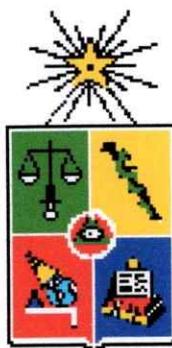


UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Ciencias



**VENTAJAS AMBIENTALES DEL USO DE COMPOST
SOBRE EL USO DE TIERRA DE HOJAS**

Seminario de Título

Entregado a la

Universidad de Chile

En cumplimiento parcial de los requisitos

para optar al Título de

Biólogo con mención en Medio Ambiente



JAVIERA ANDREA RIVEROS ZUÑIGA

Directora de Seminario de Título: M.Sc. Matilde Lopez M.

Septiembre, 2007

Santiago - Chile

UCH-FC
Ambiental
R621
C.1

ESCUELA DE PREGRADO – FACULTAD DE CIENCIAS – UNIVERSIDAD DE CHILE



“VENTAJAS AMBIENTALES DEL USO DE COMPOST SOBRE EL USO DE TIERRA DE HOJAS”

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con Mención en Medio Ambiente.

JAVIERA ANDREA RIVEROS ZUÑIGA

M.Sc. Matilde López Muñoz
Directora Seminario de Título

Handwritten signature of Matilde López Muñoz in blue ink, positioned above a horizontal line.

Comisión de Evaluación Seminario de Título

Prof. María Teresa Varnero Moreno
Presidente Comisión

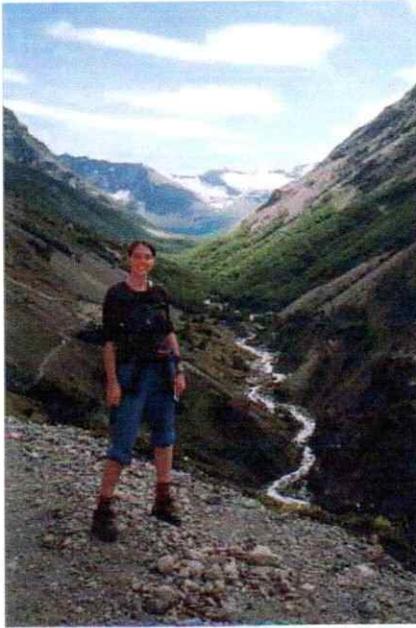
Handwritten signature of María Teresa Varnero Moreno in blue ink, positioned above a horizontal line.

Prof. María Teresa Serra Vilalta
Correctora

Handwritten signature of María Teresa Serra Vilalta in blue ink, positioned above a horizontal line.



Santiago de Chile, Septiembre de 2007



Yo, Javiera A. Riveros Zuñiga, cursé enseñanza básica y media en el Colegio San Juan Evangelista.

Desde muy pequeña siempre me gustó conocer diferentes paisajes, estar al aire libre y disfrutar de la naturaleza lo que me ha hecho sentir un gran respeto por ella y un profundo interés en protegerla. Esto me llevo a ingresar en 1998 a la carrera de Biología con Mención en Medio Ambiente (Licenciatura en Ciencias Ambientales con Mención en Biología) de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.

Mi interés por como se relaciona el tema del Medio Ambiente con temas Sociales y Económicos y como compatibilizar todos ellos me llevó a realizar un Diplomado en Gestión Integrada de Calidad, Seguridad, Medio Ambiente y Responsabilidad Social en la Universidad de Chile el cual aprobé con distinción máxima.

Debido a mi gran interés por los temas Socio-Ambientales, espero poder trabajar en el desarrollo de proyectos que fomenten principalmente, la Educación Ambiental.





A mi Madre que siempre estará conmigo...



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi Padre, por su paciencia y por ser el responsable de mi interés por el medio ambiente, a la Zubi por su constante preocupación, comprensión y apoyo, y a mis hermanos por la alegría y cariño que siempre me han entregado.

Agradezco a Sebastián por su paciencia, apoyo y comprensión en cada momento y por ser un pilar y fuente de motivación en mi vida.

Agradezco sinceramente a mi profesora guía Sra. Matilde López M. por su dedicación y conocimientos entregados, y por creer en este trabajo. También agradezco a las profesoras Maria Teresa Varnero y Maria Teresa Serra por su buena voluntad y sus correcciones, que fueron fundamentales para la confección de este trabajo.

Agradezco también a la Ely y Rodrigo por formar parte de esta aventura y aportarme con sus trabajos.

Agradezco a los miembros de la Mesa de Trabajo de Residuos de CONAMA RM por toda la ayuda que me otorgaron. En especial a Ximena Rojas por ser la gestora de esta idea y por toda la información que me facilitó, a los Empresarios del compost y municipios entrevistados por su colaboración e información, y a Don Mario Gallardo por aportarme con sus conocimientos sobre la extracción de Tierra de hojas.

A mis amigas Mari, Vero, Loreto, Paulina, Carolina y Tania por sus sabios consejos en momentos de flaqueza y estrés y por acompañarme siempre en los buenos y malos momentos.

Y por último agradezco a toda la gente que conocí en esta búsqueda de información y a todos quienes colaboraron directa o indirectamente conmigo en la realización de este trabajo.



INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS.....	6
CAPITULO III: ANTECEDENTES DE TIERRA DE HOJAS Y COMPOST.....	8
III.1. Antecedentes sobre el Bosque Nativo.....	8
III.1.1. Bosque Nativo y el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE).....	8
III.1.2. "Bosque Esclerófilo".....	10
III.1.3. Uso de suelos en la Región Metropolitana.....	11
III.2. Tierra de Hojas.....	11
III.2.1. ¿Qué es la tierra de hojas?.....	11
III.2.2. Características de la materia orgánica.....	14
III.2.3. Propiedades de la Tierra de Hojas.....	15
III.3. Compostaje.....	16
III.3.1. Proceso de compostaje.....	16
III.3.1.1. Factores que condicionan el proceso.....	17
III.3.1.2. Etapas del proceso de compostaje.....	19
III.3.1.2.1. Fase de descomposición.....	19
III.3.1.2.2. Fase de estabilización o maduración.....	20
III.3.1.3. Microorganismos que participan en el compostaje.....	21
III.3.1.4. Métodos de compostaje.....	21
III.3.1.5. Tipos de residuos compostables y su comportamiento durante el proceso.....	22
III.3.2. Madurez y calidad del compost.....	24
III.3.3. Propiedades del compost.....	25
III.3.3.1. Aspecto físico.....	26
III.3.3.2. Aspecto biológico.....	26
III.3.3.3. Aspecto nutricional.....	27
III.3.4. Usos y Mercado del Compost.....	27



CAPÍTULO IV: EFECTOS AMBIENTALES DE LA EXTRACCIÓN DE TIERRA DE HOJAS Y EL USO DE COMPOST.....	29
IV.1. Efectos Ambientales de la extracción de Tierra de Hojas.....	29
IV.1.1. Efectos directos: por pérdida de materia orgánica.....	30
IV.1.2. Efectos directos: por metodología utilizada en el proceso.....	31
IV.1.3. Efectos indirectos de la extracción de Tierra de Hojas.....	32
IV.2. Beneficios Ambientales del Compostaje.....	35
IV.2.1. El compostaje como una alternativa de tratamiento de residuos orgánicos.....	35
IV.2.2. El Compost como producto.....	37
CAPÍTULO V: MARCO LEGAL.....	38
V.1. Normativa relacionada a la extracción de Tierra de Hojas.....	38
V.2. Normativa para la localización y funcionamiento de plantas de compostaje.....	39
V.2.1. NCh 2880:Of.2004 Norma chilena del compost.....	40
V.3. Normativa sobre Manejo de Residuos Orgánicos.....	41
CAPITULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
VI.1. Comparación de Tierra de Hojas y Compost.....	42
VI.1.1. Comparación a nivel del proceso de formación.....	42
VI.1.2. Comparación a nivel de las propiedades.....	42
VI.2. Situación Actual.....	44
VI.2.1. Extracción de Tierra de Hojas.....	44
VI.2.1.1. Lugares de Extracción.....	44
VI.2.1.2. Condiciones, Métodos de extracción y Formas de recolección de Tierra de Hojas.....	45
VI.2.1.3. Volumen de extracción de Tierra de Hojas.....	47
VI.2.1.4. Mercado y Comercialización de la Tierra de Hojas.....	48
VI.2.2. Producción de Compost.....	48
VI.2.2.1. Compostaje en Empresas Privadas.....	48
VI.2.2.1.1. Métodos utilizados para hacer Compost.....	50
VI.2.2.1.2. Materias Primas.....	51



VI.2.2.1.3. Volumen de producción anual de Compost.....	53
VI.2.2.1.4. Destino del Compost.....	54
VI.2.2.2. Compostaje a nivel municipal.....	54
VI.2.2.2.1. Métodos utilizados para hacer Compost.....	55
VI.2.2.2.2. Materias Primas.....	57
VI.2.2.2.3. Volumen de producción.....	58
VI.2.2.2.4. Destino del Compost.....	59
VI.2.2.3. Compostaje y la Norma chilena de Compost	
NCh2880:Of.20004.....	60
VI.2.2.4. Compostaje en el Parque Metropolitano.....	61
VI.3. Diagnóstico y Análisis.....	62
CAPÍTULO VII: CONCLUSION Y RECOMENDACIONES.....	69
VII.1. Conclusión.....	69
VII.2. Recomendaciones.....	70
CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA.....	71



INDICE DE TABLAS



Tabla 1.	Condiciones óptimas para un compostaje adecuado.....	18
Tabla 2.	Parámetros para definir el nivel de calidad del Compost Clase A o B según la Norma Chilena NCh. 2880:Of.2004.....	25
Tabla 3.	Requisitos Físicos y Químicos del Compost según la Norma NCh 2880:Of.2004.....	25
Tabla 4.	Características del proceso de formación de Tierra de Hojas y Compost.....	42
Tabla 5.	Acciones de la Tierra de Hojas y el Compost sobre los suelos y la vegetación, según sus propiedades.....	43
Tabla 6.	Lugares de extracción de Tierra de Hojas según INTEC (1999a)...	44
Tabla 7.	Lugares de extracción de Tierra de Hojas según Venegas & Gallardo (2001).....	45
Tabla 8.	Productores de Compost a nivel privado y volumen de producción anual.....	49
Tabla 9.	Características del proceso de compostaje en Empresas Privadas.....	51
Tabla 10.	Residuos utilizados actualmente en el sector privado para producir Compost y capacidad de carga anual.....	52
Tabla 11.	Volumen de producción de Compost a nivel privado.....	53
Tabla 12.	Mercado del Compost en la región Metropolitana.....	54
Tabla 13.	Características del proceso de compostaje a nivel municipal.....	56
Tabla 14.	Residuos utilizados para hacer Compost a nivel municipal.....	58
Tabla 15.	Volumen de producción de compost a nivel municipal.....	59

Tabla 16.	Clasificación de Compost según productores privados de acuerdo a la norma NCh 2880:Of.2004.....	60
-----------	---	----



INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Perfil hipotético de los Horizontes del Suelo.....	12
Figura 2.	Ecuación General de Compostaje.....	17
Figura 3.	Paisaje típico de un sector de extracción de Tierra de Hojas.....	40
Figura 4.	Ciclo de degradación del suelo.....	34
Figura 5.	Tierra de Hojas y Compost.....	43
Figura 6.	Zonas de extracción de Tierra de Hojas y Áreas Prioritarias de Biodiversidad identificadas por CONAMA RM.....	46
Figura 7.	Pilas de compostaje a nivel municipal.....	57



LISTA DE ABREVIATURAS

ACHM	Asociación Chilena de Municipalidades
INN	Instituto Nacional de Normalización.
M.O.	Materia Orgánica.
MOS	Materia Orgánica del Suelo.
PRMS	Plan Regulador Metropolitano de Santiago.
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero.
SNASPE	Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del estado.

RESUMEN

En la Región Metropolitana las superficies cubiertas por el bosque Esclerófilo se han visto amenazadas, además de otros factores, por la permanente extracción de tierra de hojas. Este material consistente en restos de hojas, ramas, cortezas, frutos y semillas de árboles, en distintos grados de descomposición en el suelo, es extraído de estos bosques generando un gran deterioro en el suelo, lo que se traduce en una aceleración de los procesos de desertificación y pérdida de biodiversidad. La tierra de hojas, sin embargo, sigue siendo explotada y comercializada a través de todo el país para su uso como mejorador de suelos y aún más, es una actividad que carece de una regulación directa. Los mayores consumidores de tierra de hojas son los municipios, los cuales en su mayoría, exigen en sus bases de licitación para la construcción y mantención de áreas verdes el uso de tierra de hojas como sustrato.

Una alternativa al uso de tierra de hojas es el compost, el cual contiene similares propiedades. El uso de compost en vez de tierra de hojas significa disminuir la demanda de ésta, y su fabricación a través del compostaje de residuos orgánicos, se presenta como una alternativa de tratamiento de estos residuos frente a la disposición en rellenos sanitarios pudiendo alargar la vida útil de estos últimos.

En la Región Metropolitana, existe una constante generación de residuos orgánicos posibles de compostar. A nivel municipal, del total de los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD), alrededor del 50% esta compuesto por residuos orgánicos. Según estimaciones realizadas por CONAMA RM, al año 2010 se generarán alrededor de 2.5 millones de toneladas de RSD al año, lo que trae consigo un alto costo para los municipios, los que deben finalmente financiar el servicio de disposición final de estos residuos, sin perjuicio de los impactos ambientales asociados a esta actividad. Por estos motivos, el uso de RSD orgánicos para producir compost, y su uso en vez de tierra de hojas, implican ahorros importantes para los municipios e importantes beneficios ambientales.

El uso de compost en reemplazo de tierra de hojas, sin embargo, sólo será factible si, además de regular de manera adecuada ambas actividades, se generan instancias de educación sobre ambos temas, para lo cual se hace necesario que exista una real colaboración de todos los actores que tienen competencia sobre ellos.

ABSTRACT

The areas covered by the Bosque Esclerófilo in the metropolitan region, are being decimated, among other factors, by the constant extraction of leaf mulch. The leaf mulch; consisting in leftovers of leaves, branches, bark and tree seeds in varied staged of decomposition is extracted from the forest floor generating a deterioration that translates in an accelerated process of desertification and loss of biodiversity. However, leaf mulch is being exploited and commercialized all through out the country as a improve soil, even more this activity is not directly regulated. The biggest consumers of leaf mulch are the municipalities which in the main, demand the use of leaf mulch as a requisite when contracting companies to build and maintain the landscape.

An alternative to the use of leaves soil is the use of compost, which contains similar properties. The use of compost instead of leaf mulch would alleviate the demand; would be an alternative for the treatment of organic residues, alleviate the overflowing of landfills and extend their useful life span.

The Metropolitan Region has a constant generation of organic residues useable for compost. At the level of municipalities, 50% of the total domestic solid residue is composed of organic residues. Based on estimates from CONAMA RM, in the year 2010 there will be 2.5 millions of tons of domestic solid residues generated per year, which brings with it a very high price for each municipality together with the consequences to the environment impact that this activity entails. That is why the use of this domestic organic residues to produce compost as well as the use of the compost to improve soil instead of leaf mulch; imply significant savings for each municipality as well as very important environmental improvements.

The use of compost over leaf mulch will only be feasible if; together with regulating both faces of the process there is an education program about them. This will only be possible with the cooperation of all competent parties involved.

CAPITULO I

INTRODUCCION

Históricamente en Chile, los bosques nativos han estado sometidos a una fuerte intervención por parte del ser humano, ya sea por la explotación del recurso forestal, habilitación de terrenos para la agricultura y ganadería, construcción de ciudades, etc., lo que ha causado una reducción considerable de su superficie, y generado un importante deterioro del medio ambiente.

Un ejemplo de esta situación se presenta en la Región Metropolitana, donde las superficies de bosque nativo, dominado por vegetación de tipo Matorral y Bosque Esclerófilo, han ido disminuyendo notoriamente, en gran medida, producto de la intensa presión antropogénica a la cual se han visto expuestas, limitando su distribución a las zonas de la Cordillera de los Andes y Cordillera de la Costa.

Parte de esta fuerte presión antropogénica pasa por la explotación de recursos no madereros que se obtienen de este tipo forestal. Dentro de este tipo de recursos, como hojas de boldo, corteza de Quillay, leña y carbón de espino, plantas medicinales, entre otros, existe la llamada "Tierra de Hojas".

Comúnmente se le llama "Tierra de Hojas" a aquel material que contiene restos de hojas, ramas, cortezas, frutos y semillas de árboles, que se encuentran en distintos grados de descomposición y que se usa como sustrato aplicable al suelo tanto en agricultura como en la construcción y mantenimiento de áreas verdes, jardines y casas particulares.

En la naturaleza, este material aporta nutrientes y compuestos orgánicos que por procesos naturales de descomposición y mineralización, pasan a constituir los horizontes orgánicos y orgánico mineral del suelo. Estos primeros horizontes contienen la principal fuente para el mantenimiento de los bosques puesto que es en ellos donde se acumula la materia orgánica y por lo tanto la energía almacenada para estos ecosistemas.

La extracción de tierra de hojas consiste básicamente en el retiro de este material, y con él, los primeros horizontes del suelo. Esta extracción carece de algún tipo de regulación directa, por lo que el manejo que se hace de ella es generalmente falto de responsabilidad, de manera indiscriminada, y en la mayoría de los casos con

insuficiente fiscalización provocando graves impactos ambientales a corto y largo plazo.

La tierra de hojas, comercializada en forma clandestina para su utilización como sustrato, a través de todo el país, puede ser reemplazada por el compost como material mejorador de suelos, el cual se obtiene del proceso de compostaje.

En la literatura se pueden encontrar muchas definiciones de compostaje, las cuales varían en cuanto al enfoque, prioridades y especificaciones.

Según Roca (2003), el compostaje es "un sistema de tratamiento/estabilización de los residuos orgánicos basado en una actividad microbiológica compleja, realizada en condiciones controladas (presencia asegurada de oxígeno -aerobiosis- y con alguna fase de alta temperatura) en las que se obtiene un producto utilizable como abono, enmienda o sustrato".

Según el SAG (1998), el compostaje es un proceso biológico que permite reciclar la materia orgánica, transformándola en un abono orgánico denominado "compost".

Según INN (2004), el compostaje es un proceso donde los residuos orgánicos biodegradables se descomponen mediante una oxidación bioquímica, bajo condiciones controladas, generando CO₂ y H₂O, energía calórica y, materia orgánica estabilizada o compost.

Cualquiera sea su definición, el resultado del proceso es un producto estable y sanitizado llamado compost y que puede utilizarse para acondicionar un suelo.

En agricultura, era habitual utilizar estiércoles y turbas como fuente de materia orgánica aplicable a los suelos, con el fin de mejorar la capacidad productiva de las tierras de cultivo, su fertilidad. Hoy en día, estas fuentes de materia orgánica se han ido reemplazando por la utilización de compost.

En la actualidad, el compost no solo se fabrica para su uso en agricultura, sino también para su utilización en áreas verdes, jardines y casas de sectores urbanos y rurales. El creciente interés por tratar los residuos orgánicos para obtener compost se debe no sólo a la aparición de este nuevo mercado, sino también, a las nuevas tendencias ecológicas y a las elevadas cantidades de residuos que se generan en los procesos agrícolas, agroindustriales y urbanos, entre otros.

En la Región Metropolitana existe una constante generación de residuos orgánicos provenientes de agroindustrias y residuos orgánicos provenientes de los residuos sólidos domiciliarios, que pueden ser compostados. Respecto a estos últimos, según CONAMA RM (2005) alrededor del 50% de los residuos sólidos domiciliarios esta compuesto por residuos orgánicos.

Los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD), en general, comprenden los residuos generados en viviendas y en establecimientos tales como: edificios habitacionales, locales comerciales, locales de expendio de alimentos, hoteles, establecimientos educacionales, oficinas, cárceles, y residuos provenientes de podas y ferias libres.

Los RSD totales generados (orgánicos e inorgánicos) tiene una doble componente, por un lado una fracción que sigue su curso a un relleno sanitario y otra que sigue su curso a reciclaje.

En Chile, el tratamiento de los RSD está normado por un conjunto heterogéneo de leyes, decretos-leyes, reglamentos y disposiciones, teniendo competencia sobre su gestión y control, un conjunto amplio de ministerios y entidades públicas. El Ministerio del Interior responsabiliza de forma privativa a los municipios de la gestión completa de los RSD, así como de la de los residuos generados en las vías públicas y lugares de esparcimiento colectivos. Esto implica que son los propios municipios los que deciden la forma en que sus residuos serán gestionados, decisión que considera la inclusión o no de sistemas de recolección selectiva para el reciclaje de ellos, y la elección de sistemas de tratamiento y de disposición final.

Actualmente, en la Región Metropolitana, los RSD generados son dispuestos, en su mayoría, en rellenos sanitarios o vertederos ilegales. La generación de RSD, en esta región, se estima alcanzo en el año 2003, cerca de 197.800 toneladas mensuales. Según CONAMA RM (2005), de continuar con el incremento promedio generado de los RSD en los últimos 5 años, en el año 2010 se generaran alrededor de 2.5 millones de toneladas al año, lo que trae consigo un alto costo para los municipios, los que deben finalmente financiar el servicio de recolección, transporte y disposición final de estos residuos, con los consecuentes impactos ambientales que se encuentran asociados a esta actividad.

Sin embargo, hay cada vez más municipios en la Región Metropolitana que están incorporando el reciclaje dentro de sus contratos con las empresas que realizan

la limpieza de la comuna. Es un hecho, que el reciclaje es la opción económicamente más conveniente para la gestión de los RSD, comparada con la actividad de disposición final en relleno sanitario. Con la opción de enviar los residuos a reciclaje y no disponerlos en rellenos sanitarios, no sólo se evita el costo directo de su disposición, sino también se evitan sus costos ambientales.

Esto es aplicable a los residuos orgánicos, siendo el compostaje un sistema de tratamiento que permite no sólo reciclar la materia orgánica contenida en los residuos y disminuir el porcentaje de estos que va a rellenos sanitarios, sino también se logra obtener un producto comerciable y aplicable al suelo como acondicionador.

Actualmente, los mayores consumidores de tierra de hojas en la Región Metropolitana son los municipios. La mayoría de ellos aún exigen en sus bases de licitación para la construcción y mantención de áreas verdes el uso de tierra de hojas como abono.

En este contexto, CONAMA RM requiere un estudio que compare el uso de tierra de hojas v/s compost, con el objeto de disminuir el consumo de tierra de hojas y promover la utilización de compost a nivel municipal, incentivando al mismo tiempo, el reciclaje de los RSD orgánicos, lo cual se inserta dentro de la agenda ambiental país 2004-2006, que contempla el reciclar un 20% de los RSD (actualmente se recicla un 9%), con el fin de promover el manejo integral de los residuos sólidos.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un estudio de las ventajas ambientales del uso de compost sobre el uso de tierra de hojas, que permita promover y difundir el reciclaje de residuos orgánicos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Realizar una caracterización y comparación de tierra de hojas y compost, de acuerdo a su origen y uso.
2. Identificar y analizar los efectos ambientales asociados a los procesos de extracción de tierra de hojas y compostaje.
3. Recopilar la información necesaria para elaborar un diagnóstico acerca de la situación de extracción de tierra de hojas y del uso de compost en la Región Metropolitana.
4. Sentar las bases para la elaboración de una propuesta de líneas de acción a partir de los resultados obtenidos.

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

De acuerdo a los objetivos planteados, en primera instancia, se procedió a la recopilación de literatura respecto a tierra de hojas y compost, cuya información útil fue posteriormente revisada y sistematizada. A partir de la información obtenida se realizó una tercera etapa de investigación sobre la situación actual de la tierra de hojas y el compost en la Región Metropolitana, para finalmente realizar un diagnóstico general sobre ambos productos y su mercado y comercialización en esta región.

De esta manera, para dar cumplimiento del objetivo 1 se recopiló información bibliográfica a partir de publicaciones y documentos entregados por CONAMA RM, textos universitarios (libros y apuntes), memorias de título y tesis universitarias y, material de Internet, para posteriormente utilizarla en la elaboración de tablas comparativas.

Para dar cumplimiento del objetivo 2, respecto a los efectos ambientales asociados a la extracción de tierra de hojas, la información al respecto fue obtenida a partir de publicaciones y documentos entregados por CONAMA RM, libros universitarios y publicaciones científicas.

En cuanto a la información sobre los efectos ambientales, tanto de la producción y uso de compost, como del tratamiento de residuos por la vía del compostaje, esta fue recopilada de publicaciones y documentos entregados por CONAMA RM, publicaciones científicas, memorias de título y tesis universitarias.

Para dar cumplimiento al objetivo 3, la investigación sobre la situación actual de tierra de hojas y compost se dividió en dos tópicos; la situación actual a nivel privado y la situación actual a nivel municipal, existente en la Región Metropolitana.

Puesto que la investigación referente a la actividad de extracción de tierra de hojas requiere de mayor tiempo que el dispuesto para la realización de esta memoria; esta se limitó a la revisión de últimos estudios al respecto.

En cuanto a la elaboración de compost y usos a nivel privado en la actualidad, se realizaron visitas a las empresas (grandes y pequeñas) que realizan compostaje o que cuentan con sistemas de compostaje en la Región Metropolitana. En estas empresas se realizaron entrevistas (semiestructuradas) las cuales contaron con apoyo fotográfico y el uso de una grabadora. En algunos casos también se visitaron algunas empresas que realizan compostaje ubicadas en las regiones V y VI, debido a que el compost que producen tiene como destino final la Región Metropolitana.

En relación a la situación actual de uso de tierra de hojas, del manejo de los residuos sólidos domiciliarios y usos y elaboración de compost a nivel municipal, se obtuvo información a través de investigaciones paralelas a esta memoria desarrolladas por Coble (2006) y Garrido (2007). Así mismo, basado en la información obtenida, se realizaron visitas y entrevistas (semiestructuradas), a algunos municipios que actualmente tratan sus residuos sólidos domiciliarios orgánicos por la vía del compostaje. La elección de los municipios visitados se basó en el método de compostaje utilizado.

Complementario a la investigación sobre la situación actual de tierra de hojas y compost, se realizó una visita al Departamento de Parques y Jardines del Parque Metropolitano, puesto que éste, cuenta con un sistema de compostaje de residuos provenientes del mismo parque. En esta visita se realizó una entrevista (semiestructurada) utilizando como guía la encuesta realizada a los productores de compost a nivel privado.

Finalmente, para complementar la información presentada y elaborar un diagnóstico global, se realizó una revisión del marco legal asociado a tierra de hojas y compost. En cuanto a tierra de hojas se realizó una entrevista a Don Mario Gallardo, Encargado Regional de la Protección de los Recursos Naturales Renovables de la Región Metropolitana del SAG y se revisaron leyes, decretos y normas, además de apoyo bibliográfico de documentos entregados por CONAMA RM. En el caso del compost, la información se obtuvo de documentos entregados por CONAMA RM, y de la revisión de decretos y normas, incluyendo tanto lo relacionado con la producción de compost como lo referente al manejo de residuos sólidos orgánicos.

CAPITULO III

ANTECEDENTES DE TIERRA DE HOJAS Y COMPOST

III.1. Antecedentes sobre el Bosque Nativo

III.1.1. BOSQUE NATIVO Y EL SISTEMA NACIONAL DE AREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DEL ESTADO (SNASPE)

Los bosques nativos de Chile son considerados como una isla desde una perspectiva biogeográfica. (Armesto y col., 1996) Barreras geográficas y climáticas modelan una extensa y estrecha banda de territorio, lo que ha dado lugar a niveles muy elevados de endemismo (Arroyo y col., 1993; Villagrán, 1995)

Dada la compleja fisonomía del paisaje y la diversidad del clima, Chile exhibe una enorme heterogeneidad en los tipos de bosques. (Baldini & Pancel, 2002) De acuerdo con la estructura y composición del estrato dominante, Donoso (1981), propuso la tipificación de las formaciones arbóreas de Chile en 12 tipos forestales: Alerce, Araucaria, Ciprés de la Cordillera, Ciprés de las Guaitecas, Coihue de Magallanes, Coihue-Raulí-Tepa, Esclerófilo, Lenga, Palma Chilena, Roble-Hualo, Roble-Raulí-Coihue y Siempreverde.

Posteriormente, sobre el carácter de las formas de vida, sus adaptaciones, estructura espacial, composición florística, origen fitogeográfico y aspectos ambientales más relevantes Gajardo (1994), clasificó a la vegetación natural de Chile en 8 regiones vegetacionales: Desierto, Estepa Alto-Andina, Matorral y Bosque Esclerófilo, Bosque Caducifolio, Bosque Laurifolio, Bosque Andino-Patagónico, Bosque Siempreverde y Turberas, y Estepa Patagónica.

Tomando en cuenta esta clasificación, Luebert y Pliscoff (2006) plantearon la necesidad de incluir en ella, el principal factor ecológico a escala regional que influye sobre las comunidades vegetacionales: el clima. De esta manera se establecieron 17 formaciones vegetales dentro de las cuales se reparten 127 pisos de vegetación. Estos últimos corresponden a espacios caracterizados por un conjunto de comunidades vegetales zonales con estructura y fisonomía uniforme, situadas bajo condiciones

mesoclimáticamente homogéneas, que ocupan una posición determinada a lo largo de un gradiente de elevación, a una escala espacio-temporal específica.

De las 17 formaciones vegetales se pueden destacar el Matorral Esclerófilo y el Bosque Esclerófilo, los cuales incluyen 2 y 8 pisos de vegetación respectivamente.

Otra clasificación de los bosques nativos divide estos en bosque productivo comercial, bosque productivo potencial, bosque de protección, y bosques del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). (FIA, 2001) Estas últimas corresponden a aquellos ambientes naturales, terrestres o acuáticos que el Estado protege y maneja para lograr su conservación, mediante la creación de parques y reservas nacionales, y monumentos naturales. (CONAF, 2005)

Según el análisis de representatividad en el SNASPE, de los diferentes pisos de vegetación, realizado por Luebert y Pliscoff (2006), la mayor parte de la superficie incluida en las áreas protegidas actuales y propuestas corresponde a áreas remanentes, es decir áreas donde la vegetación natural ha sido totalmente reemplazada por cultivos agrícolas, praderas ganaderas, plantaciones forestales y áreas urbanas e industriales.

El SNASPE cuenta actualmente con 145.061 Km² correspondientes al 19,2% de la superficie de Chile continental. Sin embargo, sin contar las superficies protegidas que se encuentran sobre campos de hielo u otros sin vegetación vascular, y los pisos de vegetación que se encuentran sobre áreas totalmente reemplazadas, la cobertura vegetal efectiva del SNASPE es de 93.519 Km² lo que corresponde al 12,35% de la superficie del territorio de Chile continental. (Luebert y Pliscoff, 2006)

Solamente 2 pisos de vegetación se encuentran dentro del SNASPE en más del 90%, y pertenecen a las formaciones vegetales de Matorral siempreverde y Matorral bajo de altitud. Por otro lado, 86 de los 127 pisos de vegetación presentan menos del 10% de su superficie remanente actual bajo protección, 25 de los cuales no presentan cobertura del SNASPE. Dentro de estos últimos, 1 pertenece a la formación vegetal Matorral Esclerófilo y 2 a Bosque Esclerófilo. (Luebert y Pliscoff, 2006)

III.1.2. "BOSQUE ESCLERÓFILO"

El bosque Esclerófilo ha sido definido como aquel que se encuentra representado por la presencia de a lo menos una o la asociación de varias de las especies como *Lithrea caustica* (Litre), *Quillaja saponaria* (Quillay), *Cryptocaria alba* (Peumo), *Acacia caven* Espino, *Peumus boldus* Boldo, y otras especies de similar distribución geográfica. (Serra, 1992)

Según la clasificación de Gajardo (1994), este tipo de bosque pertenece a la Región del Matorral y Bosque Esclerófilo la cual se extiende a través de la zona central de Chile y cuya característica física dominante, es la presencia de condiciones climáticas del tipo denominado mediterráneo, es decir, inviernos fríos y lluviosos con veranos cálidos y secos. Es una región con una alta diversidad vegetacional, donde predominan los arbustos altos de hojas esclerófilas, pero también se encuentran arbustos bajos xerófitos, arbustos espinosos, suculentas y árboles esclerófilos y laurifolios con gran desarrollo en altura.

La esclerofilia se caracteriza por hojas de consistencia coriacea (similar al cuero), interpretada por algunos especialistas como una forma de reducir la hervivoría. (Serra 1992)

Los paisajes vegetales de la Región del Matorral y Bosque Esclerófilo son bastante complejos y una de sus razones se debe a que es la parte del territorio nacional que tiene la mayor densidad de población, lo cual se refleja en un alto grado de alteración de las comunidades vegetales. (Gajardo, 1994)

Según Luebert y Pliscoff (2006), 3 de las 17 formaciones vegetales establecidas en el país, incluyen especies esclerófilas; Bosque espinoso, Matorral Esclerófilo y Bosque Esclerófilo. La distribución de estas especies van desde el sur del Río Aconcagua (ca. 33°S) hasta aproximadamente los 38°S donde los bosques Esclerófilos de Quillay son reemplazados por Bosques caducifolios que marcan la transición hacia la zona de clima Templado.

III.1.3. USO DE SUELOS DE LA REGION METROPOLITANA.

La superficie de la Región Metropolitana alcanza un total de 1.550.657,8 hectáreas. Según el estudio realizado por CONAF-CONAMA-BIRF (1999), de estas, los bosques cubren sólo un 6.3% del total (98.410,8 ha.).

De las 98.410,8 ha. de bosque en la Región Metropolitana, 93.454,0 ha (95,0%) corresponden a Bosque Nativo, por otro lado están las plantaciones forestales con un 5.0% de la superficie total de bosque de la región y los bosques mixtos con un 0,1%. (Apéndice 1, Cuadro 1). Estos tres tipos de bosque, presentes en la Región Metropolitana, se concentran principalmente en la Provincia de Melipilla.

En cuanto a porcentaje de bosque nativo por provincia, el mayor porcentaje se da en la provincia de Melipilla, la cual cubre un 63.6 % del bosque nativo de la región, seguida de Maipo con un 11,0 % y Santiago con un 9.2 %. (Apéndice 1, Cuadro 2) (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999)

A nivel comunal, Alhue, con 22591.1 ha (24,2%), posee la mayor superficie de bosque nativo de la región, seguido de las comunas de Melipilla, Curacaví y Paine (16,0%, 13,9% y 10,7% respectivamente). (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999)

Bajo la clasificación de la vegetación nativa propuesta por Donoso (1981), el tipo forestal más representado es el Esclerófilo, puesto que corresponde al 92,9% del total de bosques nativos de la Región, lo siguen el Roble-hualo con un 7,0% y Ciprés de la cordillera con un 0,1% del total del bosque nativo. (Apéndice 1, Cuadro 3). (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999)

III.2. Tierra de Hojas

III.2.1. ¿QUE ES LA TIERRA DE HOJAS?

Cuando la vegetación aparece sobre el suelo, la actividad de las raíces y de los microorganismos que se asocian a ellas, forman la primera fuente de los compuestos orgánicos que constituyen la materia orgánica de éste. (Lienlaf, 1996) Durante los procesos de formación del suelo, la presencia de materia orgánica en descomposición es un signo de que se han iniciado los procesos de síntesis. (INTEC, 1999a)

Según Honorato (2000), el suelo esta formado por diferentes horizontes (Figura 1). Los horizontes más superficiales corresponden a los horizontes orgánicos. La escuela norteamericana distingue dos horizontes orgánicos principales, O1 y O2. En el primero, los componentes orgánicos originales, como ramas, ramillas, hojas, corteza, frutos que caen al suelo, -comúnmente llamado hojarasca-, se distinguen a simple vista y están esencialmente inalterados. El horizonte O2 es rico en deyecciones de la fauna del suelo, esta bajo el horizonte O1 y ya no se reconocen a simple vista sus componentes orgánicos originales, los que se encuentran en vías de descomposición. Este horizonte se subdivide de acuerdo al grado de descomposición de la materia orgánica (M.O.) en F (M.O. parcialmente descompuesta) y H (M.O. humificada). Esta última consiste en gran parte en materia orgánica amorfa mezclada con material mineral, por lo cual algunos la asocian con el horizonte mineral A1. (Honorato, 2000)

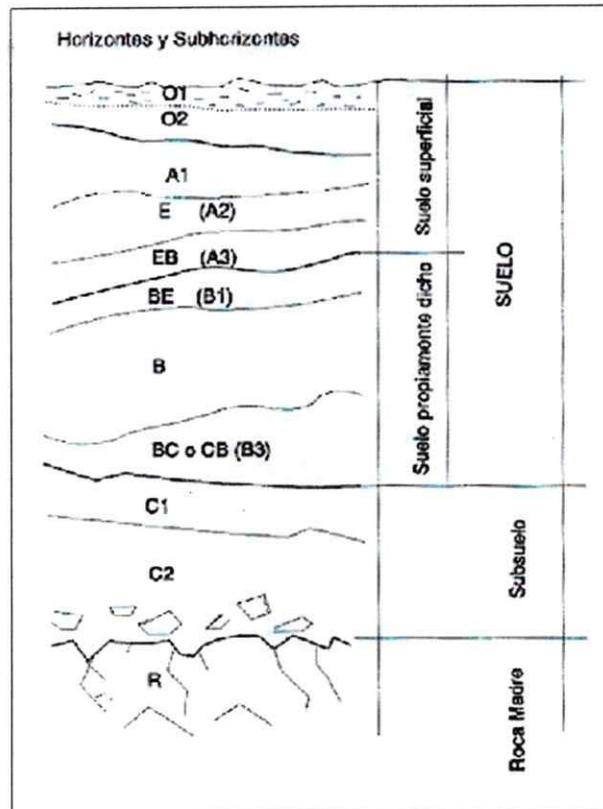


Figura 1
Perfil hipotético de los horizontes del suelo. O1 y O2: Horizontes orgánicos; A1: Horizonte mineral; E: Horizonte eluvial; B: Horizonte mineral; C: Horizonte mineral de material no consolidado; R: Capa de roca continua endurecida.
 Fuente: Honorato (2000).

El concepto central del horizonte mineral A1 es de acumulación de materia orgánica humificada íntimamente asociada con las partículas minerales. El material orgánico descompuesto aparece mezclado con el material mineral debido a la actividad biológica. (Honorato, 2000)

La hojarasca y los otros horizontes cuyos componentes orgánicos se encuentran en un estado variable de descomposición sobre la superficie del suelo mineral, forman lo que se denomina el piso del bosque o piso forestal. El desarrollo de este último resulta de la acumulación de hojarasca, la cual aporta la materia orgánica al suelo. (Honorato, 2000)

Por lo general existe un aporte continuo de hojarasca durante todo el año al suelo forestal, sin embargo, la cantidad de estos materiales que cae anualmente depende del tipo de vegetación y del sitio donde ella se encuentra. Lienlaf (1996) da cuenta de aportes continuos de hojarasca durante el año en pisos forestales de Litre, Peumo y Quillay, concentrándose los mayores aportes en los meses de noviembre, diciembre y enero.

La producción en un sitio respecto a otro esta condicionado por el clima, la latitud, la altitud y la exposición. En el caso de la latitud, la producción anual decrece en función de esta, las máximas producciones se encuentran en altitudes entre 250-350 m.s.n.m. y en el caso de la exposición la mayor producción se da en laderas de exposición NE y la menor en laderas de exposición SO. (INTEC, 1999a)

La hojarasca que es aportada continuamente al suelo, junto con los horizontes orgánicos y horizonte mineral A1, constituyen la llamada "Tierra de Hojas". Flores y Krogh (1991), afirman que, "la tierra de hojas es todo aquel material vegetal colectado de hojas de la capa superior del suelo, es decir, la capa orgánica formada por la hojarasca no descompuesta, y el horizonte conformado de elementos orgánicos y minerales, donde el humus es constantemente incorporado".

La tierra de hojas es un recurso no maderero que generalmente se obtiene de suelos bajo especies nativas del tipo forestal Esclerófilo. Debido al alto contenido de materia orgánica presente, este recurso se usa como sustrato mejorador de suelos tanto en agricultura como en la construcción y mantenimiento de áreas verdes, jardines y casas particulares. (INTEC, 1999a)

III.2.2. CARACTERISTICAS DE LA MATERIA ORGANICA.

La dinámica de los procesos de transformación de la materia orgánica, y por lo tanto del proceso de formación de tierra de hojas, está regulada por la temperatura, la humedad, los niveles de oxígeno, la textura del suelo y el tipo de vegetación, entre otros factores. (Varnero, 2001) (Apéndice 2)

La materia orgánica del suelo (MOS), se encuentra distribuida en los diferentes horizontes mencionados anteriormente. Esta, es un constituyente esencial del sistema edáfico ya que por su constitución y propiedades es la responsable directa de la mayoría de los procesos, físico-químicos y biológicos del suelo y es la fuente de energía para el mantenimiento de los bosques. (Aguilera, 2000)

En general, la MOS se puede dividir en biótica y abiótica. La MOS biótica está constituida por los distintos organismos vivos presentes en el suelo como microfauna protozoaria, microfauna de animales superiores (nemátodos, lombrices, etc.) y los microorganismos (Aguilera, 2000). Representa menos de un 5% del total de la materia orgánica del suelo (Varnero, 2001). Sin embargo, es una de las fracciones más importantes, ya que es la responsable de toda la actividad que da lugar a la disponibilidad de nutrientes, la génesis del suelo y todo proceso activo entre los componentes de éste. (Aguilera, 2000). Las bacterias, actinomicetes y hongos se consideran generalmente como los principales microorganismos responsables de la descomposición de la materia orgánica en el suelo. (Costa y col., 1995)

La MOS abiótica por su parte, corresponde a la mayor parte de la materia orgánica del suelo y está constituida por una parte más lábil y disponible como fuente energética y nutriente, y una parte polimérica, compleja y estable que corresponde al llamado humus. (Aguilera, 2000).

La parte lábil que representa entre un 10 a un 15% de la MOS, corresponde a residuos animales y vegetales en distinto grado de descomposición pero que mantiene las características químicas de su material de origen (Ej: hidratos de carbono, celulosa, hemicelulosa, ligninas, proteínas, ácidos grasos, etc). (Aguilera, 2000). Los residuos animales y vegetales constituyen la fuente original de materia orgánica del suelo. (INTEC, 1999a)

El humus representa aproximadamente el 85% de la M.O. en el suelo. Este se obtiene por las transformaciones bioquímicas y biológicas de los aportes frescos de

materiales orgánicos al medio edáfico, donde en forma simultánea ocurren dos procesos: la descomposición biológica o mineralización de las fracciones orgánicas lábiles y la síntesis de complejos orgánicos estables o humificación. En la naturaleza el material húmico obtenido se encuentra en un estado de equilibrio dinámico y constituye un reservorio de sustancias orgánicas. (Varnero, 2001)

III.2.3. PROPIEDADES DE LA TIERRA DE HOJAS.

Puesto que la tierra de hojas es un material que se obtiene de la extracción de la hojarasca y los horizontes orgánicos del suelo, ésta otorga a los suelos donde sea aplicada las propiedades de la materia orgánica que contiene.

Según Costa y col. (1995), la materia orgánica en general y el humus en particular están íntimamente ligados a la fertilidad del suelo y al desarrollo vegetal mediante una serie de acciones de naturaleza física, químico-física, química y biológica que ejercen sobre el suelo, así como otras de tipo fisiológico que efectúan sobre la vegetación.

En el suelo por ejemplo, la materia orgánica actúa en la solubilización de minerales (INTEC, 1999a), y las sustancias húmicas pueden fijar químicos y actuar como vehículo para la movilización, transporte e inmovilización de herbicidas, pesticidas o aceites. (Aguilera, 2000).

La capacidad amortiguadora de la materia orgánica es otra característica, puesto que permite al suelo protegerse del impacto de cambios bruscos de pH como pueden ser alcalinización o acidificación excesivas (Aguilera, 2000).

La materia orgánica del suelo es fuente de energía para los procesos biológicos heterótrofos; es fuente primaria de nutrientes como N, P y K, y es uno de los principales responsables de la disponibilidad de macro y micronutrientes, los cuales son almacenados en el humus que actúa como un reservorio. (Aguilera, 2000; Roca, 2003).

El humus, le otorga al suelo propiedades físicas importantes como la regulación térmica del sistema; la capacidad de retención de agua por la formación de puentes de hidrógeno entre los polímeros orgánicos constituyentes del humus y el agua y; la

agregación de partículas de suelo (aumento de la porosidad), favoreciendo la aireación y el drenaje. (Suter, 1997; INTEC, 1999a; Roca, 2003)

Debido a estas propiedades de naturaleza física, es que el humus es considerado un mejorador de suelos y promotor de la estructura. (Roca, 2003)

En las plantas, el humus estimula la germinación de semillas, promueve el crecimiento y desarrollo de raíces y pelos radiculares, estimula la absorción de agua al aumentar la permeabilidad de las membranas de las raíces y estimula la absorción de nitrógeno entre otras acciones. (Costa y col., 1995)

III.3. Compostaje

III.3.1. PROCESO DE COMPOSTAJE

El proceso de formación de compost o compostaje es una técnica utilizada desde hace mucho en la agricultura consistente en el apilamiento de los residuos orgánicos de la casa, excrementos animales y restos de cosecha, para descomponerlos y transformarlos en un producto estable, fácilmente manejable y aprovechable como mejorador de suelo. (INTEC, 1999b)

El compostaje, como proceso aerobio, trata de imitar en forma parcial los cambios que sufre la materia orgánica en la naturaleza, puesto que al igual que en un proceso natural, en el compostaje los residuos orgánicos se someten a una serie de transformaciones por acción de microorganismos.

Pese a ser un proceso biológico, requiere una intervención humana puesto que para que el proceso se desarrolle correctamente, se deben favorecer las condiciones que hacen posible el desarrollo de los organismos que lo llevan a cabo. (Varnero, 2001)

El compostaje, es un proceso biooxidativo y exotérmico. Durante el proceso, los residuos orgánicos son parcialmente mineralizados a sus constituyentes básicos inorgánicos, tales como nitrógeno, fósforo, azufre, entre otros; y, aquella fracción más resistente que no sufrió alteraciones, es humificada, originando "humus". (Contreras,

2004) Conduce a la producción de dióxido de carbono, agua, minerales, y, por último, a una materia orgánica estabilizada. (Costa y col., 1995) Se puede resumir a través de una ecuación general. (Figura 2)



Figura 2

Ecuación General de Compostaje. En el proceso de compostaje el material biodegradable sufre una descomposición aeróbica en presencia de agua. El carbono es oxidado obteniendo como producto CO₂, H₂O, energía en forma de calor y materia orgánica estabilizada. Fuente: Lemus (2006)

La palabra *compost* viene del latín componer (juntar). El compost, resultante del proceso de compostaje, contiene materia orgánica estabilizada, donde no se reconoce su origen, libre de patógenos y libre de semillas. Al ser aplicado al suelo, mejora sus características físicas, químicas y biológicas. (Céspedes, 2004)

III.3.1.1. Factores que condicionan el proceso

En el proceso de compostaje el principio básico más importante es el hecho de que se trata de un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, y por tanto, se ve afectado por todos los factores que afectan su desarrollo. (Avendaño, 2003) En él se debe pretender la realización correcta de las transformaciones biológicas junto con la optimización de todos los factores y parámetros condicionantes. Esta última será factible si se controlan dichos parámetros. (Costa y col., 1995)

Según INTEC Chile (1999b), los factores considerados en la formación de compost, son el clima, tiempo, materia prima y medidas de manejo o también llamada ingeniería de proceso.

En el caso de la materia prima, se incluyen todas las variables relacionadas con las proporciones óptimas de nutrientes, carbono y nitrógeno. En cuanto a los factores asociados con las medidas de manejo, la Tabla 1 muestra los rangos aceptables y tolerables de algunos de estos factores según Contreras (2004).

Tabla 1: Condiciones óptimas para un compostaje adecuado.

Condición	Rango aceptable	Rango óptimo
Relación C/N	20:1 – 40:1	25:1 – 30:1
Contenido de humedad (%)	40 – 65	50 – 60
Concentración de oxígeno (%)	> 5	>> 5
Tamaño de partículas (diámetro cm.)	0,32 – 1,30	Varía según material y tamaño de la pila
pH	5,5 – 9,0	6,5 – 8,0
Temperatura (°C)	45 - 65	55 - 60

Fuente: Contreras (2004)

Dentro de estos factores la temperatura es considerada el más importante. Según la Norma chilena de Compost, el objetivo del compostaje es lograr que la actividad de múltiples poblaciones de microorganismos trabajen en condiciones mesotérmicas entre 10°C y 40°C y termogénicas entre 40°C y 75°C para asegurar la pasteurización del compost. Esta última se obtiene cuando se tienen temperaturas \geq 55°C por a lo menos 3 días consecutivos en una pila de compost. (INN, 2004)

El pH se encuentra ligado a la temperatura pues los niveles de pH se elevan hasta aproximadamente 8 a 8.5 como consecuencia de la formación de amoníaco, lo cual coincide con el máximo de actividad de la fase termófila. (Avendaño, 2003)

El consumo de oxígeno es directamente proporcional a la actividad microbiana y por tanto existe una relación directa entre éste y la temperatura. Por otro lado, se debe señalar que la presencia de oxígeno es esencial dado que el compostaje corresponde a un proceso aeróbico. Si los microorganismos aerobios no tienen suficiente oxígeno serán sustituidos por microorganismos anaerobios y el proceso de descomposición cambia de aeróbico a anaeróbico con el consiguiente retardo y producción de H₂S en el medio. (Costa y col., 1995)

La humedad está íntimamente relacionada con la aireación pues el aire de los intersticios es desplazado por el agua, pudiendo alterar el estado de agregación y estructura del material de partida (Costa y col., 1995) y provocar menor disponibilidad de oxígeno generando un ambiente anaeróbico. (Avendaño, 2003)

Respecto a la relación C/N, de los muchos elementos requeridos para la descomposición microbiana, el carbono y el nitrógeno son los más importantes y son

los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. El carbono proporciona una fuente de energía y constituye aproximadamente el 50% de la masa de las células microbianas. El nitrógeno, por su parte, es un componente crucial de las proteínas, de los ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas y de las coenzimas necesarias para el crecimiento y la funcionalidad de las células. (Avendaño, 2003)

Por último, como el compostaje es un proceso oxidativo aerobio, la relación superficie/volumen de las partículas tiene una influencia directa en la forma y velocidad de la degradación. (Costa y col., 1995). El tamaño de partículas es inversamente proporcional a la velocidad de compostación. (Contreras, 2004)

Es necesario señalar que resulta difícil definir niveles óptimos de estos parámetros sin tener en cuenta el sistema de compostaje empleado. El control de estos parámetros dependerá del sistema que se utilice. (Costa y col., 1995) Además del sistema utilizado, las condiciones óptimas estarán influenciadas por las condiciones ambientales y el tipo de residuo a tratar. (Avendaño, 2003)

III.3.1.2. Etapas del proceso de compostaje

En todo proceso de compostaje se diferencian a grandes rasgos, dos etapas, la descomposición y la maduración, cuya separación se hace evidente sobretodo por una variación de la temperatura del proceso. (Roca, 2003)

III.3.1.2.1. FASE DE DESCOMPOSICION

Llamada también fase de compostaje, esta etapa se caracteriza por una gran actividad de los microorganismos como consecuencia de tener a su alcance gran cantidad de compuestos fácilmente biodegradables, procedentes de los materiales de partida. (Costa y col., 1995)

Se distinguen tres periodos distintos dentro de esta fase: **Mesotérmico, Termofilico, y de enfriamiento.**

En el **Periodo Mesotérmico**, como consecuencia de la actividad metabólica de los microorganismos la temperatura se eleva considerablemente alcanzando a los pocos días los 40° C. (Costa y col., 1995) Se considera que la masa de compost está

en una fase mesófila cuando posee una temperatura que se encuentra entre 25° C y 40° C. (Antileo, 2002)

En el **Periodo Termofilico**, las temperaturas van desde los 40 a 70° C. El material más difícil de descomponer comienza a ser degradado. (Costa y col., 1995) Esta fase es considerada la más importante en el proceso de compostaje, producto de la cantidad de microorganismos presentes por gramo de compost, la eliminación de organismos patógenos y la rapidez en la descomposición de la materia orgánica. (Antileo, 2002) Normalmente en esta etapa, se logran destruir semillas de malezas, esporas de hongos y algunas fitotoxinas que, de no ser destruidas, significarían un problema al adicionar el compost al suelo (Avendaño, 2003)

En el **Periodo de enfriamiento**, conforme los materiales se consumen, la reacción se ralentiza y el calor que se genera es menor que el que se pierde, comenzándose a enfriar la masa. La temperatura decrece hasta alcanzar la del medio ambiente. (Costa y col., 1995)

III.3.1.2.2. FASE DE ESTABILIZACION O MADURACION.

La estabilización de la materia orgánica está acompañada por una serie de cambios metabólicos. Es una etapa de síntesis anabólica y de polimerización, en la cual se producen sustancias de tipo húmicas en forma predominante. (Costa y col., 1995; Antileo, 2002)

La actividad de los microorganismos disminuye, pues disponen de poco material biodegradable, predominan los organismos mesófilos y aparece la mesofauna. (Costa y col., 1995)

Los tres periodos de la fase de descomposición tienen lugar en un tiempo relativamente corto (de días a semanas), pero la fase de madurez requiere periodos mayores (meses). (Costa y col., 1995) Mientras mayor es el tiempo de permanencia de los materiales a compostar dentro de una pila de compost, más seguridad se tendrá de la completa degradación y madurez de éste. (INTEC, 1999b)

El compost debe pasar por todas sus fases para estar maduro. (INTEC, 1999b) La etapa final de la maduración a temperatura ambiente oscurece el material y apenas produce olor alguno a causa de las transformaciones que ha sufrido su materia

orgánica. (Roca, 2003) Cuando el compost llega a la madurez, este resulta en un material húmico de color café oscuro donde los constituyentes iniciales no son reconocibles y donde la degradación posterior se hace imperceptible. (INTEC, 1999b)

III.3.1.3. Microorganismos que participan en el compostaje

Esencialmente, en el compostaje los microorganismos que actúan son bacterias, hongos y actinomicetes (responsables del 95 % de la actividad descomponedora), pero al final del proceso se pueden hallar gusanos, ácaros, colémbolos y otros invertebrados.

Durante el proceso de compostaje tiene lugar una sucesión de predominio de estos microorganismos que actúan según las condiciones que se presentan. (Avendaño, 2003).

Las **Bacterias**, son las principales responsables de la descomposición y de la generación de calor. Actúan bacterias mesófilas y termófilas dependiendo de la etapa del proceso. (Avendaño, 2003)

Algunas especies de **Actinomicetes** aparecen durante la etapa termófila y otras son más importantes durante la etapa de enfriamiento o maduración. El característico olor a tierra del compost es causado por los actinomicetes, del género *Streptomyces*. (Avendaño, 2003)

Los **Hongos**, atacan el material más resistente, poseen un rol limitado en el compostaje, excepto en la etapa de maduración, cuando las temperaturas son moderadas y los sustratos son predominantemente celulosa y lignina. Estos son excluidos de las fases tempranas de altas temperaturas, sólo algunos pueden soportar temperaturas mayores a 55° C. (Avendaño, 2003)

III.3.1.4. Métodos de Compostaje

El proceso de compostaje en términos de las técnicas empleadas se puede resumir en tres grandes etapas: **acondicionamiento, compostaje y elaboración**. La etapa de acondicionamiento incluye las operaciones de recepción de materias primas, pesado, separado, descarga y limpieza manual. En la etapa de compostaje se considera las operaciones como picar o chipear, separar partes extrañas, mezclar,

airear y humedecer y por último en la etapa de elaboración se incluyen las operaciones de limpieza, harneado, envasado y producto final o terminado. (INTEC, 1999b)

Los métodos de compostaje varían principalmente de acuerdo a las condiciones de aireación, volteos y calidad requerida en el producto final. (Avendaño, 2003)

En general, los diferentes procedimientos de compostaje existentes no son más que variaciones tecnológicas o comerciales de un mismo método. Se distinguen dos grandes categorías de sistemas para el compostaje de un mismo residuo: los sistemas abiertos (en pilas al aire) y los sistemas cerrados (en digestores). (Costa y col., 1995)

Los sistemas abiertos contemplan técnicas como: compostaje en pilas estáticas, compostaje en pilas estáticas aireadas en forma pasiva, compostaje en pilas aireadas forzadamente y compostaje en pilas de volteo o en hileras. (INTEC, 1999b; Avendaño, 2003) El factor crítico de estos sistemas es la dimensión de las pilas puesto que se debe garantizar la adecuada aireación y conservación de temperatura. Una gran pila, pero mal manejada puede fomentar condiciones anaeróbicas dentro de ella mientras que en pilas demasiado pequeñas, se pueden ocasionar pérdidas de temperatura por la relación superficie/volumen. (Antileo, 2002)

Los sistemas cerrados por otro lado contemplan el uso de contenedores cerrados donde se establece un proceso aerobio acelerado para generar compost. (INTEC, 1999b)

La elección de cualquiera de los métodos existentes va a depender de: los objetivos planteados por el productor, inversión, funcionamiento, disponibilidad de terreno, complejidad operacional y el potencial para generar problemas medioambientales del producto que desea elaborar. (Avendaño, 2003)

III.3.1.5. Tipos de residuos compostables y su comportamiento durante el proceso

En la práctica cualquier material orgánico, puede ser utilizado para ser procesado en una pila de compost. (Rojas, 2006)

El Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), definió las categorías de residuos aptos para el compostaje agrupando estos en cuanto a su naturaleza y origen y los eventuales impactos ambientales asociados. (PRMS, 1994) (Apéndice 3) Dentro de estas categorías, los residuos orgánicos domiciliarios contemplan no sólo los

generados a nivel doméstico, sino también, el conjunto de otras actividades que los producen dentro del ámbito urbano.

En cuanto a la composición de los residuos en una pila de compostaje, las características físicas del material tienen gran influencia sobre el proceso, puesto que este dependerá del tamaño de las partículas en la pila pudiendo afectar el grado de descomposición y el tiempo del proceso (Avendaño, 2003)

La composición bioquímica de los diferentes materiales también influye en el tiempo de compostaje, pues puede limitar la utilización y cantidad de material a compostar (PRODEFO, 1997 citado por Rojas, 2006)

Tal es el caso de la proporción C/N, pues INTEC (1999b) señala que las bacterias y microorganismos encargados del compostaje requieren de una mayor presencia de carbono que de nitrógeno para crear un ambiente óptimo para su crecimiento y desarrollo.

Materias ricas en Carbono (secas) son la paja, hojas, ramas, virutas de madera, aserrín, etc. (INTEC, 1999b; Roca, 2003) Sin embargo, en general, este tipo de residuos vegetales, con elevado contenido de lignina y otros polifenoles, son más resistentes a la descomposición que los materiales pobres en estos compuestos. (Rojas, 2006)

En este sentido, según Roca (2003), la lignina puede retrasar la descomposición, por lo cual se genera menos energía y difícilmente se alcanzan altas temperaturas, a menos que estén combinados con una fuente de nitrógeno.

Los materiales ricos en nitrógeno, se les conoce también como "verdes", aunque no todos tengan este color, y son los que más rápidamente se descomponen. (Roca, 2003) Materias ricas en nitrógeno son los residuos vegetales, abono fresco de aves y cerdo, alfalfa, pasto, entre otros. (INTEC, 1999b)

Según INN (2004), los tipos de residuos que no se deben compostar son residuos infecciosos, residuos peligrosos tales como aquellos provenientes de plantas impregnadoras de maderas, de baños antimanchas y otros, animales muertos por zoonosis o por otras enfermedades de alto riesgo, aspirado de polvo de calles y otros que establezca la Autoridad Competente.

III.3.2. MADUREZ Y CALIDAD DEL COMPOST

La estabilidad o madurez del compost es un tema importante en su elaboración. La estabilización del compost es una fase de la etapa de maduración en la cual la actividad biológica en los materiales que se están compostando, disminuye hasta un nivel tal, que no hay incremento significativo de temperatura por la aireación. (INN, 2004). Según Costa y col. (1995), la adquisición de un grado de estabilización, es lo que diferencia a un compost maduro de otro que no lo este.

En Chile, la Norma Chilena de Compost NCh 2880:Of.2004, establece requisitos claros para determinar la madurez de un compost. Estos son, una relación C/N menor o igual a 30, cumplir con uno de tres parámetros de estabilidad biológica y uno de cuatro parámetros de madurez química, señalados en la norma. (INN, 2004)

La madurez del compost no se debe confundir con la calidad del compost. Madurez significa que se ha estabilizado el material orgánico de forma que todas las fracciones lábiles se han agotado y una parte importante de los metabolitos fitotóxicos se han eliminado, y la calidad del compost, se relacionada a su valor agronómico y comercial como un acondicionador orgánico del suelo. (Avendaño, 2003)

La calidad refleja madurez pero también refleja las características físicas y químicas del compost. (INTEC, 1999b)

Al respecto, la Norma Chilena NCh 2880:Of.2004, clasifica al compost de acuerdo a su nivel de calidad en Clase A o B. Un compost Clase A es un producto de alto nivel de calidad y no presenta restricciones de uso, el compost Clase B es un producto de nivel intermedio de calidad y puede tener restricciones si su conductividad eléctrica es mayor de 3 dS/m. (INN, 2004) Los parámetros de calidad para cada clase se presentan en la Tabla 2.

Independiente de la clasificación, además de la madurez, y de los parámetros para definir calidad del compost, otros requisitos de tipo físico y químico son necesarios para obtener un compost de calidad. Estos se presentan en la Tabla 3.

El contenido nutritivo de un compost de alta calidad debe ser aproximadamente 6,8 a 13 kg. de nitrógeno/ton de compost, alrededor de 2,2 a 4,5 kg. de fósforo/ton y 13 kg. de potasio. (Avendaño, 2003).

Tabla 2: Parámetros para definir el nivel de calidad del Compost Clase A o B según la Norma Chilena NCh. 2880:Of.2004.

Parámetro	Clase A	Clase B
Concentraciones máx. de Metales Pesados	*	*
Conductividad eléctrica	< 3 dS/m	< 8 dS/m
Relación C/N	≤ 25	≤ 30

Fuente: INN (2004).* Ver apéndice 4.

Tabla 3: Requisitos Físicos y Químicos del Compost según la Norma NCh 2880:Of.2004.

Parámetro	Rango requerido
Nutrientes (N total) (% sobre base seca)	≥ 0.5
Humedad (% en base húmeda)	30-45
pH	5.0-8.5
Materia Orgánica (%)	≥ 20
Tamaño de partículas (mm)	≤ 16
Materias inertes (mm)	≤ 16
Densidad aparente (kg/m ³)	≤ 700

Fuente: INN (2004).

La evaluación de la calidad del compost se manifiesta a través de estos parámetros en momentos bien establecidos del proceso. Si estos son bien manejados se tendrá un compost de buena calidad, libre de contaminación, higienizado, con alto potencial fitosanitario, con potencial de fertilización, con capacidad de retención de agua, protección de erosión, libre de malos olores y estabilidad microbiológica (INTEC, 1999b; Avendaño, 2003)

III.3.3. PROPIEDADES DEL COMPOST

La norma chilena de compost establece que este es un acondicionador o mejorador de las propiedades físicas de un suelo, aunque está reconocido también como biofertilizante (suministrador de nutrientes), lo cual es un plus y no una exigencia.

Sin embargo, Varnero (2001) afirma que, un producto orgánico estabilizado es clasificado como acondicionador y/o biofertilizante si responde al menos uno de los criterios que se consideran para su clasificación, esto es, restitución de la materia orgánica estable o humus estable y/o, aporte de elementos minerales, especialmente nitrógeno.

Varnero (2001) agrega a su vez, que la clasificación de un compost como biofertilizante, depende de las características bioquímicas de las materias primas utilizadas, de forma que si éstas contienen altos niveles de nutrientes, generarán productos con características de fertilizantes orgánicos.

Según estos antecedentes y de acuerdo al estudio de Costa y col. (1995), la acción del compost incluye aspectos físicos, biológicos y nutricionales que lo clasifican como acondicionador y/o biofertilizante.

III.3.3.1. Aspecto físico

El compost presenta una textura física particular, de baja densidad (del orden de 0,5 g/cc.) y baja resistencia mecánica, por lo que su incorporación al suelo, influye sobre el volumen de los poros permitiendo mejorar la estructura de este. (Varnero, 2001; Céspedes, 2004)

Este mejoramiento de la estructura permite incrementar el intercambio gaseoso, y además, debido a los aportes importantes de materia orgánica estabilizada, el agregar compost a un suelo, permite incrementar la capacidad de retención de agua.

Costa y col. (1995), señalan que el aumento en la capacidad de retención hídrica, se debe a las propiedades de las sustancias húmicas presentes en el compost.

III.3.3.2. Aspecto biológico

El compost incentiva la actividad biológica en el suelo, debido al aporte de nutrientes requerido por los microorganismos, actúa como soporte y alimento de los microorganismos que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

Por otro lado, como señala Costa y col. (1995), estrechamente ligada a la microflora existente en el compost está la producción de sustancias biológicas activas, las cuales pueden influir en el desarrollo de las plantas (vitaminas, hormonas, antibióticos, aminoácidos, etc.).

III.3.3.3. Aspecto nutricional

Según Costa y col. (1995), la acción nutriente de un compost se desarrolla de forma directa e indirecta.

Directamente, suministra los tres elementos básicos (NPK), presentes en él en porcentajes relativamente pequeños, pero muy equilibrados. Además, debido a las propiedades de intercambio iónico de la materia orgánica del compost, se suministran algunos oligoelementos.

Indirectamente, al actuar como biofertilizante, el compost favorece la utilización por las plantas de los fertilizantes químicos y evita las pérdidas por lixiviación de las formas solubles de nitrógeno. Según Avendaño (2003), al ser utilizado como fertilizante, posee la propiedad de liberar los nutrientes de manera lenta, lo que puede ser favorable en ecosistemas en que la pérdida de nitrógeno por lixiviación es probable.

III.3.4. USOS Y MERCADO DEL COMPOST

El uso principal del compost obtenido es el de enmienda o fertilizante en procesos agrícolas, pero los distintos tipos de compost que se obtienen pueden ser utilizados en diferentes sectores. (CER, 2001)

Los sectores de mercado que han empleado el compost de manera más tradicional son: agricultura, fruticultura, viticultura, horticultura y silvicultura. (CER, 2001)

Otros usos más innovadores se dan en los mismos sectores de mercado pero con otros fines o en nuevos sectores. Algunos ejemplos son: jardinería doméstica, obra civil (cubrimiento de vertederos, nivelación superficial de infraestructuras, etc.), industria ambiental (biofiltros), paisajismo, parques y jardines públicos, y horticultura comercial (viveros, producción de verduras y plantas ornamentales, etc.). (CER, 2001)

Sólo el compost maduro puede emplearse como sustrato, y tener un contacto directo con el sistema radicular, su empleo en cultivos intensivos, de flores, jardinería, etc., es bastante frecuente y sólo superado por el humus natural. (Costa y col., 1995)

El compost para su uso en viveros puede ser utilizado mezclándolo por ejemplo, con perlitas, turba, vermiculita, entre otros. (Rojas, 2006)

El uso que se espera para el compost define el grado de madurez requerido. El compost que se usa como medio de cultivo para plantas en maceta debe ser más estable o maduro que el compost destinado a mezclas de suelo. El compost aplicado a los cultivos agrícolas y hortícolas debe ser más estable que el compost para el mejoramiento de suelos. (INTEC, 1999b)

Aquellos compost que provienen de residuos sólidos domiciliarios orgánicos, son útiles para suelos ácidos o para los terrenos que tienen tendencia a descalcificarse puesto que tienen un elevado contenido de calcio. Costa y col. (1995), señalan que los compost procedentes de la descomposición de basuras urbanas contienen el 5% o más de cal (humocalcicos).

El destino del compost dependerá de las necesidades de mercado de la zona. En zonas rurales la mayor parte del compost producido se destina a usos agrícolas, sin embargo en zonas urbanas densamente pobladas con actividad intensa de paisajismo se empleara menor porcentaje del compost en agricultura y mayor porcentaje para actividades de paisajismo. (CER, 2001)

CAPITULO IV

EFFECTOS AMBIENTALES DE LA EXTRACCION DE TIERRA DE HOJAS Y EL USO DE COMPOST

IV.1. Efectos Ambientales de la extracción de Tierra de Hojas

En condiciones naturales, el suelo se encuentra casi en su totalidad cubierto de vegetación la que asegura un aumento gradual de materia orgánica y aporte de nutrientes, otorgándole una buena estabilidad estructural y capacidad de retención hídrica. La pérdida de esta cubierta, provoca una degradación del suelo, la cual supone ante todo la disminución de su capacidad productiva, debido a cambios sufridos en sus propiedades físicas, químicas, bioquímicas o biológicas conducentes a la pérdida o disminución de su fertilidad. (Costa y col., 1995)

Estos cambios sufridos en las propiedades de un suelo, principalmente originados por fuentes de perturbación antrópicas, han provocado que el paisaje forestal de Chile central haya experimentado profundas transformaciones. (Baldini & Pancel, 2002)

Tal es el caso de la Región Metropolitana, donde la "vegetación Esclerófila" original del Valle Central, ha sido reemplazada para destinar los suelos a distintos usos relacionados con el crecimiento urbano, el sobrepastoreo y agricultura, o para la obtención de productos no madereros como la "tierra de hojas".

La extracción de esta última genera una serie de alteraciones que afectan la vitalidad de los ecosistemas forestales. Suter (1997) afirma que la extracción de tierra de hojas provoca cambios en la materia orgánica del suelo que se traducen en una disminución en la capacidad regeneradora de los árboles, rangos de crecimiento más bajos y cambios en la composición de especies.

Según Venegas & Gallardo (2001) los efectos de los procesos de extracción de tierra de hojas se diferencian en efectos directos e indirectos y se describen a continuación:

IV.1.1. EFECTOS DIRECTOS: POR PERDIDA DE MATERIA ORGANICA

Cambios en las propiedades físicas del suelo

El extraer Tierra de hojas afecta principalmente a la textura, estructura, consistencia, porosidad y aireación del suelo. Las principales alteraciones físicas que producen los procesos de extracción de tierra de hojas se traducen en:

- a) Disminución de la capacidad de retención de humedad
- b) Erosión del suelo.

En los procesos de extracción de tierra de hojas, al retirar este material - el cual se caracteriza por otorgarle al suelo una gran capacidad de absorción de agua-, se produce una disminución de la porosidad del suelo y por lo tanto de su capacidad de infiltración y retención de la humedad, aumentando el escurrimiento.

Según Flores & Krogh (1991), la extracción de la tierra de hojas produce las siguientes alteraciones sobre el control de la erosión:

- Aumento del chapoteo y los efectos disgregadores de la lluvia.
- Disminución de la porosidad superficial del suelo.
- Disminución de la capacidad del suelo para almacenar agua.
- Incremento del escurrimiento.
- Aumento de la velocidad de deslizamiento del agua y del suelo.

Desequilibrios en el nivel de nutrientes

Al extraer la tierra de hojas se produce una pérdida de nutrientes que se encuentran en la materia orgánica que es extraída (principalmente N, P, K, Ca y Mg, entre otros), interrumpiendo los ciclos biogeoquímicos que ocurren en el suelo.

Disminución organismos del suelo

La disminución de los organismos del suelo se asocia a una pérdida de nutrientes puesto que los microorganismos que son en gran medida responsables de la

descomposición y posterior incorporación de la materia orgánica al suelo, pierden su fuente de energía por lo que disminuye la población.

Reducción de la regeneración natural

Al extraer la tierra de hojas se extraen también las semillas, con lo cual reduce toda posibilidad de regeneración sexual. No hay renovación del bosque.

Vita (1989) señala que el impacto que tiene esta remoción de material, entre otros aspectos, radica en la disminución de las posibilidades de regeneración de las especies con semillas grandes. Por ejemplo de *Cryptocaria alba* (Peumo).

Pérdida de la fertilidad del suelo o de la productividad

Tradicionalmente la fertilidad de un suelo se refiere a la capacidad nutricional de este y por lo tanto la pérdida de fertilidad se asocia a una pérdida de nutrientes. Sin embargo, la fertilidad de un suelo, en términos de productividad, no depende sólo de su composición química sino también de sus características físicas (su estructura) y biológicas, así como de las interrelaciones entre estos tres factores. (INTEC, 1999a)

De esta manera, todos los efectos de carácter ambiental que produce la extracción de tierra de hojas, mencionados anteriormente, inciden en una pérdida de la fertilidad del suelo afectado. En este sentido INTEC (1999a) señala que el proceso de degradación del suelo en términos de la pérdida de su fertilidad se relaciona con fenómenos de desequilibrio en los niveles de nutrientes, disminución de los contenidos de materia orgánica, compactación y pulverización del suelo y con la disminución de la actividad biológica.

IV.1.2. EFECTOS DIRECTOS: POR METODOLOGIA UTILIZADA EN EL PROCESO

Compactación y destrucción de la vegetación

Estos efectos se producen principalmente por el permanente tránsito de personas. Producto de la construcción de caminos y senderos de acceso a los sectores de extracción de tierra de hojas y para el transporte de material, se reduce la cobertura

del bosque y el suelo se va compactando por el permanente tránsito, lo que favorece los procesos de degradación del suelo.

Alteración del bosque

El proceso de extracción de tierra de hojas contempla el realizar un desrame de gran parte del fuste de los árboles para aumentar el volumen del material y facilitar las labores extractivas llegando incluso a eliminar algunos árboles para permitir una mayor entrada de radiación solar al suelo y así disminuir la retención de humedad, cambiando totalmente el aspecto y dinámica del bosque en condiciones naturales (silvestres). (Anexo1)

IV.1.3. EFECTOS INDIRECTOS DE LA EXTRACCION DE TIERRA DE HOJAS

Venegas & Gallardo (2001) identificaron los siguientes efectos indirectos producto de los procesos de extracción de tierra de hojas:

Alteración en el balance hídrico y desertificación

El balance hídrico se ve afectado en la medida que disminuye capacidad de retención de agua en el suelo. Este recurso se pierde con mayor facilidad. Esta alteración en el balance hídrico junto con otros factores antes descritos como erosión, disminución de la fertilidad baja regeneración, corta de vegetación, etc. más las condiciones climáticas del momento, contribuyen a un aumento de los procesos de desertificación

Embankamiento de cauces

El arrastre de material, ya sea producto de la extracción misma cómo por procesos erosivos, puede producir embancamientos en cursos de agua, si es que los sectores de extracción de tierra de hojas se ubican cercanos a estos.

Disminución de la diversidad de especies

Puesto que con la extracción de tierra de hojas de bosques de tipo esclerófilo se produce una reducción de la regeneración natural o renovación del bosque por el retiro de las semillas de las especies que lo componen; la cantidad de individuos de cada especie disminuye, así como también, la composición de las especies representativas de este tipo de bosque.

Alteración del paisaje

Además de la evidente alteración producida por el proceso de extracción, los basurales que quedan en los lugares de asentamiento de las personas que trabajan en esta actividad, generan un contraste poco agradable y poco saludable con el paisaje existente, produciéndose una alteración de este. (Figura 3)



Figura 3

Paisaje típico de un sector de extracción de Tierra de Hojas. La vegetación del lugar se encuentra alterada producto del desrame, el cual es utilizado para aumentar el volumen del material recolectado en los procesos de extracción de tierra de hojas así como también para hacer carbón. Fuente: Venegas & Gallardo (2001).

Riesgo de incendios forestales

Las personas que extraen la Tierra de Hojas están en contacto con material seco producto de la corta de ramas y acumulación de hojas. Las actividades cotidianas de estas personas como encendido de cigarrros, fogatas para el almuerzo, etc., pueden provocar incendios agravando la situación.

En resumen, los procesos de extracción de tierra de hojas provocan un deterioro general del área en donde se realiza la actividad. La pérdida de fertilidad y la baja productividad del suelo afectan los niveles de producción vegetal induciendo los procesos erosivos; más aún esos mismos problemas de fertilidad tienen su origen precisamente en la erosión de los suelos, estableciendo un ciclo extremadamente dañino para el ambiente. (Figura 4)

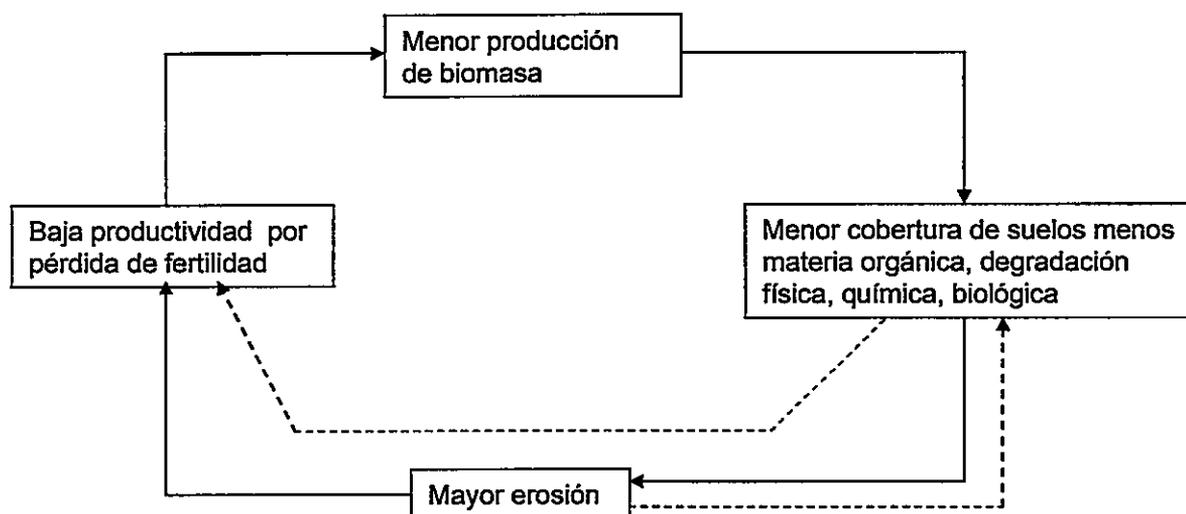


Figura 4

Ciclo de degradación del suelo. Los procesos de extracción de tierra de hojas provocan en el suelo una baja productividad, lo que se traduce en una menor producción de biomasa y por lo tanto menor cobertura vegetal, lo que acelera los procesos erosivos. Estos procesos erosivos inciden aún más en la pérdida de fertilidad provocándose un ciclo de degradación. Así mismo, la mayor erosión de los suelos provoca una disminución de la cobertura vegetal la cual incide directamente sobre la fertilidad de un suelo y su productividad. Fuente: Modificado de INTEC (1999a).

IV.2. Beneficios ambientales del compostaje

IV.2.1. EL COMPOSTAJE COMO UNA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGANICOS

En la Región Metropolitana la gestión de los residuos sólidos, orgánicos e inorgánicos, contempla el uso de rellenos sanitarios como establecimientos para la disposición final, los cuales tradicionalmente han sido un problema.

Dentro de los tipos de residuos que se generan en la Región Metropolitana, y que son enviados comúnmente a estos sitios de disposición final, se encuentran los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD), cuya generación, según CONAMA RM (2005), alcanzó en el año 2003, a cerca de 197.800 toneladas mensuales.

A partir de una progresión realizada por esta entidad, se ha demostrado que si se continua con el incremento promedio generado de RSD, en relación a los 5 años previos; al año 2010 se generarán alrededor de 2.5 millones de toneladas al año lo cual se traduce en la necesidad de habilitar nuevos terrenos para la implementación de rellenos sanitarios con los consecuentes problemas que generan.

Bajo estos antecedentes, el compostaje de residuos orgánicos, -el cual incluye tanto a los residuos industriales como a los RSD, de carácter orgánico-, permite reducir la cantidad de residuos sólidos que van a relleno sanitario, lo que representa una ventaja considerable, puesto que permite alargar la vida útil de los actuales rellenos sanitarios existentes en la Región Metropolitana.

Según CONAMA RM (2005), un 50% de los residuos generados en la Región Metropolitana corresponden a residuos de carácter orgánico posibles de compostar. Por esta razón, el compostaje se presenta como una oportunidad de disminuir la cantidad de residuos que van a disposición final.

Esto esta avalado por el estudio realizado por INTEC (1999b), el cual señala que el compostaje produce como promedio, la disminución de un 70% en el tonelaje de residuos, comparándola con aquellos destinados al relleno sanitario.

A nivel de los RSD, los municipios son los encargados de su gestión. Según INTEC (1999b), el reciclaje es la opción económicamente más conveniente para la gestión de RSD, comparada con la actividad de disposición final en relleno sanitario.

De acuerdo al estudio de Garrido (2007) la producción de compost a partir de residuos orgánicos, en por lo menos dos municipios de la Región Metropolitana, ha resultado económicamente conveniente por los ahorros en disposición final de tales residuos en rellenos sanitarios. Además, en uno de estos dos municipios la producción de compost ha significado también ahorros importantes en cuanto a la no compra de sustratos para la mantención de áreas verdes.

En términos del proceso mismo de compostaje, este presenta ventajas sobre los sistemas de disposición final en estos rellenos.

Keeley & Skipper (1988), citados por Contreras (2004) indican que las altas temperaturas alcanzadas en el proceso de compostaje, son suficientes para la destrucción de la viabilidad de semillas y microorganismos patógenos.

Otra ventaja importante es que al ser un proceso aeróbico, el compostaje no debería producir mal olor, pues si el proceso se realiza bajo condiciones adecuadas, entonces no se darán condiciones anaeróbicas con la consecuente generación de ácidos orgánicos que presenten olores desagradables. (Contreras, 2004) Situación que habitualmente sucede en los rellenos sanitarios, lo que generalmente afecta a las comunidades vecinas al relleno.

Por otro lado, durante el proceso de descomposición de la materia orgánica, se generan, aunque en poca cantidad, líquidos lixiviados. Estos líquidos son colectados en zanjas y generalmente reutilizados en el mismo proceso para humedecer las pilas (Procesos observados en visitas a terreno).

Esto que pareciera ser una desventaja en todo sistema de disposición de residuos, en el proceso de compostaje se vuelve una ventaja puesto que se puede incluso disminuir los costos por riego y proteger el recurso hídrico.

Por último, con el proceso de compostaje no se generan residuos, exceptuando el propio compost si éste está contaminado.

Por todos los beneficios mencionados, el compostaje ha sido catalogado como una de las formas más eficientes de uso de residuos orgánicos. Y junto con estos beneficios se pueden destacar aquellos relacionados con la mano de obra utilizada y su valor en la formación ambiental.

IV.2.2. EL COMPOST COMO PRODUCTO

El producto compost tiene valor desde tres puntos de vista diferentes: como acondicionador de suelos, por su contenido de materia orgánica (en forma de humus); como biofertilizante por su contenido de macro y micronutrientes; y como supresor de fitoenfermedades, por su contenido y variedad de microorganismos. (Lemus, 2006)

Por su propiedad de mejorador de la estructura, la aplicación de compost permite mejorar las características físicas de un suelo al reducir problemas de compactación, incrementar la capacidad de retención de agua e intercambio gaseoso, lo que favorece el desarrollo radical. Reduciendo a la vez, la susceptibilidad de erosión de los suelos. (Varnero, 2001)

Por su característica de biofertilizante, el compost puede contribuir a mejorar los suelos que presenten desequilibrios en el nivel de nutrientes. Esta característica permite además incentivar la actividad biológica en los suelos, lo cual se traduce en un incremento de los organismos presentes en este. (Avendaño, 2003)

En consecuencia, por todas las propiedades que posee el compost, la aplicación de este producto permite aumentar la fertilidad de los suelos, lo que implica un aumento en la producción de semillas, y por lo tanto de la regeneración natural, y en síntesis, su aplicación puede contribuir a una disminución en el avance de los procesos de desertificación.

Desde el punto de vista de la protección del medio ambiente, en los procesos de extracción de tierra de hojas se extrae prácticamente toda la materia orgánica de un suelo provocando la degradación de este. Por lo tanto, el evitar su consumo a través de alternativas como el compost permite evitar los efectos negativos que produce la extracción de este recurso desde el punto de vista ambiental, y que han sido mencionados previamente.

CAPITULO V

MARCO LEGAL

V.1. Normativa relacionada a la extracción de Tierra de Hojas

En términos estrictos, en nuestro ordenamiento jurídico no existe una prohibición de extracción de tierra de hojas de carácter oficial. Sin embargo, existen leyes, decretos y normas que la regulan indirectamente y que tienen que ver con aspectos comerciales, tributarios y de carácter ambiental.

Las principales instituciones públicas relacionadas con la extracción de tierra de hojas son: la Corporación Nacional Forestal (CONAF), quien administra el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), ambas dependientes del Ministerio de Agricultura; y la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), dependiente del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (FIA, 2001)

A partir de la entrevista realizada a Don Mario Gallardo (SAG), se pudo constatar que, en su mayoría, es esta entidad la que se ha encargado hasta hoy de controlar y fiscalizar las materias relacionadas con la actividad de extracción de Tierra de Hojas. Este control, sin embargo, carece de efectividad, puesto que los lugares de extracción varían rápidamente, impidiendo que el SAG tome conocimiento a tiempo de las denuncias que se reciben.

La forma que ha utilizado el SAG para perseguir y controlar esta actividad se ha realizado por vías alternativas, una de estas ha sido restringir la extracción de tierra de hojas a través del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), el cual dentro de sus normas establece que las áreas de preservación, protección y rehabilitación ecológica no pueden ser alteradas. (PRMS, 1994) Por esta vía, en consecuencia, se pueden aplicar sanciones si es que las zonas de extracción de tierra de hojas se encuentran en estas áreas, porque la extracción es considerada una alteración a la protección de la biodiversidad. Esta sanción tiene dos aristas. En primer lugar la sanción se impone en caso de flagrancia, es decir, si se "pilla" en el acto, y en segundo lugar la sanción recae en el o los propietarios del fundo donde ocurre la extracción, independiente de si quien extrae es el dueño o un tercero.

Generalmente lo que ocurre es que los mismos dueños de los terrenos afectados son quienes denuncian la extracción y entonces el SAG concurre hasta el lugar y cursa la infracción. En consecuencia se inicia el procedimiento correspondiente y el propietario es citado al Juzgado de Policía Local competente, quien impone la sanción por incumplimiento del PRMS.

Otra vía, ha sido fiscalizar la actividad a nivel de la comercialización de tierra de hojas, la cual se realiza generalmente sin cumplir con las normas relativas al transporte de mercaderías y productos establecidas a nivel nacional, es decir, en camiones o camionetas de carga sin contar con guía de despacho, infringiendo de esta manera la obligación establecida en el Decreto Ley N° 825 sobre Impuestos a las Ventas y Servicios, y en consecuencia, las sanciones de carácter tributario pueden aplicarse a los camiones que reparten tierra de hojas.

Así mismo los sacos y bolsas que la contienen, deben presentar la rotulación que identifique su contenido, según lo establece la normativa vigente. Comúnmente, estos sacos y bolsas no presentan dicho rotulado, lo que permite al SAG fiscalizar.

Esta laguna legal ha intentado, sin mucho éxito, ser resuelta por el SAG Metropolitano, particularmente mediante la creación de una propuesta que regule la extracción y comercialización de tierra de hojas. Sin embargo esta propuesta no ha tenido aceptación aún a nivel del SAG nacional.

V.2. Normativa para la Localización y Funcionamiento de Plantas de Compostaje

En primera instancia, los proyectos de compostaje, según lo establecido en la letra O, artículo N° 10, de la Ley 19.300 -Ley de Bases del Medio Ambiente- deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Junto con lo anterior, los proyectos de compostaje deben contar con las autorizaciones sanitarias expresas para lo cual deben aplicar el DFL N° 1 del ministerio de Salud (1990), el cual determina cuales son las materias que requieren dicha autorización, complementado por lo establecido en el artículo N° 80 del Código

Sanitario. Este último establece que 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. Siendo esta entidad quien determinara las condiciones sanitarias y de seguridad que deben cumplirse para evitar molestia o peligro para la salud de la comunidad o del personal que trabaje en estas faenas. (DFL N° 725,1967)

En lo concerniente a la ubicación de una planta de compostaje, de acuerdo al Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), la localización de este tipo de infraestructura queda restringida a "Zona Exclusiva Industrial" o zonas Mixtas, dependiendo de la clasificación o caracterización planteada por el Servicio de Salud.

V.2.1. NCh 2880:Of.2004: NORMA CHILENA DEL COMPOST

A nivel internacional la mayoría de las regulaciones sobre el proceso de compostaje y el compost como producto, están recopiladas en la Sección 503 de las regulaciones de la *Environmental Protection Agency* (EPA) de los Estados Unidos. En otros países "desarrollados", como España, Canadá, Francia, Alemania, etc., la mayoría de las regulaciones acerca de compost son muy similares o están basadas en la Sección 503 de la EPA. (Lemus, 2006)

A diferencia del caso europeo, donde existe un amplio desarrollo de la legislación en este tema, en Chile recién el año 2005 fue aprobada la norma chilena NCh 2880.Of 2004 sobre compostaje.

La NCh 2880:Of.2004 tiene por objeto establecer la clasificación y requisitos de calidad del compost producido a partir de residuos orgánicos generados por la actividad humana, tales como los agroindustriales, agrícolas, forestales, ganaderos, pesqueros, de mercados y ferias libres en que se comercializan productos vegetales; de la mantención de parques y jardines; de residuos orgánicos domiciliarios; de lodos provenientes de plantas de tratamiento tanto de aguas servidas como de residuos industriales líquidos. (INN, 2004)

Esta norma se aplica al compost producido en plantas de compostaje fijas, siempre y cuando el producto se comercialice bajo el nombre de compost. Además se aplica tanto al compost nacional como al internacional.

V.3. Normativa sobre Manejo de Residuos Orgánicos

En el contexto internacional, los países de la Unión Europea cuentan en su mayoría con una política de gestión de residuos orgánicos. Estas políticas buscan potenciar la reutilización de residuos orgánicos (domésticos e industriales) permitiendo disminuir la cantidad que se destina a rellenos sanitarios. La tendencia ha sido generar regulaciones que obligan a desarrollar sistemas para la utilización de los componentes orgánicos de los residuos. Es así como en la UE se encuentran dos tipos de regulaciones sobre residuos orgánicos que coexisten: Regulaciones que obligan la separación en origen y Regulaciones que limitan la cantidad de componentes orgánicos en los residuos que se disponen en rellenos sanitarios. (INTEC, 1999b)

En Chile, aún no existen regulaciones específicas para residuos orgánicos y estos solo deben cumplir las normas de residuos sólidos en general.

Así, como se mencionó anteriormente, los proyectos que tengan que ver con manejo de residuos, deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, según lo que establece la Ley 19.300, de Bases del Medio Ambiente. Y, a su vez, el Código Sanitario, en sus artículos 78 al 81, indica las condiciones sanitarias y de seguridad relativas a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios. Siendo los Servicios de Salud respectivos, quienes serán responsables de la autorización y vigilancia del funcionamiento de las plantas de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase, junto a los vehículos de transporte de dichos materiales.

Por último, son las municipalidades quienes tienen la función privativa de prestar el servicio de aseo y ornato de la comuna y por lo tanto, del manejo de los residuos que en ella se producen. El artículo 11 del Código Sanitario regula el cumplimiento de esta función, estableciendo, entre otros, la obligación de los municipios de hacerse cargo de recolectar, transportar y eliminar por métodos adecuados las basuras, residuos y desperdicios que se produzcan o depositen en la vía pública, además de los residuos sólidos domiciliarios.

CAPITULO VI

RESULTADOS Y DISCUSION

VI.1. Comparación de Tierra de Hojas y Compost

VI.1.1. COMPARACION A NIVEL DEL PROCESO DE FORMACION

Basado en los antecedentes recopilados, se puede establecer una comparación de las principales características de los procesos de formación de Tierra de hojas y de Compost. Esta se presenta en la Tabla 4

Tabla 4: Características del proceso de formación de Tierra de Hojas y Compost.

Tierra de hojas	Compost
* Formada por procesos de descomposición y mineralización de materiales orgánicos	* Descomposición y mineralización de residuos orgánicos
* Bacterias, actinomicetes y hongos son los principales microorganismos responsables de la descomposición	* Microorganismos son principalmente bacterias, hongos y actinomicetes
* Formación de humus	* Formación de materia orgánica estabilizada
* Dinámica del proceso regulada por factores como T°, humedad, niveles de oxígeno, textura del suelo, tipo de vegetación, etc.	* Proceso regulado por factores como T°, pH, humedad, niveles de oxígeno, tamaño de partículas, tipo de residuo, entre otros
* Se produce de manera espontánea	* Requiere intervención humana

La Tabla 4 muestra que la Tierra de Hojas y el Compost se producen de similar forma, siendo la única diferencia entre ellos, que la Tierra de hojas se forma naturalmente mientras que el Compost requiere de intervención humana.

VI.1.2. COMPARACION A NIVEL DE LAS PROPIEDADES

Basado en los antecedentes recopilados, la tierra de hojas y el compost (figura 5) cumplen determinadas funciones o acciones sobre el suelo y sobre la vegetación presente en él, de acuerdo a las propiedades que poseen. Síntesis en Tabla 5.



Figura 5
Tierra de Hojas y Compost. A) tierra de hojas natural. Fotografía tomada el 3 de mayo, 2006. B) Compost harneado. Fotografía tomada el 1 de Junio 2006, a un pequeño productor ubicado en la zona de Ocoa. Fuente: Javiera Riveros Z.

Tabla 5: Acciones de la Tierra de Hojas y el Compost sobre los suelos y la vegetación, según sus propiedades.

	Tierra de hojas	Compost
Acciones en el suelo	* Mejora la estructura del suelo	* Mejora la estructura del suelo
	* Aumenta la capacidad de retención hídrica	* Aumenta la capacidad de retención hídrica
	* Mejora la capacidad de Intercambio iónico	* Mejora la capacidad de intercambio iónico
	* Acción tampón	* Mejora el intercambio gaseoso
	* Aumenta la fertilidad biológica	* Aumenta la fertilidad biológica
	* Aporte de Macro y Micronutrientes	* Suministra los tres elementos básicos (NPK) y oligoelementos.
Acciones sobre la vegetación	* Estimula la germinación de semillas	* Incrementa la retención de nutrientes por las plantas
	* Promueve el desarrollo y crecimiento del sistema radicular	* Favorece el desarrollo radical
	* Estimula la absorción de agua	* Estimula la absorción de agua
	* Estimula la absorción de Nitrógeno	

Como se presenta en la Tabla 5, las propiedades que posee la tierra de hojas como producto corresponden a las propiedades de la materia orgánica presente en los suelos de forma natural. Al mismo tiempo, estas propiedades son las mismas que posee el compost, debido a que en ambos casos la mayor parte de la materia orgánica se encuentra en forma de humus.

A nivel de sustratos, la tierra de hojas –comúnmente utilizada para el mejoramiento de suelos agrícolas, áreas verdes, parques y jardines particulares– entrega al suelo los mismos beneficios que puede entregar el compost. En este sentido, el compost es un buen sustituto de la tierra de hojas.

VI.2. Situación Actual

VI.2.1. EXTRACCION DE TIERRA DE HOJAS

VI.2.1.1. Lugares de extracción

La explotación y oferta de tierra de hojas en la región Metropolitana proviene en parte importante de las áreas rurales y silvestres, ubicadas en la Precordillera Andina y en sectores de la Cordillera de la Costa.

Sólo 3 estudios realizados en esta región dan cuenta de los lugares habituales de extracción de tierra de hojas. El primero, corresponde a Flores y Krogh (1991), que identificó áreas de extracción en la zona de la Cordillera de la Costa. Posteriormente, INTEC (1999a), agregó a estas áreas algunas identificadas en la Precordillera Andina., las cuales se presentan en la Tabla 6. El estudio más reciente es de Venegas & Gallardo (2001), los lugares de extracción identificados en él, se presentan en la Tabla 7.

Tabla 6: Lugares de extracción de Tierra de Hojas según INTEC (1999a).

Precordillera Andina	Cordillera de la Costa	
Macrozonas	Macrozonas	Subsector
1. Cuesta Chada, Escorial y Huelquén	1. Til-til, Caleu y Cuesta La Dormida.	
2. Camino a reserva Río Clarillo	2. Curacaví	
3. Camino a Cajón del Maipo	3. Melipilla, San Pedro y Alhué	
4. Camino a Farellones	4. Laguna de Aculeo.	Rangue
5. Lampa y Colina		Cuesta de Rangue Los Hornos

Tabla 7: Lugares de extracción de Tierra de Hojas según Venegas & Gallardo (2001).

Cordillera de Los Andes		Cordillera de la Costa
Sector	Subsector	Sector
1. Cajón del Maipo	El Toyo	1. Carmen Alto (Melipilla)
	Río Colorado	2. Cuesta Zapata
2. Camino a Farellones	Lo Hermita	3. Quebrada de Pichi (Alhue)
	Corral del Toyo	
3. Río Clarillo		
4. Peñalolen		

En la región metropolitana, bajo el marco de la Estrategia Nacional de Biodiversidad se desarrolló la “Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago”. Como parte de esta estrategia, se definieron Sitios Prioritarios de Biodiversidad dentro de la región. (CONAMA RM, 2004) A partir de los antecedentes del estudio de Venegas & Gallardo 2001, CONAMA RM realizó una superposición de los lugares de extracción de tierra de hojas con los Sitios Prioritarios de Biodiversidad. En este se encontró que la mayoría de los lugares de extracción se encuentran ubicados dentro de estos sitios. (Figura 6)

VI.2.1.2. Condiciones, Métodos de extracción y Formas de recolección de Tierra de Hojas

Basado en el estudio de Venegas & Gallardo (2001), se puede constatar que la extracción de tierra de hojas se realiza en cualquier parte donde éste exista, teniendo como preferencia dentro del bosque Esclerófilo, la presencia de Litre.

Generalmente los sectores se ubican dentro de terrenos particulares. Lo más habitual es el ingreso de personas a la propiedad sin conocimiento del o los propietarios, es decir ilegalmente. Sin embargo, aún existen casos en que los mismos propietarios cobran a quien quiera extraer tierra de hojas de sus terrenos, lo que se llama pagar derecho a puerta.

Por lo general esta actividad se realiza en sectores cordilleranos y en cerros, lomajes y quebradas con pendientes de incluso más de 50%. En algunos casos con

cursos de agua permanentes. La superficie estimada de extracción va de 667 a 3530 ha. en cada lugar donde es extraído el recurso.

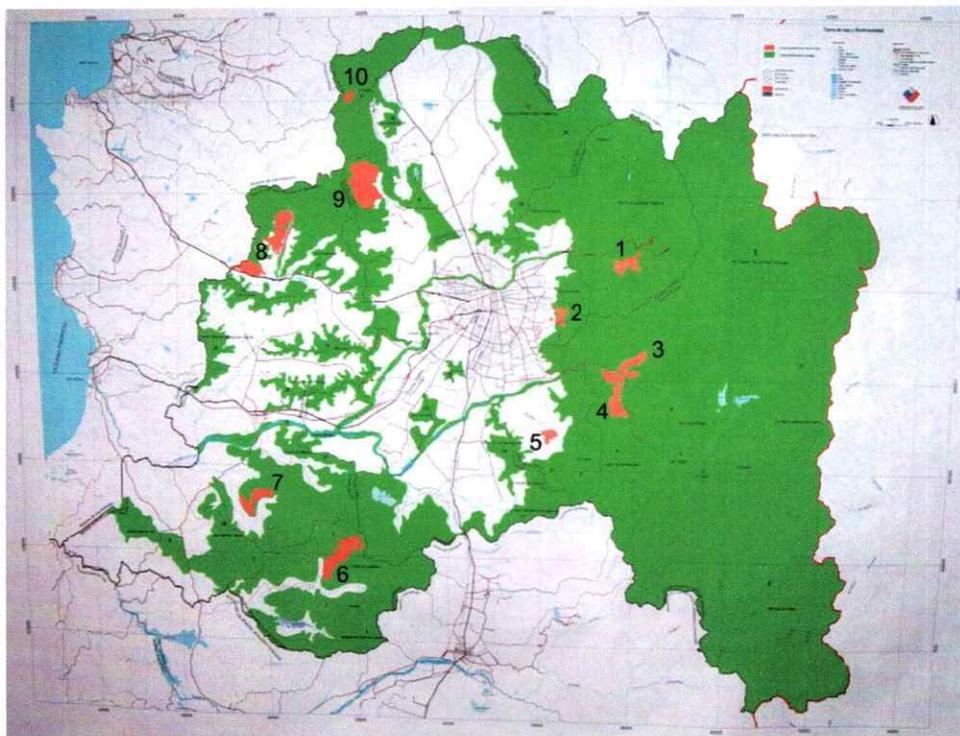


Figura 6
Zonas de extracción de Tierra de Hojas (Rojo) y Áreas Prioritarias de Biodiversidad (Verde) identificadas por CONAMA RM. 1) Lo Hermita y Corral del Toyo (camino a Farellones); 2) Peñalolen; 3) Río Colorado (Cajón del Maipo); 4) El Toyo (Cajón del Maipo); 5) Camino a Río Clarillo; 6) Quebrada de Pichi (Alhue); 7) Carmen Alto (Melipilla); 8) Cuesta Zapata; 9) Lampa; 10) Til til, cuesta La Dormida. Fuente: modificado de CONAMA RM.

En la mayoría de los lugares de extracción identificados en el estudio de Venegas & Gallardo (2001), la vegetación está compuesta por Litre y Quillay principalmente.

La extracción de Tierra de Hojas se hace en ciclos de 4 a 5 años en cada lugar. En las áreas de mayor disponibilidad, la extracción se realiza a lo largo del año, dependiendo de las condiciones climáticas y facilidad de acceso a los sitios.

Flores y Krogh (1991) señalan que el período de extracción de tierra de hojas se extiende a lo largo de todo el año concentrándose entre los meses de Septiembre y Enero, época coincidente con la construcción y mantención de parques y jardines. Este

periodo coincide también con los mayores aportes de hojarasca al piso forestal en algunos sectores (Lienlaf, 1996)

INTEC (1999a) señala que esta situación es diferente en zonas cercanas a actividades agrícolas puesto que en ellas la temporada de extracción de tierra de hojas baja ostensiblemente en los meses de verano, puesto que en estos meses las personas dedicadas a extraer tierra de hojas trabajan como obreros o jornales en labores frutícolas.

Según Venegas & Gallardo (2001), en la mayoría de los casos las faenas son muy similares: extracción de la capa orgánica del suelo más los primeros horizontes minerales de este. Para aumentar el volumen del material y facilitar las labores extractivas, se realiza un desrame de gran parte del fuste de los árboles (en algunos casos entre un 30-40% del fuste total).

En casos particulares se cortan algunos individuos para disminuir la cobertura del dosel y permitir una mayor entrada de luz al suelo, disminuyendo la retención de humedad; se construyen senderos y fajas a favor de la pendiente para mejorar el acceso al recurso; y se suele regar el material acopiado de manera de promover y acelerar el proceso de descomposición.

Asociado a la extracción de tierra de hojas, se realiza la actividad de carboneo en donde son aprovechadas las ramas de litre cortadas en el proceso de extracción. La elaboración de carbón se realiza en el mismo lugar.

Las herramientas que se emplean son bastante diversas y van desde la utilización de palas y rastrillos hasta la utilización de las manos en algunos casos. El material es generalmente ensacado en el lugar y el transporte se realiza principalmente en camioneta, aunque dependiendo de la accesibilidad, es muy frecuente la utilización de animales de carga (burros, caballos, etc.) hasta el lugar de acopio provisorio.

VI.2.1.3. Volumen de extracción de Tierra de Hojas

INTEC, 1999a estimó que el volumen total de extracción de tierra de hojas, por parte de las empresas más reconocidas en el rubro, era de 44.800 m³ al año, en ese entonces.

Actualmente se ha vuelto cada vez más difícil poder hacer una estimación de cuantos volúmenes se están extrayendo al año puesto que el comercio de tierra de

hojas se ha vuelto una actividad mas bien clandestina y los viveros y jardines (principales consumidores), no cuentan con registros de sus compras de este producto.

VI.2.1.4. Mercado y comercialización de la Tierra de Hojas

La demanda de tierra de hojas proviene, en forma prioritaria, de las actividades relacionadas con la construcción y mantención de áreas verdes tanto públicas como particulares.

Según INTEC (1999a), el destino de este recurso son generalmente lugares próximos al lugar de extracción o a grandes jardines, viveros y centros de venta de plantas ubicados en zonas como Buin y Linderos que funcionan como distribuidores del producto.

Este último hecho se pudo constatar al momento de realizar visitas a plantas de compostaje cercanas a estas zonas. Los mismos propietarios de las plantas de compostaje y de los jardines y viveros ubicados al borde de la Ruta 5 Sur señalan que en las primeras horas del día transitan camiones con tierra de hojas la cual es vendida a estos jardines y viveros. Estos últimos adquieren la tierra de hojas para consumo y para la venta, la cual es publicitada afuera de los locales.

Basado en el estudio realizado por Garrido (2007), el precio de venta oscila entre \$4.000 y \$14.000 el metro cúbico, lo cual puede explicarse por la disponibilidad y acceso a la zona donde se extrae el recurso. El valor promedio para un metro cúbico de tierra de hojas despachado en la región Metropolitana llega a \$9.357.

Los consumidores pueden ser mayoristas, empresas de construcción y mantenimiento de áreas verdes, viveros, municipalidades, etc., o minoristas personas dueñas de casa.

VI.2.2. PRODUCCION DE COMPOST

VI.2.2.1. Compostaje en empresas privadas

Actualmente, existen en la Región Metropolitana 12 empresas privadas dedicadas a producir compost. Coble (2006), clasificó estas empresas de compost en

grandes productores y productores pequeños. De las 12 empresas productoras, 8 corresponden a grandes productores (producción sobre 10.000 m³/año) y 4 de ellas a productores pequeños (Tabla 8).

Tabla 8: Productores de Compost a nivel privado y volumen de producción anual.

Productores privados de compost	Volumen de producción anual (m ³)
Grandes productores	
Empresa A	48000
Empresa B	10800
Empresa C	12000
Empresa D	12000
Empresa E	13200
Empresa F	50000
Empresa G	35000
Empresa H	16380
Sub Total	197380
Productores pequeños	
Empresa I	7200
Empresa J	7000
Empresa K	3295
Empresa L	720
Sub Total	18215
Total	215595

Usando la clasificación de Coble (2006) y basado en la información recopilada en la encuesta realizada a estas empresas privadas (Apéndice 5); los grandes productores de compost en la Región Metropolitana (RM), se encuentran ubicados en las comunas de Pudahuel, Calera de Tango, Peñalolén y San Bernardo.

Dentro de los grandes productores, también se incluyen algunos productores que a pesar de no estar instalados en la RM, el destino de su compost es esta región; ese es el caso de algunos productores de la V Región, y un productor de la VI Región, en la comuna de San Francisco de Mostazal.

Los pequeños productores se ubican en las comunas de Lampa y Buin.

A partir de la información recopilada en la encuesta, se observó que las "plantas de compostaje" en la región Metropolitana, han nacido, en algunos casos, como consecuencia de la puesta en marcha de proyectos destinados a la extracción de

áridos los cuales en su etapa de cierre utilizan el compost que ellos mismos producen para cubrir el espacio intervenido, además de destinar una cantidad de producto para la venta.

En otros casos, las plantas de compost han nacido con el afán de solucionar el problema de los residuos orgánicos y buscar un negocio rentable en el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos; y además establecer al compost como un producto alternativo a la tierra de hojas como producto mejorador de suelos.

VI.2.2.1.1. Métodos utilizados para hacer compost

La Tabla 9 presenta algunas características del proceso de compostaje en empresas privadas. Se puede observar que, entre grandes y pequeños productores, 9 de las 12 plantas de compostaje utilizan el método de pila con volteo, y sólo una empresa utiliza el método de pilas con aireación forzada o también llamada pila estática aireada. (Anexo 2)

En la Tabla 9 también se puede observar que los tiempos de demora del proceso de compostaje van desde uno y medio mes a 12 meses, lo que depende de variables como la mezcla de residuos que estén compostando, el método de compostaje, el tamaño de las pilas y, en el caso del método de pilas con volteos, el número y frecuencia de estos.

En cuanto a las medidas de monitoreo aplicadas durante el proceso, estas se basan en la mayoría de los casos en el control de la temperatura de las pilas, sin embargo es importante destacar que un 57% de los productores se apoyan en la experiencia adquirida para controlar el proceso.

La Tabla 9 también presenta las tecnologías empleadas en el compostaje, estas incluyen el uso de chipeadoras, retroexcavadoras, harneros y cargadores frontales. (Anexo 3, imagen 5) En relación al número de trabajadores, las grandes empresas de compost cuentan con hasta 26 personas promedio trabajando, mientras que en los productores pequeños suelen trabajar una a tres personas.

Tabla 9: Características del proceso de compostaje en empresas privadas.

Productores privados	Método de compostaje	Tiempo del proceso (meses)	Monitoreo	Tecnología empleada	Nº promedio de empleados
Grandes productores					
Empresa A	Pila Estática Aireada	2	Temperatura	Chipeador, cargador frontal, aireador estático, humidificador y hamero	14
Empresa B	Pila con volteo	6	Temperatura, H y vectores	Cargador frontal, compostadora y hamero	7
Empresa C	Pila con volteo	12	Temperatura y lixiviados	Chipeador y cargador frontal	12
Empresa D	Pila con volteo	10 a 12	Temperatura y lixiviados	Chipeadora, cargador frontal y hamero	12
Empresa E	Pila con volteo	6 a 7	Temperatura	Chipeadora, cargador frontal, compostadora y hamero	15
Empresa F	Pila con volteo	S/I	Temperatura y vectores	Cargador frontal	26
Empresa G	Precompostaje	4	Temperatura y granulometría	S/I	4
Empresa H	Pila con volteo	8	Temperatura y H	Cargador frontal	6
Productores pequeños					
Empresa I	Pila con volteo	1,5 - 2	Temperatura	Retroexcavadora	8
Empresa J	S/I	12	No realiza	S/I	1
Empresa K	Pila con volteo	4	Temperatura y pH	Chipeadora	2
Empresa L	Pila con volteo	S/I	Temperatura	S/I	3

SI: Sin Información.

VI.2.2.1.2. Materias primas

La recolección y recepción de materiales orgánicos para producir compost se realiza de diferentes formas. Los grandes productores reciben los residuos en sus plantas, para lo cual disponen de áreas de recepción, las cuales en algunos casos cuentan con romanas instaladas en la entrada de la planta. (Anexo 3, imagen 5A) Por otro lado y de forma inversa, los pequeños productores en la mayoría de los casos deben conseguir residuos para lo cual se encargan ellos de retirarlos.

Generalmente los residuos que se reciben en las plantas de compostaje privadas vienen seleccionados, salvo los residuos provenientes de ferias libres que suelen traer material inerte no compostable. (Anexo 4)

Lo común es que la gente pague por disponer sus residuos. Según los antecedentes recopilados en las entrevistas a los productores privados, las grandes

empresas de compost cobran hasta \$8000 el m³, pero todo depende del residuo de que se trate. En algunos casos, cuando el total de los residuos recibidos no tienen una buena proporción para lograr una relación C/N ideal en una pila de compost, entonces se opta por obtener el residuo que le permita realizar el proceso de manera adecuada, comprándolo o no cobrando por la recepción de aquel.

En la Tabla 10 se presentan los tipos de residuos utilizados actualmente por los productores privados, así como también el número de residuos que son capaces de recibir, el cual varía de acuerdo a las superficies destinadas para la elaboración de compost.

Tabla 10: Residuos utilizados actualmente en el sector privado para producir Compost y capacidad de carga anual.

Productores de compost privados	Materia Prima	Volumen de materias primas anual
Grandes productores		
Empresa A	Residuos Agroindustriales, Guanos, Residuos de podas y mantención de áreas verdes, Residuos de ferias libres, Residuos forestales	43200 ton
Empresa B	Residuos Agroindustriales, Guanos, Residuos de podas y mantención de áreas verdes	60000 ton
Empresa C	Residuos de la industria forestal	18000 m ³
Empresa D	Residuos Agroindustriales, Guanos animales.	20160 m ³
Empresa E	Residuos agroindustriales, residuos de podas y mantención de áreas verdes	48000 m ³
Empresa F	Residuos Agroindustriales	S/I
Empresa G	Residuos forestales	46000 m ³
Empresa H	Residuos agroindustriales (vendimia)	9500 ton
Productores pequeños		
Empresa I	Guanos animales	4800 m ³
Empresa J	Residuos de camas de champignon	S/I
Empresa K	Guanos animales	6960 m ³
Empresa L	Guanos animales, Residuos de podas y mantención de áreas verdes	6960 m ³

S/I: Sin Información.

En ella se puede observar que los grandes productores utilizan principalmente residuos provenientes de actividades agroindustriales y residuos forestales. Los residuos agroindustriales consisten, en su mayoría, en descartes de frutas y granos, residuos de vendimia, pomazas y, lodos lácteos y grasos. Los residuos forestales consisten principalmente en residuos de la industria forestal como cortezas y virutas.

A diferencia de los grandes productores que reciben principalmente residuos de actividades agroindustriales y forestales, los pequeños productores, utilizan principalmente guano animal.

VI.2.2.1.3. Volumen de producción anual de compost

La Tabla 11 presenta los volúmenes de producción de compost a nivel privado. En conjunto, grandes y pequeños productores alcanzan una producción anual de 215.595 m³. Los grandes productores abarcan el 91.6 % de la producción anual total de compost. El aporte de los pequeños productores a la producción anual total de compost corresponde a un 8,4 %.

Tabla 11: Volumen de producción de Compost a nivel privado.

Productores de compost privados	Volúmen de producción anual de compost (m ³)	% de Producción
Grandes productores	197380	91.6
Productores pequeños	18215	8.4
Total	215595	100

El volumen de producción de compost se relaciona directamente con las superficies destinadas para su elaboración. Según los antecedentes recopilados en las entrevistas realizadas a los productores de compost, las superficies destinadas para la elaboración de este producto, van desde unos pocos m², en pequeños productores, a cerca de 30 ha. en el caso de los grandes productores.

Actualmente un 57 % de los productores privados de compost producen menos de lo que eventualmente podrían producir según la superficie de la planta. Así mismo

en el otro extremo, algunas empresas que ya ocupan el 100% de su terreno contemplan planes de ampliación a corto plazo.

VI.2.2.1.4. Destino del compost

En la Tabla 12 se presentan los destinos del compost de los grandes y pequeños productores. En ella se puede observar que la mayoría de los grandes productores venden su compost para su uso en agricultura y paisajismo mientras que los productores pequeños dirigen su producto sólo a las actividades de paisajismo, y que principalmente se desarrollan cercanas al lugar de la planta.

Tabla 12: Mercado del compost en la Región Metropolitana.

Productores privados	Mercado objetivo	Mercado real
Grandes productores		
Empresa A	Paisajismo y Agricultura	Paisajismo
Empresa B	Paisajismo (ANASAC)	Paisajismo (ANASAC)
Empresa C	Consumo Interno y Retailers	Consumo Interno y Retailers
Empresa D	Agricultura y Paisajismo	Agricultura y Paisajismo
Empresa E	Agricultura y Paisajismo	Paisajismo y Retailers
Empresa F	Agricultura y Paisajismo	Agricultura y Paisajismo
Empresa G	Viveros industriales y ANASAC	Viveros industriales y ANASAC
Empresa H	Agricultura	Agricultura
Productores pequeños		
Empresa I	Paisajismo (Anasac)	Paisajismo (Anasac)
Empresa J	Paisajismo	Paisajismo
Empresa K	Paisajismo	Paisajistas Particulares
Empresa L	Paisajismo	Paisajismo

VI.2.2.2. Compostaje a nivel municipal

Los municipios son quienes tienen la responsabilidad de la gestión completa de los RSD, junto con los residuos generados en las vías públicas y lugares de esparcimiento colectivos, y son quienes deciden de que manera sus residuos serán

gestionados, es decir, si incluyen o no, sistemas de recolección diferenciada para reciclaje o son enviados a disposición final en rellenos sanitarios.

Basado en el estudio de Coble (2006), y de la información entregada por CONAMA RM, en la Región Metropolitana existen 7 municipios que incluyen dentro de la gestión de sus residuos al compostaje. Estos son La Pintana, María Pinto, Vitacura, Cerrillos, La Reina, Santiago y Talagante. Los tres primeros realizan compostaje por el método de pilas con volteo, mientras que los otros cuatro municipios utilizan composteras caseras, las cuales son repartidas en los hogares según disponibilidad.

A partir de esta información se realizaron visitas a los tres municipios que realizan compostaje por el método de pilas con volteo, La Pintana, María Pinto y Vitacura.

Según lo informado en las entrevistas realizadas en las visitas, la iniciativa de producir compost por parte de estos municipios surge por diversas razones.

En La Pintana, la idea surge principalmente debido a la abundante cantidad de residuos orgánicos que se generan tanto en las casas particulares como por concepto de mantención de áreas verdes, podas y residuos de las ferias libres de la comuna, lo que significa altos costos por la disposición de éstos en relleno sanitario.

En el caso de María Pinto la iniciativa parte de un proyecto privado de carácter medioambiental que busca resolver el problema del manejo de residuos y a la vez crear instancias de educación ambiental.

Por último en Vitacura, la idea nace con el objeto de reducir los costos de disposición de residuos que van a relleno sanitario, así como también disminuir los costos de mantención de áreas verdes por medio de la utilización del compost que ellos producen.

VI.2.2.2.1. Métodos utilizados para hacer compost

La Tabla 13 presenta algunas características del proceso de compostaje a nivel municipal. En los tres municipios visitados, el método utilizado para realizar compostaje es por pilas con volteos. En cuanto a los tiempos de demora del proceso de compostaje existe una variación importante entre estos municipios. Esta variación se produce puesto que las materias primas utilizadas en el proceso son de origen muy

diverso (Tabla 14) y existe una diferencia importante en el tamaño de las pilas (Figura 7). Ambos factores relevantes en relación a los tiempos de demora en un proceso de compostaje.

Tabla 13: Características del proceso de compostaje a nivel municipal.

Municipios	Método de compostaje	Tiempo del proceso (meses)	Monitoreo	Tecnología empleada	Nº promedio de empleados
La Pintana	Pila con volteo	5	Temperatura y pH	Chipeadora, retroexcavadora y harnero	5
María Pinto	Pila con volteo	2.5 -3	Temperatura	Chipeadora, harnero y camion	5
Vitacura	Pila con volteo	16	No realiza	Chipeadora, cargador frontal y camiones tolva	7

Al igual que en los productores privados de compost, en los municipios entrevistados se pudo constatar que las medidas de monitoreo en los municipios de La Pintana y María Pinto consisten principalmente en control diario de la temperatura, no así en Vitacura donde no existe monitoreo alguno.

La Tabla 13 también presenta las tecnologías empleadas en el compostaje municipal, las cuales son similares en los tres municipios entrevistados, estas incluyen el uso de chipeadoras, retroexcavadoras, harneros y cargadores frontales además de contar con los camiones de recolección de materias primas (Anexo 5, imagen 8). En cuanto al número de empleados, estos municipios cuentan con 5 empleados, exceptuando Vitacura con 7. Generalmente consiste en 3 a 4 operadores más 1 o 2 encargados de manejar las maquinas.



Figura 7
Pilas de compostaje a nivel municipal. A) Pila de compostaje recién armada con residuos provenientes de casas particulares y podas, Municipalidad de Maria Pinto. Fotografía tomada el 18 de abril, 2006; B) Pila de compostaje en periodo de estabilización, Municipalidad de La Pintana. Fotografía tomada el 19 de Junio, 2006. Fuente: Javiera Riveros Z.

VI.2.2.2.2. Materias primas

En los tres municipios visitados, la recolección de residuos para realizar compostaje se realiza en forma diferenciada. Esta recolección puede ser por parte del mismo municipio o a cargo de alguna empresa subcontratada, o ambas.

La mayoría de estos proyectos están asociados a campañas de separación en origen, lo que facilita el manejo de los residuos y cuyo objetivo principal es educar ambientalmente a la población y crear conciencia del valor de estos.

Los municipios de La Pintana y Maria Pinto cuentan con programas de separación en origen y recolección diferenciada de los residuos orgánicos de las casas de la comuna. Ambos municipios han comenzado con un número reducido de casas, sin embargo poco a poco se pretende ir aumentando este número hasta cubrir todas las casas de la comuna. Además, los residuos de poda de las casas así como de la mantención de áreas verdes también son recogidos de forma separada.

Es importante señalar que la Municipalidad de La Pintana incluye dentro de estos programas tanto los residuos orgánicos de las casas de la comuna como los provenientes de ferias libres. Puesto que la recolección de los residuos en esta comuna es generalmente realizada por empresas externas, este municipio cambio sus bases de licitación respecto a la gestión de los residuos de la comuna, obligando a

estas empresas a realizar separación en origen y recolección diferenciada de los residuos provenientes de casas particulares y ferias libres.

En la Tabla 14 se presenta el detalle de los tipos de residuos utilizados para producir compost por los municipios entrevistados, así también, se presenta la cantidad de residuos que reciben actualmente. En el caso de La Pintana, los distintos residuos utilizados para el compostaje provienen de diferentes empresas externas que realizan la recolección diferenciada. El guano animal es obtenido de un mini zoológico ubicado en la comuna.

En cuanto a Maria Pinto, la mayor parte de los residuos provienen de las casas por concepto de basura doméstica y podas. Puesto que la comuna no cuenta con muchas áreas verdes, el porcentaje de residuos de poda producto de la mantención de estas es muy bajo.

Vitacura sólo utiliza residuos de podas de casas particulares.

Tabla 14: Residuos utilizados para hacer Compost a nivel municipal.

Materia Prima	Volumen de materias primas anual
La Pintana	
Residuos de ferias libres	1092 Ton
Residuos orgánicos de casas de la comuna	676 Ton
Residuos de podas y mantención de áreas verdes	4368 m ³
Guano animal	S/I
Maria Pinto	
Residuos de casas y residuos de podas	416 m ³
Vitacura	
Residuos de podas de las casas	65520 m ³

S/I: Sin Información.

VI.2.2.2.3. Volumen de producción

Basado en los tres municipios visitados, la Tabla 15 presenta los volúmenes de producción de compost a nivel municipal bajo el método de pilas con volteo.

La Pintana lidera la producción anual con 6000 m³, cuya cantidad, pretende ser aumentada con la habilitación de más hectáreas para la formación de pilas.

Maria Pinto también cuenta con planes de aumentar su producción. En cuanto a Vitacura, no existe información sobre el volumen de producción básicamente porque dicho municipio no lleva registros de esto.

Tabla 15: Volumen de producción de Compost a nivel municipal.

Municipios	Volumen de producción anual (m ³)
La Pintana	6000
Maria Pinto	36
Vitacura	S/I

VI.2.2.2.4. Destino del compost

Por motivos legales, los municipios no pueden vender el compost que producen, por lo que éste es generalmente ocupado en la misma comuna.

Según las entrevistas, en La Pintana el destino principal del compost que se produce es el vivero municipal, sin embargo un porcentaje considerable es utilizado también para la mantención de áreas verdes y del estadio de la comuna.

Este municipio incluyó en sus bases de licitación, en cuanto a la mantención de sus áreas verdes, el usar compost y no tierra de hojas como sustrato, por lo cual han establecido acuerdos de intercambio de compost con las empresas acreedoras de la licitación, -por ejemplo el municipio le entrega el compost y la empresa le entrega árboles nativos para el vivero-, de manera que el compost que se produce en la comuna sea igual ocupado en esta misma.

En algunas ocasiones, el municipio regala cantidades de compost a colegios, jardines municipales y a vecinos. Esto último forma parte de los programas de educación ambiental implementados en la comuna. Los vecinos que realizan separación en origen reciben compost de regalo de manera de demostrarles y enseñarles, sobre los beneficios de la actividad que ellos realizan.

En Maria Pinto, el compost producido es utilizado por el liceo de la comuna, tanto para la mantención de este como para desarrollar actividades educativas. Una pequeña parte del compost producido es utilizado en áreas verdes (plazas) y jardines.

En Vitacura, la mantención de áreas verdes es realizada por empresas externas. Puesto que este municipio no ha cambiado sus bases de licitación en cuanto la mantención de áreas verdes, la empresa a cargo no esta obligada a usar compost. De esta manera, el compost que es producido en la comuna sólo es utilizado en las áreas verdes de la comuna que no estén en mantención.

Actualmente el municipio de La Pintana esta buscando crear instancias que permitan el intercambio de compost con otros municipios por medio del trueque. Puesto que algunos municipios no cuentan con el espacio necesario para implementar una planta de compostaje, el propósito es recibir los residuos posibles de compostar o proporcionar compost a otras comunas a cambio de algo.

VI.2.2.3. Compostaje y la Norma chilena de compost NCh 2880:Of.2004

Según las visitas realizadas tanto a las empresas privadas de compost como a los municipios (método de pilas con volteos) que realizan compostaje, en la Tabla 16 se puede observar que de los 12 productores privados de compost, 5 de ellos clasifican su compost como Clase A. En el caso de los municipios, sólo uno ha clasificado su compost en esta clase.

Tabla 16: Clasificación de Compost según productores privados de acuerdo a la norma NCh 2880:Of.2004.

	Compost Clase A	No clasificado	Total
Compostaje privado			
Grandes productores	5	3	8
Productores pequeños	0	4	4
Sub total	5	7	12
Compostaje municipal	1	2	3
Total	6	9	15

Tanto en los productores privados como a nivel de los municipios entrevistados, un total de 9 productores no han clasificado su compost. Esto de debe en la mayoría

de los casos a un desconocimiento de la norma, principalmente por parte de los productores pequeños a nivel privado y de algunos municipios.

Aquellos grandes productores de compost a nivel privado que no han clasificado su compost están al tanto de la existencia de la norma, sin embargo argumentan que es imposible clasificar el compost según esta, puesto que los requisitos exigidos en ella no son aplicables a la realidad del país.

VI.2.2.4. Compostaje en el Parque Metropolitano

El Parque Metropolitano ubicado en los faldeos del cerro San Cristóbal, se caracteriza por ser uno de los "pulmones verdes" de la ciudad de Santiago. En él, junto con la vegetación nativa presente en el parque, se han construido innumerables jardines los cuales son permanentemente preservados y mantenidos. Por este motivo, en este lugar se generan importantes cantidades de residuos de podas y residuos por concepto de mantención de jardines.

Tomando en cuenta estos antecedentes, se realizó una visita al Departamento de Parques y Jardines del Parque Metropolitano con el objeto de averiguar de qué manera gestionan sus residuos de poda y mantención, y a su vez para averiguar que sustrato utilizan para dicha mantención.

Según la información obtenida de la entrevista, el Parque Metropolitano cuenta con un área destinada para realizar compostaje. En esta zona se reciben residuos que provienen de las podas del parque (principalmente hojas que antiguamente eran arrojadas en las quebradas del cerro), pastos y guano de llama proveniente del Zoológico Metropolitano.

El compost que se produce es utilizado en el vivero del parque y para mantención de los jardines donde antiguamente se utilizaba tierra de hojas que era extraída bajo el suelo de los árboles del mismo parque.

Aunque la producción de compost en el Parque Metropolitano ha servido para reciclar los residuos de podas y mantención que ahí se producen, el compost producido no es suficiente para cubrir las necesidades del parque. Para cubrir este déficit se adquiere compost de afuera.

VI.3. Diagnóstico y Análisis

En la actualidad, una de las causas de deterioro del bosque nativo de la zona central del país, particularmente el bosque Esclerófilo, es la extracción de "Tierra de Hojas". Aunque, el deterioro de este tipo de bosque, producto de esta actividad se debe, en parte, a los métodos utilizados para extraer el recurso, como el corte y destrucción de algunos individuos para la habilitación de caminos de acceso a los sectores de extracción o para aumentar el volumen del recurso, la principal causa tiene que ver con la pérdida de materia orgánica que se produce en estos bosques al ser retirados los primeros horizontes del suelo que contienen dicha materia.

Con la disminución de la materia orgánica en el suelo, se produce una disminución en el nivel de nutrientes así como también, la pérdida de sustentación del suelo, lo que incide en el deterioro de su estructura y acelera los procesos erosivos.

Bajo estas condiciones, la extracción de tierra de hojas, mantenida en el tiempo sin control alguno, implica condenar a muerte a los ecosistemas forestales que contienen vegetación Esclerófila, pues la pérdida de materia orgánica en estos ecosistemas, se traduce finalmente en una aceleración de los procesos de desertificación y pérdida de biodiversidad.

Desde la perspectiva de la protección del medio ambiente, dada la importancia que tienen los bosques nativos en relación a la provisión de bienes y servicios ambientales, existe una gran preocupación por controlar las principales causas de deterioro de este. Una forma, ha sido proteger la biodiversidad de los bosques nativos a través de la creación del Sistema Nacional de Áreas Silvestres protegidas del Estado (SNASPE). Sin embargo, este sistema ha sido insuficiente, pues como señalan Luebert y Plissock (2006), existen fuertes desequilibrios en la protección de los diferentes pisos de vegetación, siendo las unidades del área mediterránea, dentro de las cuales se encuentran los bosques Esclerófilos, las que presentan una mayor amenaza y menor protección.

Dada esta situación, en los últimos años, CONAMA, en el marco de la Estrategia Nacional de Biodiversidad ha creado la "Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago".

Esta estrategia, identifica 23 sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. (CONAMA RM, 2004) La idea principal de esta identificación, es zonificar los sitios prioritarios para diferenciar las zonas que debieran destinarse a la preservación o restauración, de aquellas en las que se promoverá un manejo sustentable, lo cual aún esta en proceso.

En el contexto de este trabajo, en la actualidad, todos los sectores de extracción de tierra de hojas que han sido identificados, se encuentran dentro de los sitios prioritarios de biodiversidad identificados en la estrategia. (Ver Figura 6)

Puesto que la extracción de tierra de hojas implica un deterioro del bosque Esclerófilo, y este a su vez, representa un 92.9% del bosque nativo existente en la Región Metropolitana, se hace cada vez más urgente el concretar la zonificación de estos sitios. La cual debe considerar que coincidentemente, dos de los principales sectores de extracción de tierra de hojas en la Región Metropolitana (alrededores de Melipilla y Cajón del Maipo) -y por lo tanto donde hay bosque Esclerófilo-, corresponden a los lugares donde se concentra la mayor cantidad de bosque nativo de esta región (63.6% y 11,0% respectivamente).

A pesar que la zonificación de los sitios prioritarios de biodiversidad podrá disminuir el deterioro del bosque Esclerófilo de la región, la extracción de Tierra de Hojas se puede realizar en cualquier lugar donde existan las especies constitutivas de este tipo de bosque, por lo que se requieren de otros instrumentos, como los de carácter legal, para controlar aún más esta actividad.

Hasta hoy, la extracción y comercialización de Tierra de Hojas, no cuenta con una regulación directa. El SAG, como organismo fiscalizador, sólo ha podido controlarla a través de leyes, decretos y normas que tienen que ver con aspectos tributarios y con la aplicación del PRMS.

Puesto que la extracción y comercialización de tierra de hojas no es un tema nuevo, o mejor dicho, es una actividad realizada desde hace varios años; la falta de una regulación sobre este tema hace pensar que esta no se produce solo por el hecho de que las autoridades le den menos importancia, sino también porque existe desconocimiento por parte de las autoridades competentes de las implicancias ambientales que puede tener el continuar con esta actividad sin regulación, pues al no

existir un control real sobre los métodos y volúmenes de extracción y comercialización de este producto, es difícil determinar cual es la magnitud del daño que se está produciendo en los bosques Esclerófilos.

Todos estos factores indican que existe una necesidad urgente de regular el tema de la extracción y comercialización de tierra de hojas, tanto por los perjuicios ambientales que genera como por la competencia desleal que se produce a nivel comercial con otros productos similares, dado que la comercialización de tierra de hojas evade impuestos, lo que se traduce en menores costos.

Con la aplicación de instrumentos para la protección de la biodiversidad y la creación de una regulación en torno a la tierra de hojas, será cada vez más complicado, para los extractores, el obtener este recurso en la región, lo cual sería un gran logro. No obstante, ya es frecuente el observar en horas tempranas del día, como son transportadas grandes cantidades de tierra de hojas provenientes de otras regiones (Situación comentada en las entrevistas a algunos productores de compost ubicados en la zona de Buin y la sexta región), por lo cual, es necesario que se tomen medidas no sólo a nivel de la Región Metropolitana sino también, que las regulaciones en torno a este tema sean aplicables en todo el país. Sin embargo, no se debe olvidar que esta actividad es realizada por personas, la mayoría campesinos, que explotan el recurso con el objeto de generar ingresos económicos, por lo que todas las medidas que se establezcan deben considerar la incorporación de alternativas laborales o inclusión de estas personas en la regulación de esta actividad.

A lo largo de los años, la extracción de tierra de hojas se ha realizado en función de la demanda existente por parte de municipios y empresas paisajistas, cuya tendencia ha sido considerar que la tierra de hojas es el único producto natural que cumple con las características de mejorador de suelo. Hoy en día, sin embargo, con la aparición del compost en el mercado se espera que esta tendencia cambie, pues este último se presenta como un buen sustituto de la tierra de hojas.

La realidad en torno al compost, sin embargo, dista aún bastante de lo que se espera para este producto, tanto por los problemas derivados de su producción como por la calidad de este. Los productores de compost sean grandes o pequeños, privados

o municipales, se han visto enfrentados a una serie de problemas de carácter técnicos, económicos y comerciales, y/o legales.

A nivel de proceso, la instalación de plantas de compostaje requiere de inversiones iniciales importantes, recuperables en un muy largo plazo, por lo que la adquisición de las tecnologías necesarias generalmente consiste en lo más barato que exista, con las implicancias conocidas de que lo barato generalmente no es lo mejor. Esto se traduce, en problemas como falta de humedad y emisión de material particulado al formar las pilas (Situación comentada en las entrevistas).

Por otro lado, si bien dentro de los tipos de residuos posibles de compostar se encuentran los guanos animales y lodos, son pocas las empresas de compostaje que actualmente están recibéndolos, principalmente por el olor que generan, lo cual crea un nuevo problema, puesto que se produce un "cierre de puertas" para las industrias generadoras de este tipo de residuos que buscan la eliminación por la vía del reciclaje.

Desde el punto de vista comercial, los productores privados de compost se encuentran en una permanente disputa, puesto que, no sólo existe una competencia desleal con la tierra de hojas, sino también con otras empresas de disposición de residuos e incluso con los mismos productores de compost.

Esta situación, sin duda tiene que ver con el tipo de compost que se está produciendo actualmente en la Región Metropolitana y la falta de consenso y conocimiento sobre su real definición.

La creación de una normativa de compost (NCh 2880:Of.2004), pretendió en primera instancia, solucionar este tema, estableciendo una clasificación del compost (Clase A o B) según ciertos requisitos dentro de los cuales se encuentra cumplir con un índice de madurez.

Independientemente de lo que dice la norma, la mayoría de los productores de compost están al tanto de que un compost para estar maduro debe pasar por un periodo de estabilización considerable (meses) (Costa y col., 1995). En la actualidad, 6 de los 15 productores de compost, tanto privados como municipales, aseguran que su compost corresponde a un compost Clase A es decir un compost maduro y de calidad, sin embargo, paradójicamente, los mismos productores aseguran que el compost que

producen se lanza al mercado estando no maduro, puesto que el periodo de estabilización es menor al ideal.

Esto se traduce en que están saliendo al mercado productos con el nombre de compost que realmente no lo son. La producción actual de compost y su entrega en menor tiempo, al no cumplir con los periodos de estabilización necesarios, se relacionan con las exigencias actuales de mercado, puesto que los productores de compost no dan abasto a la actual demanda de este producto. Esta situación se traduce en la entrega de un producto que puede generar problemas en su aplicación lo que contribuye a desprestigiar el compost y crear una imagen negativa de él.

Además de este problema anteriormente señalado, los productores de compost han mencionado que la instalación de plantas de compostaje o ampliación de estas, se ve dificultada por la demora en obtener los permisos adecuados. Se cree que esta situación esta relacionada indirectamente a la falta de incentivos gubernamentales que aceleren los trámites y a la falta de conocimiento en general sobre el tema.

A pesar de los problemas pendientes en el rubro, la empresa privada, movidos por intereses económicos o ambientales ha mostrado un creciente interés por desarrollar un mercado en torno al compost. Sin embargo, a nivel municipal, todavía no existe una conciencia real sobre los beneficios que tiene la producción de compost desde el punto de vista de la gestión de sus residuos orgánicos, así como desde la utilización de este como alternativa a la tierra de hojas para la mantención de sus áreas verdes.

La falta de separación en origen de los residuos y una recolección diferenciada; la poca disponibilidad de terrenos para la instalación de plantas de compostaje en algunas comunas y el desconocimiento frente al tema, son las principales causas del por qué esta actividad no se ha masificado a nivel municipal.

Respecto al desconocimiento, muchos municipios creen que el gestionar sus residuos orgánicos por esta vía es más caro que el actual sistema de disposición final en relleno sanitario. Sin embargo, según los estudios de caso presentados por Garrido (2007), los municipios de Vitacura y Cerrillos, han demostrado que la producción de compost a partir de residuos orgánicos ha resultado económicamente conveniente por

los ahorros en disposición final de tales residuos. Por otro lado, desde el punto de vista del uso de sustratos, la producción de compost a nivel municipal también presenta beneficios económicos, pues como señala Garrido (2007), la producción de compost ha significado, ahorros considerables en la compra de sustratos para la mantención de áreas verdes, pues el compost que producen es ocupado para dicha actividad.

Desde otra arista, la producción de compost, tanto privado como municipal implica importantes beneficios ambientales. La gestión de los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) e industriales es un problema ambiental relevante en el país puesto que el manejo inadecuado, ha acarreado innumerables problemas de índole social, sanitaria y ambiental. Esta situación se ve reflejada en la Región Metropolitana, donde la instalación de rellenos sanitarios ha sido insuficiente para soportar la creciente generación de residuos sólidos, existiendo aún un sin número de vertederos ilegales. Esto ha llevado a buscar nuevos sectores o terrenos para la instalación de más rellenos, con los consecuentes problemas ambientales que generan.

En este sentido, la fabricación de compost a partir de residuos orgánicos ofrece una alternativa atractiva a la disposición de estos en rellenos sanitarios puesto que esta actividad permite contribuir a la reducción del porcentaje de residuos que van a estos rellenos, con lo cual se logra aumentar la vida útil de estos últimos evitando nuevas construcciones.

Por otro lado, la fabricación de compost para su uso como sustrato mejorador de suelos, significa dos importantes beneficios relacionados con la protección de nuestros ecosistemas naturales. Por una lado el compost puede ser aplicado sobre suelos degradados lo que contribuye a la recuperación de estos y por otro lado significa una gran alternativa frente a la utilización de tierra de hojas, con lo cual se puede disminuir la utilización de esta última evitando su extracción y los consecuentes daños sobre el bosque nativo.

Todo lo anterior, es el escenario de la situación actual que se vive en torno a la tierra de hojas y el compost.

Indudablemente, el compost es un excelente sustituto de la tierra de hojas. Sin embargo, además de la necesidad urgente de regular ambas actividades; uno de los principales temas pendientes para poder posicionar al compost como sustituto de la

tierra de hojas, tiene que ver con la educación respecto a los daños que produce la extracción y comercialización de tierra de hojas y los beneficios que tiene el compostaje.

Desde el punto de vista del consumidor particular, al menos a nivel comercial, el desconocimiento popular sobre el compost, no pasa sólo por falta de publicidad del producto, sino también porque muchos productores de compost para que su producto se venda más rápido, lo ofrecen etiquetado como tierra de hojas mejorada o reforzada por lo que la gente en su inconsciente colectivo sigue considerando a la tierra de hojas como el producto aplicable al suelo para la mejora de este. Por este motivo, es fundamental que los productores privados de compost colaboren con las iniciativas tendientes a posicionar el compost como sustituto de la tierra de hojas.

Actualmente, según la entrevista realizada al municipio de La Pintana, la Asociación Chilena de Municipalidades (ACHM), está iniciando una campaña para incentivar que los municipios cambien sus bases de licitación de manera de que incluyan el uso de compost y no de tierra de hojas, como producto aplicable para la mantención de las áreas verdes. Si esta recomendación tiene buena recepción significará un importante aumento de la demanda de compost para lo cual la empresa privada debe estar alerta y a nivel municipal se cuente con una organización adecuada para afrontar esta demanda.

CAPITULO VII

CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

VII.1 Conclusión

1. El uso de Tierra de Hojas para el acondicionamiento de los suelos, puede sustituirse por el uso de compost, pues este último entrega a los suelos similares propiedades.

2. Los procesos de extracción de Tierra de Hojas tienen importantes efectos negativos sobre el Bosque Esclerófilo, los cuales se traducen principalmente en desertificación y pérdida de biodiversidad.

3. El compost como sustituto de la tierra de hojas, puede solucionar en parte, los daños que produce la extracción de este recurso sobre los bosques nativos. Además presenta importantes beneficios ambientales puesto que se presenta como una alternativa a la disposición de residuos orgánicos en relleno sanitario.

4. La disminución del consumo de Tierra de Hojas, la implementación de sistemas de compostaje y el uso de Compost como mejorador de suelos a nivel municipal, sólo será posible si los municipios cambian sus bases de licitación en relación a la gestión de sus residuos y mantención de áreas verdes.

5. Sólo a través de la educación y conocimiento sobre los daños que produce la extracción y comercialización de tierra de hojas y los beneficios que tiene el compostaje, así como de la permanente colaboración de todas las entidades que tienen competencia sobre ellos, el compost podrá posicionarse en el mercado y en definitiva, desplazar el consumo de tierra de hojas.

VII.2 Recomendaciones

1. Se hace necesario regular la extracción y comercialización de Tierra de Hojas no sólo en la Región Metropolitana sino a nivel nacional. Y en relación al compost, es necesario mejorar la regulación existente y definir criterios concretos acerca de los procedimientos para la instalación de una planta de compostaje y sus procesos productivos así como para el compost como producto.

2. Los municipios que deseen incorporar un sistema de compostaje de sus residuos orgánicos, deben incorporar dentro de la gestión de los residuos de la comuna, la separación en origen y la recolección diferenciada para lo cual es importante un cambio en las bases de licitación e información a la comunidad.

3. Para el caso de aquellos municipios que no cuenten con el espacio suficiente para la instalación de plantas de compostaje, se debe fomentar la creación o fortalecimiento de asociaciones entre municipios para que éstos, en conjunto, desarrollen este tipo de proyectos.

4. Es importante que se creen instancias de educación, sobre los perjuicios ambientales que implica el obtener Tierra de Hojas. Estas instancias, deben enfocarse no sólo a los municipios, sino también a los propietarios de terrenos de los cuales se pueda obtener el recurso y a los futuros profesionales dedicados a actividades relacionadas con paisajismo y uso de sustratos.

5. Respecto al compostaje y a su producto compost, es necesario implementar instancias de educación en las cuales se mencionen las propiedades técnicas y los beneficios ambientales que producen la elaboración y utilización de compost sobre todo a nivel municipal, -entendiéndose como beneficios ambientales tanto a los beneficios económicos como a los relacionados con aspectos ecológicos y sociales.

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, S. 2000. "Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos". En: Boletín N° 14 Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Simposio Proyecto de Ley de Protección de Suelo. Santiago, Chile. pp. 77-85.
- Antileo, E. 2002. "Evaluación de una alternativa de compost elaborado con residuos agroforestales". Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad de Concepción. Chile.
- Armesto, J.J., León, P. y Arroyo, M.T.K. 1996. Los bosques templados del sur de Chile y Argentina: una isla biogeográfica. En: Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago. pp.23-28.
- Arroyo, M.T.K., Armesto, J.J., Squeo, F. y Gutiérrez, J. 1993. Global Change: The flora and vegetation of Chile. En: Earth Systems response to Global Change: Contrast between North and South America. Academic Press. New York. USA. pp. 239-263.
- Avendaño, D. 2003. El proceso de Compostaje. Memoria para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Departamento de Fruticultura y Enología. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Baldini, A. y Pancel, L. 2002. "Agentes de daño en el bosque nativo". CONAF. Gobierno de Chile y Sociedad Alemana de Cooperación técnica. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.
- CER 2001. "Aprovechamiento de Biorresiduos: El Compost como producto". Club español de los residuos. Cuadernos del CER N° 2. España. 67 p.
- Céspedes, M.C. 2004. "Bases Técnicas para la Producción de Compost". En: Revista Tierra Adentro. N° 59. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA, Chile). Ministerio de Agricultura. Nov-Dic 2004. pp. 38-41.
- Coble, R. 2006. "Caracterización de la producción, utilización y comercialización de compost de origen vegetal para proponer incentivos municipales". Tesis para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- CONAF-CONAMA-BIRF 1999. "Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile". Informe regional Región Metropolitana. Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Católica de Temuco.

- CONAF 2005. "Áreas Silvestres Protegidas". Disponible en: www.conaf.cl
- CONAMA RM. 2004. "Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago". Santiago, Chile. Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-37027_pdf_RM.pdf
- CONAMA RM. 2005. "Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos". Stgo, Chile.
- Contreras, B. 2004. "Diseño de una unidad de compostaje de residuos orgánicos como parte de una estación experimental de agricultura orgánica". Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Costa, F., García, C., Hernández, T., y Polo, A. 1995. Residuos Orgánicos Urbanos: Manejo y Utilización. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Seguro. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murcia, España. 173 p.
- Decreto con Fuerza de Ley N° 1, de 1990. Materias que requieren autorización sanitaria expresa. Ministerio de Salud. Leído el 21 de Marzo de 2007. En: http://www.ssconcepcion.cl/dpa/normativa_ambiental/codigo_sanitario/df11.PDF
- Decreto con Fuerza de Ley N° 725, de 1967. Código Sanitario. Ministerio de Salud. Actualizado a Julio de 2000. Leído el 21 de Marzo de 2007. Disponible en: http://www.ssconcepcion.cl/dpa/normativa_ambiental/codigo_sanitario/defl725.PDF
- Decreto Ley N° 825 de 2006. Impuestos a las Ventas y Servicios. Disponible en: <http://www.sii.cl/pagina/jurisprudencia/legislacion/basica/dl825.doc>. Leído el 21 de Marzo de 2007.
- Donoso, C. 1981. "Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile". Investigación y Desarrollo Forestal. CONAF, PNUD-FAO. Publicación FAO Chile. Documento de Trabajo N° 38. Leído el 10 de diciembre de 2006. En: http://www.florachilena.cl/Tipos_Forestales/Esclerofilo/Esclerofilo.htm
- FIA 2001. "Bosque Nativo en Chile: Situación actual y perspectivas". Fundación para la innovación agraria (Chile). Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. Santiago, Chile.
- Flores, R. y Krogh, A. 1991. Efectos ambientales de la extracción de tierra de hojas y una proposición de manejo sustentable. Cuarto Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente. (1): 396 p.
- Gajardo, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile: clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. 1ª Edición. Santiago, Chile. 165 p.
- Garrido, R. 2007. "Compost: una alternativa al uso de la tierra de hojas desde la perspectiva económica". Tesis Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 72p.

- Honorato, R. 2000. Manual de Edafología. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Ediciones Universidad Católica de Chile, Vicerrectoría académica. 4ª Edición. Santiago-Chile.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN). 2004. Norma Chilena de Compost 2880-2004 (NCh 2880.Of2004), Compost -Clasificación y Requisitos, 23p.
- INTEC Chile 1999a. Extracción y comercialización de Tierra de hojas en la Región Metropolitana. Informe final. INTEC, Santiago, Chile. 75 p.
- INTEC Chile 1999b. Corporación de investigación tecnológica. 1999. Manual de compostaje. 86 pag.
- Lemus, G. 2006. ¿Qué se puede hacer con la basura? Compost y compostaje. Parte1. Disponible en: www.uca.edu.sv/deptos/ccnn/dlc/pdf/compost.pdf
- Ley N° 19.300, de 1994, de Bases Generales del Medio Ambiente. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Leído el 13 de marzo de 2007. Disponible en: <http://www.sinia.cl/1292/article-26087.html>.
- Lienlaf, E. 1996. Estimación de la producción de hojarasca y de su pérdida mediante la extracción de "tierra de hojas" en formaciones Esclerófilas de la Reserva Nacional Río Clarillo. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Departamento de Silvicultura y Manejo. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 73 p.
- Luebert, F. y Plissock, P. 2006. Sinopsis Bioclimática y Vegetacional de Chile. Editorial Universitaria. 1ª Edición, Santiago, Chile. 316 p.
- Mathur, P. 1991. Composting processes. En: Bioconversion of waste materials to industrial products. Elsevier Science Publishers, Essex IG118JU, England. pp.147-183.
- PRMS. 1994. "Plan Regulador Metropolitano de Santiago". Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Santiago, Chile.
- Roca, L. 2003. Compostaje. Revista Perspectiva Ambiental. Fundación Terra Barcelona, España. N° 29. Leído el 3 de Agosto de 2006. Disponible en: <http://www.ecoterra.org/subcat.php?cat=3&subcat=3&lang=es>
- Rojas, C. 2006. Caracterización de Residuos Silvoagropecuarios y Agroindustriales con mayor aptitud y potencial para ser usados como materias primas en la Elaboración de Sustratos de Uso Agrícola en Chile. Memoria de Título. Escuela de Agronomía. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 50 p.

- Serra, M.T. 1992. Elementos Florísticos de los Bosques Esclerófilos y Espinosos de Chile Central. pp. 19-37. En: Opciones Silviculturales de los Bosques Esclerófilos y Espinosos de la Zona Central de Chile. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Apuntes Docentes. Santiago, Chile.
- Suter, F., 1997. "Estudio preliminar sobre Tierra de Hojas proveniente de Bosques de tipo Esclerófilo en la Provincia de Quillota". Trabajo realizado durante la práctica profesional en el Departamento de Protección de Recursos Naturales del Servicio Agrícola y ganadero, SAG.
- Varnero, M.T. 2001. "Desarrollo de substratos orgánicos: Compost y Bioabonos". En: Experiencias internacionales en la rehabilitación de espacios degradados. Departamento de Manejo de Recursos Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Publicaciones Misceláneas Forestales N° 3. Santiago, Chile.
- Venegas, A. y Gallardo, M. 2001. "Extracción de Tierra de hojas en la Región Metropolitana: la dramática pérdida de los suelos y el bosque. SAG. pp. 5-26.
- Villagrán, C. 1995. Quaternary history of the Mediterranean vegetation of Chile. Ecology and Biogeography of Mediterranean Ecosystems in Chile. California and Australia. Springer Verlag. USA. pp. 3-20.
- Vita, A. 1989. Ecosistemas de bosques y matorrales mediterráneos y sus tratamientos silviculturales en Chile. Investigación y Desarrollo de áreas silvestres en zonas áridas y semi-áridas de Chile. Corporación Nacional Forestal- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Santiago, Chile. Documento de Trabajo N° 21. 243 p.

APENDICES

Apéndice 1: Estadísticas del Catastro y Evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe regional Región Metropolitana.

CUADRO 1: Superficie de Bosques, Región Metropolitana

USO	SUPERFICIE [ha]	PORCENTAJE [%]
BOSQUE NATIVO		
Bosque Adulto	0.0	0.0
Renoval	93454.0	95.0
Bosque Adulto- Renoval	0.0	0.0
Bosque Achaparrado	0.0	0.0
Subtotal	93454.0	95.0
PLANTACIONES		
Plantaciones Forestales	4884.1	5.0
Plantaciones de Arbustos	0.0	0.0
Subtotal	4884.1	5.0
BOSQUE MIXTO	72.7	0.1
TOTAL	98410.8	100.0

Fuente: CONAF-CONAMA-BIRF (1999).

CUADRO 2: Superficie Provincial de Bosque Nativo, Región Metropolitana

PROVINCIA	SUPERFICIE [ha]	PORCENTAJE [%]
Cordillera	5845.5	6.3
Chacabuco	5846.1	6.3
Maipo	10251.7	11.0
Melipilla	59469.6	63.6
Santiago	8598.8	9.2
Talagante	3442.4	3.7
TOTAL	93454.0	100.0

Fuente: Modificado de CONAF-CONAMA-BIRF (1999).

CUADRO 3: Superficie de Bosque Nativo por Tipo Forestal, Región Metropolitana

TIPO FORESTAL	SUPERFICIE [ha]	PORCENTAJE [%]
Esclerófilo	86857.7	92.9
Roble-Hualo	6540.1	7.0
Ciprés de la Cordillera	56.3	0.1
No Clasificados	0.0	0.0
TOTAL	93454.0	100.0

Fuente: Modificado de CONAF-CONAMA-BIRF (1999).

Apéndice 2: Factores que influyen en el proceso de humificación.

FACTORES DE LA HUMIFICACIÓN	VEGETALES	Condiciones microclimáticas	Temperatura Balance hídrico Estructura Excreta Atmósfera del suelo
		Actividad microbiológica	Productividad primaria Composición química de los residuos
		Labilidad de los materiales	Velocidad de mineralización Potencial húmico de los residuos
	CLIMA	Pluviosidad y Temperatura	Latitud, altitud, hielo, sequedad
		SUELO	Textura, Arcilla
	Riqueza de bases		pH % de saturación
	Aireación y humedad		% se saturación hídrica Microaerófilas Anaerobiosis y oxidación
	ANTROPOGENIA	Roturación y puesta en cultivo	Alteración del equilibrio natural Sustitución de la vegetación, profundidad y tipo de labor Modificaciones de temperatura, humedad y microflora Abonos minerales

Fuente: Costa y col. (1995).

Apéndice 3: Categorías de residuos aptos para ser utilizados en el proceso de compostaje establecidas en el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS).

Categoría 1. Residuos de las actividades: Agricultura, Silvicultura y Forestal, Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho.

Comprende residuos tales como semillas, restos de post cosecha, podas, aserrines, virutas, cortezas, cenizas, recortes de maderas y fibras naturales de origen vegetal provenientes de la industria textil.

Categoría 2. Residuos vegetales frescos

En esta categoría se incluyen todos aquellos residuos vegetales frescos, provenientes de ferias, mercados, casinos y otros establecimientos comerciales. Comprende residuos tales como restos de frutas, verduras y flores.

Categoría 3. Residuos orgánicos domiciliarios separados en origen

En esta categoría se incluyen todos aquellos residuos vegetales frescos separados en origen, provenientes de la actividad doméstica. No se incluyen en el proceso de compostaje los residuos animales generados en las viviendas (fecas de mascotas, perros, gatos y otros) por su alto potencial zoonótico.

Categoría 4. Residuos de la agroindustria e industria alimenticia de productos vegetales

En esta categoría se incluyen todos los residuos orgánicos procedentes de las actividades de elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas, elaboración de aceites y grasas, de productos de molinería, de almidones y productos derivados del almidón, entre otros. Comprende residuos tales como material celulósico, pulpas, aceites, grasas, harinas, levaduras y azúcares.

Categoría 5. Residuos pecuarios, de la Industria Alimenticia de Productos Animales y Residuos de la pesca y servicios conexos.

Comprende residuos tales como camas de ave, pesebreras, estiércol animal, restos de animales muertos, algas, escamas, espinas, carne, sangre, vísceras, grasa, huesos, suero, harinas, aceites, pelos, pieles y fibras naturales de origen animal provenientes de la industria textil. Estos residuos no podrán contener enfermedades zoonóticas y /o enfermedades cuarentenarias informada por la autoridad competente.

Categoría 6. Residuos de procesos de elaboración de bebidas alcohólicas

En esta categoría se incluyen todos los residuos orgánicos procedentes de las actividades de destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas; producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas, elaboración de vinos y elaboración de bebidas malteadas y de malta. Comprende residuos tales como borras, orujo y pepas.

Categoría 7. Lodos de Plantas de Tratamiento

En esta categoría se incluyen los lodos orgánicos generados por plantas de tratamiento de agua potable, de aguas servidas y de residuos industriales líquidos, los dos últimos tipos de residuos deben ser previamente tratados y estabilizados.

Fuente: PRMS (1994).

Apéndice 4: Concentraciones máximas de metales pesados en compost Clase A según Norma NCh 2880.

Metal pesado	Concentración máxima en mg/Kg de compost (base seca)¹⁾
Arsénico	15
Cadmio	2
Cobre	100
Cromo	120
Mercurio	1
Níquel	20
Plomo	100
Zinc	200

1) Concentraciones expresadas como contenidos totales.

Fuente: NCh 2880. Of. 2004

Apéndice 5: Síntesis de encuesta semiestructurada realizada a productores privados de compost.

Empresa: _____
Dirección: _____ Teléfono: _____
Entrevistado: _____
e-mail: _____ Fecha: _____

1. Como surge la iniciativa de producir compost?

2. Hace cuanto tiempo se dedica a la producción de compost?

3. Cuales son los objetivos de su empresa?

4. Cuales son los principales problemas que ha enfrentado en la producción de compost?

5. Cuales son las principales materias primas o residuos utilizados para producir compost?

6. Como consigue los residuos a compostar?

Compra _____ A quien _____ Cuanto paga _____
Regalado _____ De quien _____
Recolecta _____ De donde _____

7. Recibe residuos provenientes de alguna municipalidad?

Si _____ De cual _____
No _____

8. Cual es actualmente la capacidad de carga de la empresa, es decir, cuanto volumen de residuo reciben a diario?

9. Como son recolectados los residuos?

10. El material viene seleccionado o es seleccionado en la planta?

11. Que tipo de compostaje realiza?

Método natural _____
Método acelerado _____

12. Que superficie presenta el lugar de compostaje?

13. Como se realiza la mezcla de material para formar compost?

14. Cuanto tiempo se demora el compost en estar listo para la venta según época?

15. Cuanto compost produce mensualmente?

16. Cuantos residuos vegetales necesita para producir esa cantidad mensual de compost?

17. Realiza medidas de monitoreo de sus actividades?

Si _____

Cuales _____

No _____

18. Si es que lo hace, como monitorea temperatura y humedad?

19. Cuantas personas trabajan en el proceso de compostaje?

20. Cuales son los principales problemas que tienen durante el proceso?

21. Cual cree usted que es la percepción que los proveedores de materias primas tienen del compost?

22. Como proyecta la adquisición de materias primas de aquí a 5 años?

23. Existen planes de ampliar la capacidad de carga de la empresa?

24. Cual cree usted que es la percepción de sus consumidores?

25. Conoce la normativa chilena de compost?

Si _____

No _____

26. En caso de que su respuesta sea no, presenta interés por conocerla?

Si _____

Porque _____

No _____

27. Es dura la competencia con la tierra de hojas?

ANEXOS

ANEXO 1: Desrame de árboles durante procesos de extracción de tierra de hojas para aumentar el volumen del material y facilitar las labores extractivas.



Imagen 1

Corte de una de las ramas dominantes de un Litre. Sector frente a la entrada a la Reserva Río Clarillo. Fuente: Venegas & Gallardo (2001)



Imagen 2

Desrame masivo de Litre para aumentar el volumen del material. Sector El Toyo. Fuente: Venegas & Gallardo (2001)

ANEXO 2: Métodos de compostaje utilizados actualmente a nivel privado.



Imagen 3

Pila con volteos. Los materiales a compostar son acumulados formando una pila cuyo interior adquiere altas temperaturas producto de los procesos de descomposición. Los volteos (en este caso con retroexcavadora), permiten la aireación de la pila así como también la mezcla de los materiales que la componen logrando una descomposición homogénea. Fotografía tomada el 19 de abril, 2006. Fuente: Javiera Riveros Z.



Imagen 4

Pila con aireación forzada. Los materiales apilados sobre una red de tuberías de aireación, comienzan a descomponerse, la aireación de la pila se produce por el suministro de aire hacia la pila y luego la expulsión de este hacia afuera promoviendo el intercambio gaseoso. No se realizan volteos Fotografía tomada el 6 de enero, 2006. Fuente: Javiera Riveros Z.

ANEXO 3: Tecnologías aplicadas al proceso de compostaje.

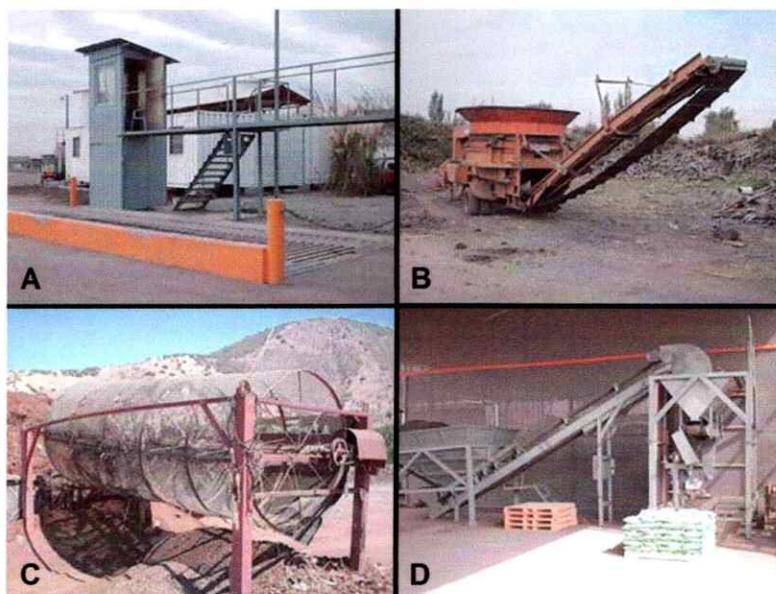


Imagen 5

Tecnologías en grandes empresas privadas. A) Romana para el pesaje de camiones; B) Chipeadora. Fotografías tomadas el 19 de abril, 2006; C) Harnero. Fotografía tomada el 3 de Enero, 2006; D) Maquina ensacadora. Fotografía tomada el 19 de abril, 2006. Fuente: Javiera Riveros Z.



Imagen 6

Tecnologías a nivel municipal. A) Chipeadora de la Municipalidad de La Pintana; B) Harnero de la Municipalidad de La Pintana. Fotografías tomadas el 19 de Junio, 2006. Fuente: Javiera Riveros Z.

ANEXO 4: Materias primas y compost.



Imagen 7

Compostaje en empresas privadas. A) Recepción de materias primas; B) Compost listo. Fotografías tomadas el 1 de Junio, 2006. Fuente: Javiera Riveros Z.



Imagen 8

Compostaje en Municipalidad de María Pinto. A) Recepción de materias primas; B) Compost listo sin hamear. Fotografías tomadas el 18 de abril, 2006. Fuente: Javiera Riveros Z.