser registrado por el productor para asegurar la trazabilidad del producto. Finalmente, el compost comercializado deberá ser rotulado.

8.4. Requisitos de diseño y operación de una planta de compostaje

A) Diseño

Para plantas mayores que 1200 m³, se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos en el diseño:

- Tipo y cantidad de materia prima permitidos: ver Tabla 3: Categorización de los materiales orgánicos permitidos en cada categoría
- Características del sitio: debe cumplir con los permisos sectoriales necesarios y debe contar con una pendiente no mayor al 10 %
- Accesibilidad: entre otras características, las plantas deben contar con un control de acceso, una vía de acceso transitable, un sistema de registro de materia prima y un sistema de pesaje
- Áreas de operación a considerar para la recepción de materias primas, la limpieza de contenedores y vehículos, proceso de compostaje y maduración, almacenamiento del compost y almacenamiento de residuos rechazados, espacio para la realización de todas las maniobras
- Plan de manejo de olores, y sistema de abatimiento de olores en una instalación cerrada
- Plan de manejo de plagas y vectores de interés sanitario
- Plan de manejo de material particulado, incluyendo condiciones de mantenimiento de humedad adecuada y limpieza
- Manejo de aguas residuales del proceso de compostaje a través de la impermeabilización de suelos (mínimo un suelo de 20 cm de espesor y coeficiente de conductividad hidráulica de 10⁻⁶ cm/s).
- Plan de manejo de aguas pluviales
- Consideración de las condiciones climáticas y geográficas
- Plan de contingencia.

B) Operación

Como requisitos de operación, se incluyen los siguientes parámetros:

- Control de materia prima, de acuerdo a la materia prima establecida en la norma NCh2880
- Respeto de la relación carbono/ nitrógeno en una escala mayor o igual que 25:1, y pH a mantener entre 5,5 y 8,5
- Temperatura a respetar según el tiempo transcurrido para asegurar la higienización del producto a través de un proceso de volteo o aireación forzada: 55-59°C durante mínimo 2 semanas, 59-65°C durante mínimo 1 semana, y más de 65°C por lo menos 3 días
- la mezcla de materiales debe tener un **valor inicial de 40 a 60 % de humedad**. El nivel de humedad se deberá mantener durante el proceso de compostaje entre 40 y 70 %.
- Toda planta de compostaje debe contar con un sistema de registro.

8.5. Requisitos sanitarios - Lista de documentos

- Plano o croquis de la planta del establecimiento, ubicado cardinalmente y que indique la exacta ubicación de la planta de compostaje.
- Plano o croquis de la Planta de compostaje propiamente tal (que detalle dimensiones).
- Copia de la Autorización Sanitaria o Informe Sanitario del establecimiento, si corresponde.
- Resolución de aprobación y explotación proyecto de alcantarillado.
- Respuesta de pertinencia al sistema de evaluación ambiental, emitido por el SEA
- Memoria Técnica, en la cual se especifique al menos los siguientes aspectos:
- Indicar los tipos, cantidades mensuales y anuales de residuos a compostar y su procedencia.
- Descripción de cierre perimetral (mínimo 1,8 m altura).
- Descripción de la impermeabilización del suelo.
- El nivel freático superior debe estar al menos, 2,5 metro bajo el punto de menor cota del sitio de disposición final.
- Descripción del proceso de compostaje y si cumple con la normativa.
- Tiempo que demorara el proceso de compostaje.

- Terreno con pendiente 2-3%, que permita el drenaje gravitacional
- Descripción del sistema de captación de percolados.
- El terreno donde se emplace la planta de compostaje no podrá estar expuesto a inundaciones.
- Descripción del ancho de los caminos interior (entre las pilas) para el paso de las maquinarias que realizan el volteamiento del compost.
- Indicar obras de desviación de aguas lluvias y escorrentías superficiales.
- Establecer el tipo y número de maquinaria a utilizar.

8.6. Contenedores posibles para la colecta de los residuos orgánicos

Se pueden utilizar dos tipos de contenedores para la colecta de la fracción orgánica de los RSD:

- Recipientes para la disposición de los residuos orgánicos

Este tipo de contenedores abarca un volumen de 5 a 10 m³ y se instala dentro de cada hogar. El contenido de estos contenedores, una vez lleno, es vertido en los contenedores de colecta del inmueble.

La ventaja de estos contenedores, si la colecta se ha llevado a cabo correctamente, es que no se requiere ningún proceso de desenvasado antes de iniciar el compostaje.

Se debe asegurar que después de cada uso los contenedores sean higienizados. Esta tarea puede ser complicada de supervisar al tratarse de los contenedores de los hogares.



- Sacos biodegradables

Los sacos biodegradables tienen un volumen de 5 a 10 m³ y se pueden utilizar fácilmente dentro de los hogares. Hay muchos tipos de sacos biodegradables, los más usados suelen ser sacos de almidón de maíz. La ISO 17088 describe las especificaciones para los plásticos biodegradables. El uso de sacos biodegradables no incrementa ninguna contaminación al compost final. Si se opta por la opción de sacos biodegradables, es mejor utilizar bolsas biodegradables certificadas específicamente para procesos de compostaje doméstico.



El uso de estos sacos para la recogida de residuos alimentarios tiene por objeto:

- Permitir recolectar restos de carne y de pescado junto con verduras y residuos de frutas, evitando molestias relacionadas con el suministro de material "suelto" dentro del contenedor;
- Prevenir la atracción de plagas (insectos) y la producción de lixiviados;
- Mantener los contenedores lo más limpios posible, mejorando así la cadena de recolección completa (desde el hogar hasta el vehículo de recogida hasta la planta de compostaje).

El factor clave para lograr altas tasas de captura y, posteriormente, el desvío de residuos de alimentos a vertederos, significa limpieza y comodidad para los ciudadanos.

El inconveniente de este tipo de equipo es que las bolsas se deben abrir y romper (para que el plástico biodegradable sea reducido en tamaño) para asegurar la biodegradación adecuada de las bolsas. Si no se abren las bolsas antes del proceso de compostaje, la biodegradación puede ser más lenta y hay riesgos de falta de circulación de aire y mantenimiento de los niveles de humedad.