

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela de Agronomía

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.

Betty Isabel Contreras Vidal

Valdivia Chile 2004

PROFESOR PATROCINANTE

Luigi Ciampi Panno

Ing. Agr., M.S., Ph. D

PROFESORES INFORMANTES

René Anrique Gimpel

Ing. Agr., M.S., Ph. D

Héctor Noriega Fernández

D. Sc. Ing. Produc.

A mis padres,
hermana, sobrinos,
Juan Pablo y amigos.

Agradecimientos

Deseo expresar, mis más sinceros agradecimientos, en forma muy especial al profesor patrocinante de esta tesis, Sr. Luigi Ciampi P., por su inestimable ayuda en la planificación, orientación y revisión de este trabajo.

A los profesores informantes, Srs. René Anrique y Héctor Noriega, por la desinteresada ayuda prestada.

A mi madre, que me ha apoyado incondicionalmente y ha cumplido el rol de mamá de manera de entregarme las herramientas para ser mejor persona. A mi padre, por haber creído en mi y darme la posibilidad de una buena educación; así como también haber sido un amigo incondicional. A ambos que tanto amo por darme todo el amor que un hijo necesita y sus enseñanzas de cómo enfrentar la vida.

A Glady, por ser mucho más que mi hermana y brindarme su mano amiga cada vez que la he necesitado. Por darme su amor y su confianza.

A Juan Pablo, mi compañero, mi amor, por devolverme la confianza en mí misma, su inagotable incentivo, su amor y su sincera amistad.

A mis sobrinitos hermosos, Felipe, Sofía y M^a Jesús, que con su inocencia, han llenado de alegría mi vida.

A mis amigos Yohana, Belén, Patricia, Verónica, Coke, Christian, Pame, Caco, Chaval, Sandra, Juanpa, que me han acompañado en cada momento brindádome todo su cariño.

A mis primas, tíos, por su cariño y preocupación.

También quisiera agradecer a Max por facilitarme incondicionalmente material para realizar esta tesis y a todas aquellas personas que de una u otra manera permitieron la realización de este trabajo.

ÍNDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Definición de compostaje	3
2.2	Factores no biológicos que intervienen en el proceso	4
2.2.1	Humedad	4
2.2.2	pH	4
2.2.3	Relación Carbono/Nitrógeno	5
2.2.4	Aireación	5
2.2.5	Tamaño de partículas	5
2.2.6	Temperatura	6
2.3	Descripción general del proceso	6
2.4	Dinámica del proceso de compostaje	8
2.5	Materias primas del compost	10
2.5.1	Activadores del proceso de compostaje	11
2.6	Sistemas de compostaje	12
2.6.1	Sistemas en camellones o parvas	12
2.6.1.1	Compostaje pasivo en pilas de estiércol	13
2.6.1.2	Compostaje en hileras volteadas continuamente	13
2.6.1.3	Pilas aireadas pasivamente	14
2.6.1.4	Pilas estáticas ventiladas	14
2.6.2	Sistemas cerrados o en contenedores	14
2.6.2.1	Compostaje en tambor	14

Capítulo	Página
2.6.2.2 Silos	15
2.6.2.3 Compostaje en túnel	15
2.6.2.4 Compostaje en compartimentos	15
2.6.2.5 Camas rectangulares agitadas	15
2.7 Ventajas y limitaciones en el proceso de compostaje	16
3 MATERIAL Y MÉTODO	19
3.1 Material	19
3.1.1 Ubicación de la unidad	19
3.1.2 Características climáticas	20
3.1.2.1 Temperatura	20
3.1.2.2 Precipitación	20
3.1.2.3 Humedad Relativa	20
3.1.2.4 Vientos	20
3.1.3 Tipo de suelo	21
3.1.4 Fuentes de información	21
3.2 Método	22
3.2.1 Diseño de la investigación	22
3.2.2 Aspectos a considerar para el diseño de la unidad	22
4 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	25
4.1 Ubicación de la unidad de compostaje en la Estación Experimental Santa Rosa de la Universidad Austral de Chile	25
4.2 Disponibilidad de material factible de compostar	30
4.3 Diseño de la unidad de compostaje	40
4.3.1 Sub-unidades que conformarán la unidad de compostaje	48
4.4 Área requerida por la unidad	54

Capítulo		Página
4.5	Maquinaria e implementos requeridos para el funcionamiento de la unidad	54
4.6	Requerimiento de mano de obra	59
4.7	Costos implicados en la implementación	60
5	CONCLUSIONES	65
6	RESUMEN	67
	SUMMARY	68
7	BIBLIOGRAFÍA	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Condiciones recomendadas para un compostaje óptimo	6
2	Materiales comúnmente utilizados para compostar	11
3	Materiales factibles de ser compostados generados en la ciudad de Valdivia	31
4	Composición química de estiércol vacuno (base materia seca)	32
5	Niveles de elementos traza permitidos en materia prima para compost y niveles aproximados presentes en lodos generados por la Estación Depuradora de Aguas Servidas (EDAS)	39
6	Volumen semanal aproximado de los materiales que serán ingresados al sistema de compostaje durante el año	44
7	Volúmenes semanales corregidos disponibles para la formación de hileras	45
8	Dimensiones de la hileras que conformarán el sistema de compostaje	47
9	Volúmenes semanales de compost producido en la UC	52
10	Requerimiento de mano de obra para operar la unidad	59
11	Costos de implementación de la unidad de compostaje (IVA incluido)	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Plano de la Estación Experimental Santa Rosa	26
2	Foto del terreno destinado a la unidad de compostaje	28
3	Plano de Valdivia y ubicación de las fuentes de origen de los materiales factibles de ser compostados	36
4	Fotos de feria fluvial y al aire libre generadoras de restos vegetales.	37
5	Cantidad de lodos producidos a través del año en la Estación depuradora de aguas servidas	40
6	Precipitaciones y temperaturas medias mensuales	42
7	Corte transversal de una hilera trapezoidal de compostaje	43
8	Esquema de cada hilera de volteo continuo y sus dimensiones	47
9	Plano planimétrico de la Unidad de Compostaje	49
10	Esquema de la cancha de compostaje	53
11	Máquina trituradora	55
12	Tractor y cargador frontal	55
13	Máquina volteadora	56
14	Camión tolva	56
15	Kit de instrumentos y reactivos para medir y controlar parámetros del compost	58
16	Mufla	58
17	Balanza	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Plano de Valdivia y ubicación de la Estación Experimental Santa Rosa	76
2	Modelo de encuesta realizada a empresas y organismos para evaluar la disponibilidad de residuos aptos de compostar	77
3	Temperatura media mensual y anual registrada durante diez años	78
4	Temperatura máxima mensual y anual registrada durante diez años	78
5	Temperatura mínima mensual y anual registrada durante diez años	79
6	Pluviometría promedio mensual y anual registrada durante diez años	80

1. INTRODUCCION

El compostaje es un proceso biológico que permite reciclar la materia orgánica, transformándola en un abono orgánico denominado “compost”. Este se logra mediante varias sucesiones de descomposición bajo condiciones aeróbicas. El producto representa el resultado final de la interacción de variados microorganismos.

Este producto se puede utilizar como una enmienda agrícola y representa una alternativa dentro de la agricultura sostenible, en la cual se tiende cada vez más a reducir el aporte de fertilizantes químicos y plaguicidas. También, permite entregar una solución de reciclaje para el tratamiento de residuos orgánicos que se originan en las distintas áreas. Estos se generan como resultado de las actividades agrícolas, forestales, industriales y municipales.

En la actualidad, en la ciudad de Valdivia (X Región) y sus alrededores, existen varias fuentes generadoras de residuos orgánicos. Sin embargo, tanto los desechos municipales, como aquellos industriales, son dispuestos en el vertedero Morrompulli, aún cuando podrían ser incorporados a un proceso de reciclaje.

En el presente trabajo se plantea como hipótesis, que la presencia de materiales compostables y la información disponible en la actualidad en la ciudad de Valdivia, permite el diseño teórico de una Unidad de Compostaje en la Estación Experimental Santa Rosa de la Universidad Austral de Chile.

Con relación a lo anterior, el objetivo general de esta investigación, es proponer el diseño de una unidad de compostaje, como parte de una estación experimental de agricultura orgánica.

Como objetivos específicos se plantean:

- Proporcionar la información correspondiente en cuanto a manejo e implementación, de manera que el sistema propuesto sea compatible con las condiciones climáticas del Valdivia y con el tipo de residuo disponible.
- Representar una herramienta para solucionar la problemática de eliminación de residuos de distintas áreas del sector.
- Dar a conocer los costos de maquinarias e implementos requeridos para la evaluación del proceso.
- Servir como proyecto base para la futura implementación de una unidad de compostaje.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definición Compostaje.

El compostaje es un proceso biológico natural, y como técnica ha sido utilizada desde siempre por los agricultores. Es una forma de estabilizar los nutrientes del estiércol y otros residuos para su uso como fertilizante natural (CHILE, SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG), 1998).

DE CARLO *et al.* (2001); DÍAZ-BURGOS y POLO (1991) y GERDING *et al.* (1994), lo han descrito como un proceso biológico que involucra la respiración aeróbica, en el cual los microorganismos degradan el material orgánico sólido.

Por su parte ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS), (1999), señala que esta es una biotécnica, que permite mantener la materia orgánica dentro de su ciclo natural, ejerciendo un control y dirigiendo los procesos de biodegradación. Estas son la mineralización y la prehumificación a través de un conjunto de técnicas que permiten el manejo de variables del proceso, teniendo como objetivo final la obtención de un biofertilizante.

El material obtenido del proceso es denominado “compost”, biofertilizante de características físico-químicas, biológicas y microbiológicas predeterminadas (OPS, 1999). Este fertilizante contiene los nutrientes y otras sustancias necesarias para mantener la producción agrícola, la sanidad de las plantas y el buen estado del suelo. El equilibrio en que conviven los seres vivos que habitan el suelo, no se ve afectado por la aplicación de este fertilizante,

muy por el contrario, favorece su acción. Además, previene el daño de hongos e insectos (SAG, 1998).

2.2 Factores no biológicos que intervienen en el proceso de compostaje.

Según lo descrito, el proceso de compostaje está basado en la actividad de microorganismos, ya que son ellos los encargados de descomponer la materia orgánica. Para que estos perduren y puedan realizar su actividad con la máxima eficiencia, requieren de condiciones óptimas de humedad, pH, nutrientes, temperatura, particulado y aireación (GUERRERO, 1996).

2.2.1 Humedad. Esta es necesaria para que los microorganismos lleven a cabo sus procesos metabólicos. Provee el medio para las reacciones químicas, transporte de nutrientes y movilidad de los microorganismos (NATURAL RESOURCE AGRICULTURE AND ENGINEERING SERVICE (NRAES), 1992).

El contenido de humedad que debiera mantenerse en el proceso de compostaje fluctúa entre 50 a 70% del peso seco, ya que valores mayores hacen disminuir la actividad microbiana, debido a una disminución del oxígeno (Knorn, 1980 y Zöttl, 1977, citados por MENDEZ, 1997). Peixoto (1988), citado por LE BLANC (2000), señala además que, contenidos superiores de humedad disminuiría la temperatura de las pilas de compostaje.

Contenidos de humedad inferiores a 50% conllevan a una descomposición muy lenta, aún cuando sea aeróbica (WILLSON *et al.*, 1983).

2.2.2 pH. Este factor afecta los procesos bióticos y en consecuencia la tasa y velocidad a la cual ocurren (OPS, 1999). Los microorganismos que transforman la materia orgánica, principalmente bacterias y actinomicetes, prefieren un medio neutro o ligeramente alcalino, para desarrollarse ya que por debajo de pH 6 no actúan (GUERRERO, 1996 y OPS, 1999). Por otra parte, los hongos

presentan un buen desarrollo, dentro de un rango más amplio de pH (NRAES, 1992). De esta manera, se debe trabajar en el óptimo que fluctúa de 6 a 8 (Hoitnik y Poole, 1980 y Koepf, 1965, citados por CAVIEDES y VERGARA, 1988).

2.2.3 Relación carbono/nitrógeno. Una relación C/N inicial ideal es entre 25 y 30 (DE CARLO *et al.* 2001), de esta forma se favorecerá un buen crecimiento y desarrollo de los microorganismos, ya que estos utilizan el carbono como fuente de energía y el nitrógeno para la síntesis proteica (OPS, 1999). Si la relación C/N es inferior a 15:1, el nitrógeno se volatilizaría en forma de amoníaco; ya que no existirá el suficiente carbono para que los microorganismos puedan utilizar todo el nitrógeno disponible (Venegas, 1997, citado por LE BLANC, 2000). Mientras que una relación mayor hace que el proceso ocurra lentamente, ya que los microorganismos fijarán el nitrógeno disponible y el compost será muy pobre (Logsdon, 1978 y Ruskin, 1982, citados por CAVIEDES y VERGARA, 1988).

2.2.4 Aireación. Solbraa (1979), citado por MENDEZ (1997), señala que es de vital importancia una buena aireación durante el proceso de compostaje. Es una forma de evitar condiciones de anaerobiosis que llevarían a la producción de ácidos orgánicos, metano, anhídrido carbónico, etc., provocando un cese del proceso de descomposición aeróbica.

Si el suplemento de oxígeno es limitado, el proceso de compostaje se retarda (NRAES, 1992). Puesto que se propician las condiciones para el desarrollo de organismos distintos a los de una descomposición aeróbica (Peixoto, 1988, citado por LE BLANC, 2000). Por lo tanto es necesario una concentración mínima de oxígeno de 5% en los espacios porosos de la pila de compostaje (NRAES, 1992).

2.2.5 Tamaño de partículas. Según FARIAS *et al.* (1999), el tamaño de partículas es inversamente proporcional a la velocidad de compostación. Es así como DE CARLO *et al.* (2001), señalan que al triturar el material en partículas pequeñas y homogéneas se tiene un área superficial adecuada para la acción de microorganismos.

2.2.6 Temperatura. Es un parámetro de gran utilidad en el proceso de descomposición, debido a su efecto en el crecimiento y actividad metabólica de los microorganismos (Ruskin, 1981, citado por CAVIEDES y VERGARA, 1988).

Debido a que cada grupo de microorganismos que se suceden en el compostaje, poseen una temperatura óptima para realizar su actividad (Criófilos, de 5 a 15°C; Mesófilos, de 15 a 45°C; o Termófilos de 45 a 70°C). El grupo favorecido descompondrá la materia orgánica de modo de obtener materia y energía. En este proceso se emitirá calor, el que hará variar la temperatura de la pila de residuos, dependiendo del volumen de esta y de las condiciones ambientales (NRAES, 1992).

CUADRO 1 Condiciones óptimas para un adecuado compostaje.

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	Varia según material, tamaño de la pila
PH	5,5 – 9,0	6,5 – 8,0
Temperatura (C°)	45 – 65	55 – 60

FUENTE: Adaptado de CHRISTIAN *et al.* (1997).

2.3 Descripción general del proceso.

El compostaje se caracteriza por los metabolismos aeróbicos y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10-40°C) con fases termogénicas (40-

75°C), y por consiguiente, la participación de microorganismos mesófilos y termófilos, según corresponda (OPS, 1999).

Los primeros microorganismos que actúan en el proceso provienen de los residuos que se compostarán. Estos, en las primeras etapas se multiplican cambiando las condiciones del medio, haciéndolas aptas para que actúen otros grupos microbianos (DE CARLO *et al.* 2001). Todos difieren en sus características nutricionales (quimioheterotrofos y quimioautotrofos), entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada (OPS, 1999).

Esta actividad, involucra procesos metabólicos que ocasionan un marcado aumento de la temperatura (DE CARLO *et al.* 2001). Los microorganismos, al oxidar la materia orgánica, promueven el rompimiento de las uniones entre moléculas de carbono, liberando energía en forma de calor (Peixoto, 1988, citado por LE BLANC, 2000).

Los primeros incrementos de temperatura se dan en la llamada “etapa mesotérmica”, donde los rangos varían de 10 a 40°C, debido a la rápida multiplicación de los microorganismos mesófilos (WEHRAHNN, 2003). Durante esta fase, ocurre la descomposición de los materiales fácilmente degradables, tales como azúcares, almidón y proteínas (Hoitnik y Poole, 1980, citados por CAVIEDES y VERGARA, 1988).

En la medida que sigue aumentando la actividad metabólica, la temperatura se incrementa, lo cual favorece el desarrollo de la microflora termófila que se ha encontrado en estado latente en los residuos (OPS, 1999). De esta forma, la temperatura, alcanza rangos que van desde 40 a 75°C, denominándose a esta etapa “termogénica” (CHRISTIAN *et al.*, 1997). Esta parte del proceso de compostaje es de gran importancia, ya que por acción de las altas temperaturas se eliminan los patógenos mesófilos, hongos, esporas,

semillas y elementos biológicos indeseables. También se producen emanaciones de vapor de agua y CO₂, el cual juega un rol fundamental en el control de larvas de insectos (OPS, 1999).

En la medida que se agotan los nutrientes y desaparece la microflora termófila, la temperatura comienza a descender hasta alcanzar niveles cercanos a la del ambiente. Esto indica que el material se encuentra biológicamente estable ya que no existe actividad de microorganismos, puesto que se han agotado los nutrientes por lo cual no existe actividad metabólica, de esta forma se da por culminado el proceso (OPS, 1999;).

Sumado a las características mencionadas de estabilización del compost, FAO/PNUD (1979), citados por CAVIEDES y VERGARA (1988), señalan que en ese momento, el material se caracteriza por presentar constituyentes de naturaleza húmica, productos intermedios de la descomposición de las materias originales, compuestos sintetizados por los microorganismos y organismos tanto muertos como vivos. Además, se encuentra finamente desmenuzado, presenta una estructura granular, de color negro y olor característico a tierra de hojas y con una relación C/N entre 10:1 a 20:1 (Ruskin, 1981, citado por CAVIEDES y VERGARA 1988).

2.4 Dinámica del proceso de compostaje.

Esta técnica, trata de imitar en forma parcial los cambios que sufre la materia en la naturaleza (OPS, 1999). Es así como la materia orgánica se somete a una serie de transformaciones por acción de microorganismos que atacan una vez que restos vegetales y animales han sido destruidos mecánica y físicamente. Esta materia es parcialmente mineralizada a sus constituyentes básicos inorgánicos, tales como nitrógeno, fósforo, azufre, entre otros; por su parte, aquella fracción más resistente que no sufrió alteraciones, es humificada,

originando un complejo amorfo denominado “humus” (CHILE, CORPORACIÓN DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA (INTEC), 1999).

Tres son los grupos de microorganismos más destacados y que actúan en el proceso, aún cuando participan muchos otros tipos, tales como gusanos e insectos; Sin embargo, los principales protagonistas de este proceso son bacterias, actinomicetes y hongos. De éstos, las bacterias son las que se encuentran en mayor número (NRAES, 1992).

La transformación de los residuos se puede subdividir en dos etapas, una física (desintegración) y una química (descomposición). En la primera los residuos son divididos mecánicamente (Peixoto, 1988, citado por LE BLANC, 2000). En la segunda, por acción de enzimas extracelulares, los residuos son descompuestos en sus unidades estructurales básicas. Luego son absorbidas y oxidadas por los microorganismos heterótrofos, que emplean la energía de la oxidación en su metabolismo. Esta descomposición continúa mientras exista oxígeno, agua, temperatura adecuada y los niveles de nutrientes sean los indicados para los organismos descomponedores (BOHN *et al.*, 1993).

Los compuestos más importantes a ser transformados en el proceso de mineralización son el carbono y nitrógeno. Este conduce a una pérdida gaseosa del carbono a través del proceso respiratorio. El nitrógeno persiste ligado en combinación orgánica e incorporado a las células microbiales (ALEXANDER, 1961). Esto explica la tendencia a la disminución de la relación C/N a través del tiempo. Cuando esta relación es inferior o cercana a 20:1 el nitrógeno es liberado en forma de NH_4^+ (Thompson, 1965; Pritchett y Fisher, 1987, citados por CONTRERAS, 1996).

Una de las primeras etapas de la mineralización del nitrógeno, corresponde a la amonificación, que consiste en la hidrólisis de proteínas y

ácidos nucleicos, liberándose aminoácidos y bases orgánicas nitrogenadas. Parte de los aminoácidos dan lugar a aminas que en presencia de aire se oxidan a compuestos amoniacales (NH_3 y NH_4^+). Estos son transformados en nitratos por medio del proceso de nitrificación. Aquí actúan dos grupos de bacterias: *Nitrosomonas*, que oxidan el amonio a nitrito (NO_2^-) y *Nitrobacter*, que oxidan el nitrito a nitrato (NO_3^-) (OPS, 1999). El nitrato liberado puede ser lixiviado, retenido o denitrificado por ciertas bacterias (Wember *et al*, 1987, citado por CONTRERAS, 1996).

La oxidación del SH_2 y azufre elemental a sulfatos, es realizada por bacterias aeróbicas quimioautótrofas incoloras del azufre. Esta oxidación da lugar a la formación de iones hidrógeno, produciendo una acidificación del medio (OPS, 1999).

Todos los procesos anteriormente descritos se suceden progresivamente en el proceso de compostaje. Se obtiene un compuesto final que posee mejores propiedades de sorción, capacidad de intercambio más elevada y menor relación C/N (Weber *et al.*, 1987, citado por CONTRERAS, 1996).

2.5 Materias primas del compost.

Para la elaboración del compost, es posible utilizar cualquier materia orgánica, ya sea restos vegetales, guanos, purines, desechos del hogar, etc, siempre y cuando esta no se encuentre contaminada (OPS, 1999).

CONTRERAS (1996) y HERMOSILLA (1996), indican que la corteza de especies arbóreas nativas chilenas, resulta ser un buen material para transformarlo en un biofertilizante, aún cuando resulta necesaria su corrección en nitrógeno y pH. Lo mismo señala MENDEZ (1997), en relación a la utilización de aserrín de la especie introducida, *Pinus radiata* D. Dom como materia prima del compost.

Otros autores, tales como GARCIA *et al.* (1991), mencionan como una muy buena alternativa, el tratar la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. Por otra parte, es posible reciclar los lodos de depuradoras (DIAZ-BURGOS y POLO, 1991 y YAMADA *et al.*, 1988).

KEELEY y SKIPPER (1988), mencionan que también es posible obtener un fertilizante de buenas características para la agricultura, utilizando como material base, los desechos provenientes de mataderos, ya sea de cerdos, vacunos, corderos, etc.

CUADRO 2 Materiales comúnmente utilizados para compostar.

Residuos agrícolas	Residuos forestales	Residuos pecuarios	Otros
De cosechas	Corteza de árbol	Estiércoles	Residuos de mataderos
Heno	Aserrín	Purines	Residuos del procesamiento de
Restos de ensilaje	Viruta		pescado
Hojas	Chipeado		Lodos
	Papeles		
	Cartones		

FUENTE: NRAES (1992).

2.5.1 Activadores del proceso de compostaje. CONTRERAS (1996), señala que dependiendo del material que se utilizará para compostar, es necesaria la adición de iniciadores de la descomposición, así como también de compuestos que corrijan la relación C/N, de manera que los microorganismos encuentren las condiciones óptimas para realizar la descomposición del material orgánico.

Una medida de acelerar el proceso de compostaje, es incorporar microorganismos apropiados o preparados a base de vegetales tales como

preparados biodinámicos (CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN), 1999). Es así como, RONDANELLI (1994), menciona la adición de inóculo de mantillo proveniente de bosque nativo, por su elevado contenido de microorganismos.

NRAES (1992), señala como buena alternativa, incorporar compost ya estabilizado, como una manera de proveer una carga microbiana inicial.

Para corregir las relaciones C/N iniciales, en aquellos materiales que presentan esta relación muy elevada, es posible la adición de urea u otros fertilizantes nitrogenados (NRAES, 1992). Sin embargo, en la agricultura orgánica no está permitido adicionar cualquier producto químico, por esto cuando es necesario solucionar un problema de este tipo, está permitido adicionar salitre (INN CHILE, 1999).

Para corregir el pH de la materia prima, es posible la adición de cenizas dendroenergéticas, que por presentar elementos minerales tales como K, Ca y Mg en forma de óxidos, al reaccionar con el agua sufren una hidrólisis, transformándose en hidróxidos de carácter alcalino, aumentando el pH de los medios mas bien ácidos (GREZ *et al.*, 1992).

2.6 Sistemas de compostaje.

Existen diversos procedimientos para efectuar la compostización, que van de métodos tan sencillos como lo es el amontonamiento del material al aire libre (INTEC, 1999; NRAES, 1992 y OPS, 1999;) hasta el uso de biorreactores (INTEC, 1999).

2.6.1 Sistemas en camellones o parvas. Este es un sistema relativamente simple, el más económico y más utilizado (WEHRAHAHN, 2003).

Camellones, parvas o pilas, es el nombre con el cual se denomina a la masa de residuos en compostaje, cuando esta presenta una morfología y dimensiones determinadas (OPS, 1999).

2.6.1.1 Compostaje pasivo en pilas de estiércol. Este sistema también es denominado estercolera, muy antiguo y tradicional en aquellas casas de campo que poseen ganado. Consiste en el amontonamiento del material en pilas, donde deben pasar por largo periodo de tiempo para completar la descomposición. El manejo de esta pila es mínimo, y no posee un sistema de mezcla y aireación del material, razón por la cual no se mantienen constantemente las condiciones para una compostización aeróbica (NRAES, 1992).

2.6.1.2 Compostaje en hileras volteadas continuamente. También conocido como “windrows”. Consiste en la formación de pilas largas y angostas con la materia prima disponible, la cual es removida o agitada en forma regular. De esta manera la masa de materiales que están en compostaje mantienen una porosidad adecuada para la oxigenación por convección natural. Con la remoción del material es posible controlar la temperatura de la pila, la humedad, emisión de olores (NRAES, 1992).

Generalmente, las hileras son construidas con una altura de 1,2 a 2,5 metros de altura y de 3 a 6 metros de ancho (CHRISTIAN *et al.* 1997; NRAES, 1992), siendo la longitud variable (WEHRAHAHN, 2003).

La sección normalmente tiende a ser trapezoidal, sin embargo, en zonas con alta pluviometría, tienden a ser semicirculares. De esta manera se favorece el drenaje del agua (WEHRAHAHN, 2003). Aunque el tamaño, forma y espaciamiento entre las hileras dependerá de la maquinaria utilizada para remover el material (NRAES, 1992).

2.6.1.3 Pilas aireadas pasivamente. Este sistema elimina la necesidad de remover el material para oxigenarlo, ya que se instalan en la pila tubos con perforaciones, los cuales dan un efecto chimenea, donde los gases de la pila son liberados a través de estos, y a través de los cuales también ingresa aire permitiendo suplir las necesidades de oxígeno. Generalmente presentan una altura de 1 a 1,2 metros y una base de 10 metros de ancho. Estas pilas son construidas sobre una base de paja, turba o estiércol descompuesto, de manera de absorber la humedad y aislar la hilera; también es posible cubrir la hilera con turba o compost, para retener humedad y olores (NRAES, 1992).

2.6.1.4 Pilas estáticas ventiladas. Este método también utiliza tubos perforados de 10 a 20 centímetros de diámetro y una base porosa, conectada a un sistema que insufla aire a pilas que presentan una longitud de aproximadamente 24 metros (CHRISTIAN *et al.*, 1997).

En la base porosa que puede ser de *chip* de madera, paja u otro material poroso, va el tubo perforado a lo largo de la hilera, el que a su vez está conectado a un ventilador el cual aspira o impulsa el aire de la pila permitiendo una oxigenación uniforme (NRAES, 1992).

2.6.2 Sistemas cerrados o en contenedores. Procesos realizados en túneles, o en contenedores, permiten ampliar la capacidad de tratamiento, añadiendo al unidades de tratamiento necesarias. El recipiente puede ser desde un silo hasta un foso de hormigón (WEHRAHAHN, 2003).

2.6.2.1 Compostaje en tambor. El proceso tiene lugar en un tambor de acero de rotación lenta intermitente, la cual permite el desembrollado del material y su homogeneización. Las emisiones de olor son extraídas por un sistema de ventilación, siendo dirigidas a un bio-filtro para su eliminación. Los líquidos

liberados durante la transformación del material, es realimentado al residuo orgánico por la rotación del sistema (WEHRAHAIN, 2003).

2.6.2.2 Silos. Este sistema se lleva a cabo en contenedores verticales donde el material es cargado diariamente por la parte superior y en la parte inferior existe una especie de tornillo sin fin que va retirando el material una vez que ha finalizado su proceso de compostaje. El sistema de aireación va situada en la base del silo, el cual proporciona el aire que fluye hacia la parte superior a través del material; en la parte superior o tapa del silo existe un extractor, el cual permite la colección del aire para tratar los olores. Generalmente, el tiempo requerido para que el material esté listo es de catorce días, razón por la cual una catorceava parte del material que se encuentra en el silo es retirado diariamente. Una vez que el compost es retirado, a menudo es llevado a un segundo silo aireado para su maduración (NRAES, 1992).

2.6.2.3 Compostaje en túnel. Este sistema consiste en disponer el material en un túnel cerrado, fabricado generalmente de hormigón. La ventilación es controlada por impulsión o aspiración del aire (WEHRAHAIN, 2003).

2.6.2.4 Compostaje en compartimientos. Aquí el material es contenido entre paredes, lo cual permite el apilamiento de una mayor cantidad de material, además de un mejor aprovechamiento del espacio. También permite un adecuado control de los lixiviados, olores y temperatura. Este sistema opera en forma similar al de pilas estáticas ventiladas. Incluyen algunos medios de aireación forzada en el piso del contenedor y existe poco o nada volteo del material, aunque hacerlo en forma ocasional vigoriza el proceso (NRAES, 1992).

2.6.2.5 Camas rectangulares agitadas. Este sistema combina la aireación controlada y el volteo periódico. El proceso tiene lugar entre paredes que

forman largos canales angostos denominados camas, de las cuales pueden ir varias una al lado de la otra. Sobre cada pared va un carril que soporta y dirige una máquina que voltea el material por medio de unas aspas, permitiendo mantener una porosidad adecuada del material. Muchos de estos sistemas incluyen métodos de aireación por medio de tubos perforados o bien por perforaciones en el piso del contenedor, que van conectados a unos sopladores, de esta forma entre cada volteo, se supe de oxígeno y se enfría el material de modo de mantener las condiciones para un óptimo proceso (NRAES, 1992).

2.7 Ventajas y limitaciones en el proceso de compostaje.

El compostaje como técnica, permite la obtención de un fertilizante a bajo costo de producción, dependiendo del método utilizado, permitiendo mantener la materia orgánica dentro del ciclo natural, no incinerándola ni "ensilándola" (OPS, 1999). Además, permite la reutilización no solo de los desechos agrícolas, sino que también de la agroindustria, forestales, ganaderos, sólidos y líquidos urbanos (FARIAS *et al.*, 1999).

Por otra parte este proceso permite reducir masa, volumen, posibilidades de contaminación, olores desagradables y desarrollo de insectos (DE CARLO *et al.*, 2001).

KEELEY y SKIPPER (1988), indican que las altas temperaturas alcanzadas en el proceso, provocadas por el metabolismo microbioal, es suficiente para la destrucción de la viabilidad de semillas y microorganismos patogénicos. Así como también la competencia microbiana por nutrientes y los niveles de toxinas producidos en la distintas etapas del proceso, son mecanismos que permiten obtener un compost libre de patógenos (Yuen y Raabe, 1984, citados por GONZALES, 1991).

Además, de los beneficios mencionados, se pueden destacar aquellos relacionados con el sistema de producción sana, la mano de obra utilizada y su valor en la formación ambiental. También es importante mencionar, la disminución en la utilización de agroquímicos (NRAES, 1992 y OPS, 1999).

WEHRAHAHN (2003); NRAES (1992); Koepf (1965), citado por CAVIEDES y VERGARA (1988) y OPS (1999), mencionan como principales ventajas del compost, sus cualidades de mejorador de las propiedades físicas del suelo. Es así como beneficia la estructura, incrementa la porosidad y por consiguiente la permeabilidad y ventilación; permite reducir la erosión del suelo; incrementa la capacidad de retención de agua y de energía calórica.

Beneficia notablemente las propiedades químicas del suelo, incrementando la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre (SOTOMAYOR, 1978). Asimismo, permite una mayor eficiencia en la fertilización, principalmente en la nitrogenada; debido a su alto poder tampón estabiliza la reacción del suelo; alta capacidad de absorción, lo cual le permite inactivar residuos de plaguicidas (WEHRAHAHN, 2003).

Este proceso, además permite la presencia de microorganismos benéficos en el suelo, ya que lo inocula y estimula su reproducción en el (FAO/PNUD, 1979, citado por CAVIEDES y VERGARA, 1988).

De igual manera, gracias a la presencia de microorganismos benéficos que actúan como biocontroladores, previene el ataque de plagas; donde su mecanismo de acción está dado por la interacción de tres factores: microparasitismo, producción de antibióticos y competencia de nutrientes entre microorganismos (Pascual, 2000, citado por ZARATE, 2001). Es así como DIAB *et al.* (2003), señala el efecto positivo de compost en el control de *Rhizoctonia solani* y *Pithyum*, mientras que Pascual (2000), citado por ZARATE (2001),

menciona el uso de algunos compost procedentes de residuos agrícolas y mataderos para el control de *Fusarium*, *Phytophthora* y *Sclerotinia*.

Uno de los mayores inconvenientes importantes de mencionar es el contenido de metales pesados proveniente de los residuos a compostar (Chu y Wong, 1987; Cabrera *et al.*, 1988; Adams y Kissel, 1989, citados por GARCIA *et al.*, 1991 y Bevacqua y Mellano, 1994; Pascual, 2000, citados por ZARATE, 2001).

La contaminación producida por los metales pesados, puede ser difundida en el medio ambiente y ser incorporada en la cadena alimentaria, pudiendo afectar a los seres vivos (Weber y Reid, 1969; Lagerweff, 1972, citados por GARCIA *et al.*, 1991).

Bevacqua y Mellano (1994); Pascual (2000), citados por ZARATE (2001), señalan que otro riesgo de utilizar este tipo de enmienda, es el incremento en los niveles de salinidad y también la incorporación de sustancias alelopáticas o bien fitotóxicas desde materias primas. Estas razones exigen un monitoreo tanto en la elaboración del compost como en su aplicación, ya que se deben en gran medida a una mala gestión del material orgánico a compostar.

3. MATERIAL Y METODO

3.1 Material.

Para llevar a cabo el presente trabajo, esencialmente se recurrió a recolectar información existente y darle un respaldo bibliográfico. Estos antecedentes constituyen los elementos esenciales para formular una propuesta con bases sólidas para el diseño de una “Unidad de Compostaje” (UC).

3.1.1 Ubicación de la Unidad. El diseño de la UC forma parte de una propuesta para la implementación de una Estación Experimental de Agricultura Orgánica en el Fundo Santa Rosa de la Universidad Austral de Chile. Este predio se ubica en la provincia de Valdivia, entre los paralelos 39° 45` 30`` a 39° 47`30`` latitud sur y entre los meridianos 73° 14`5`` y 73° 13`5`` longitud oeste (NISSEN, 1974), tal como se aprecia en el Anexo 1. Se encuentra a una altura de aproximadamente 14 metros sobre el nivel del mar (GUARDA, 1985).

Se tiene acceso por el sector de Las Ánimas, desde la calle Avenida España. Por esta vía, desde el puente Calle-Calle al predio existen 3,5 kilómetros aproximadamente. Una segunda vía de acceso se encuentra por la entrada norte a la ciudad, a unos 3,5 kilómetros antes de ingresar al sector de Las Ánimas. Desde este punto hasta el predio existen 4,3 kilómetros aproximadamente.

Es importante destacar que en un futuro cercano, es posible la construcción de un puente sobre el río Cau cau, que comunique la Isla Teja con el sector de Las Ánimas. Con esta obra, la Estación Experimental Santa Rosa, quedaría a una distancia inferior a la actual del Campus Isla Teja.

3.1.2 Características climáticas. NISSEN (1974) y HUBER (1970), señalan que en el fundo Santa Rosa, existe un clima templado lluvioso con influencia marítima por su relativa cercanía al mar y a la hoya hidrográfica de los ríos Valdivia y Cruces.

3.1.2.1 Temperatura. La temperatura media anual es de 12,7°C, con un valor medio mensual máximo de 15,9°C en el mes de enero y una media mínima mensual de 7,5°C en el mes de julio (HUBER, 1970).

3.1.2.2 Precipitación. Las precipitaciones presentan un promedio anual de 2500 mm. aproximadamente. Donde los mayores niveles registrados se encuentran en invierno, con aproximadamente un 44% de agua caída (ELLIÉS, 2000).

3.1.2.3 Humedad relativa. En Valdivia, en los meses de invierno, el curso de la humedad relativa es bastante parejo y elevada, principalmente en los días lluviosos donde alcanza un promedio de 100%. Durante el verano, el curso diario es bastante variable, es así como en la madrugada es posible encontrar valores cercanos al 100%, mientras que a media tarde los valores son inferiores al 50% (HUBER, 1970).

3.1.2.4 Vientos. En general, la zona de Valdivia se caracteriza por tener una cantidad importante de horas al día durante las cuales prácticamente no se registran vientos (estado de calma). En promedio esta situación supera las 7 horas. Durante el periodo abril – septiembre los vientos predominantes son N y NE. A partir de octubre la dirección N se hace menos frecuente y da paso a la dirección en la cual participa el componente S y W, que predominan durante el resto del año.

La velocidad promedio diaria mensual del viento a través del año es bastante pareja. En el periodo mayo – agosto se pueden registrar vientos que superan los 80 km/h. Durante los últimos 40 años en Valdivia, en la estación meteorológica de la Universidad Austral de Chile, en una sola ocasión se registraron ráfagas de viento que sobrepasaron los 150 km./h (UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE (UACH), 2003).

3.1.3 Tipo de suelo. El tipo de suelo que prima en el sector son los trumaos, de la Serie Valdivia (CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS NATURALES (IIRN), 1978).

3.1.4 Fuentes de información. Para tener las bases que permitan la realización de este trabajo de investigación, se recopiló y utilizó la siguiente información:

- Bibliográfica. La revisión de literatura, estuvo orientada a profundizar en aspectos de la tecnología del compostaje. Esta fue proporcionada por la biblioteca de la Universidad Austral de Chile, como también literatura facilitada por el Servicio Agrícola y Ganadero. Fue posible hacer uso de información confiable situada en internet, así como también de las bases de datos con las que dispone la Universidad que permiten la obtención de textos completos de diversas áreas.
- Institucional. Importantes fuentes de información fueron: a) I. Municipalidad de Valdivia, de donde se obtuvieron datos de los residuos de las ferias libres y fluvial. b) EDAS (Estación Depuradora de Aguas Servidas), quienes facilitaron antecedentes de los lodos activados eliminados durante el proceso de depuración.

- Industrial. De las empresas consultadas, INFODEMA S.A, relacionada al aserrío de la madera, facilitó sus registros de generación de residuos y la actual disposición de estos.
- Agropecuaria. Corresponde a la fuente de datos adquirida desde el rubro agropecuario que ejerce el fundo Santa Rosa y Vista Alegre. En este caso la información adquirida correspondió al estiércol proveniente de los patios de alimentación de ganado bovino.
- Personal. Información obtenida mediante comunicación personal con profesores de la Universidad Austral de Chile y funcionarios de diversas empresas e instituciones, tales como BIOLAND S.A, EDAS, EQUILAB S.A, INFODEMA S.A, I. Municipalidad de Valdivia y TERRAGRÍCOLA.

3.2 Método.

Para llevar a cabo la investigación, como ya se mencionó, se procedió a la recopilación de información desde distintos medios, de manera de adquirir los conocimientos necesarios para familiarizarse con el tema.

3.2.1 Diseño de la investigación. Según lo descrito por HERNÁNDEZ *et al.* (1998), corresponde a un diseño “no experimental” de investigación. En este tipo de análisis no se manipulan deliberadamente las variables, si no que, se trata de observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para luego ser analizados. En este caso, se evaluará la información disponible actualmente en el sector, para ver la factibilidad de diseñar teóricamente una unidad de compostaje.

3.2.2 Aspectos a considerar para el diseño de la unidad. Para llevar a cabo el diseño de la unidad fue necesario tener en consideración los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de material factible de compostar en el sector, a través del tiempo. Esta información fue adquirida mediante encuestas realizadas a empresas, organismos o unidades productoras (Anexo 2). Estas entidades se caracterizan por la eliminación de residuos aptos para ser compostados. Estos desechos corresponden a: a) restos vegetales eliminados en las ferias libres que se realizan durante la semana en distintos sectores de la ciudad y aquellos generados por la feria fluvial; b) lodos provenientes de la depuración de aguas servidas; c) restos del aserrío de la madera, tales como corteza, viruta y aserrín; d) estiércol recuperado de patios de alimentación de ganado bovino.

- Ubicación de la unidad de compostaje en el predio. Es decir, la superficie del predio escogida y las razones de ello, para lo cual se consideró: cercanía a vías de acceso, topografía, tipo de suelo, cercanía a fuentes de agua.

- Área de la que se dispondrá para la unidad de compostaje. Es la superficie destinada a cada una de las sub-unidades de las que estará conformada, como lo son: área de recepción de la materia prima, patio de compostaje, etc.

- Requerimiento de maquinaria para el funcionamiento de la unidad. Aspecto importante puesto se logrará una adecuada trituración de los residuos, volteo del material, cribado del compost, entre otras; en relación al sistema propuesto.

- Requerimiento de mano de obra para el funcionamiento de la unidad. Este es un aspecto estimativo que orienta a conocer el personal técnico y obrero mínimo para operar la unidad de compostaje.

- Costos implicados en la implementación. Estos son estimativos.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Ubicación de la unidad de compostaje en la estación experimental Santa Rosa de la Universidad Austral de Chile.

La Estación Experimental Santa Rosa (EESR), es una unidad perteneciente a la Universidad Austral de Chile (UACH). En esta, la Facultad de Ciencias Agrarias realiza labores de investigación, extensión y docencia. De acuerdo a este espíritu, resulta interesante y aconsejable en relación con la evolución que han tenido las Ciencias Agrarias, se implemente una Unidad de Agricultura Orgánica (UAO). Por lo tanto, dentro de esta filosofía es recomendable, que esta UAO cuente con una Unidad de Compostaje (UC).

Es importante mencionar que una UC tiene por objetivo esencial generar compost, lo que constituye, a su vez, el elemento fundamental y básico de fertilización orgánica en una UAO (SAG, 1998).

El predio, ocupa una superficie de 489,8 ha. que está ubicada a 3,5 km de la ciudad de Valdivia. La Figura 1 ilustra la distribución interna que actualmente posee. Este incluye potreros y subdivisiones destinados a ejecutar ensayos y tesis por profesores y alumnos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile.

Las construcciones en que se ubican salas de exposiciones, laboratorios, oficinas; así mismo existen galpones de almacenamiento de insumos agrícolas, maquinarias e implementos destinados a las distintas labores que se llevan a cabo e invernaderos, se ubican en el sector graficado en la Figura 1, aledaño al ingreso por Avenida España.

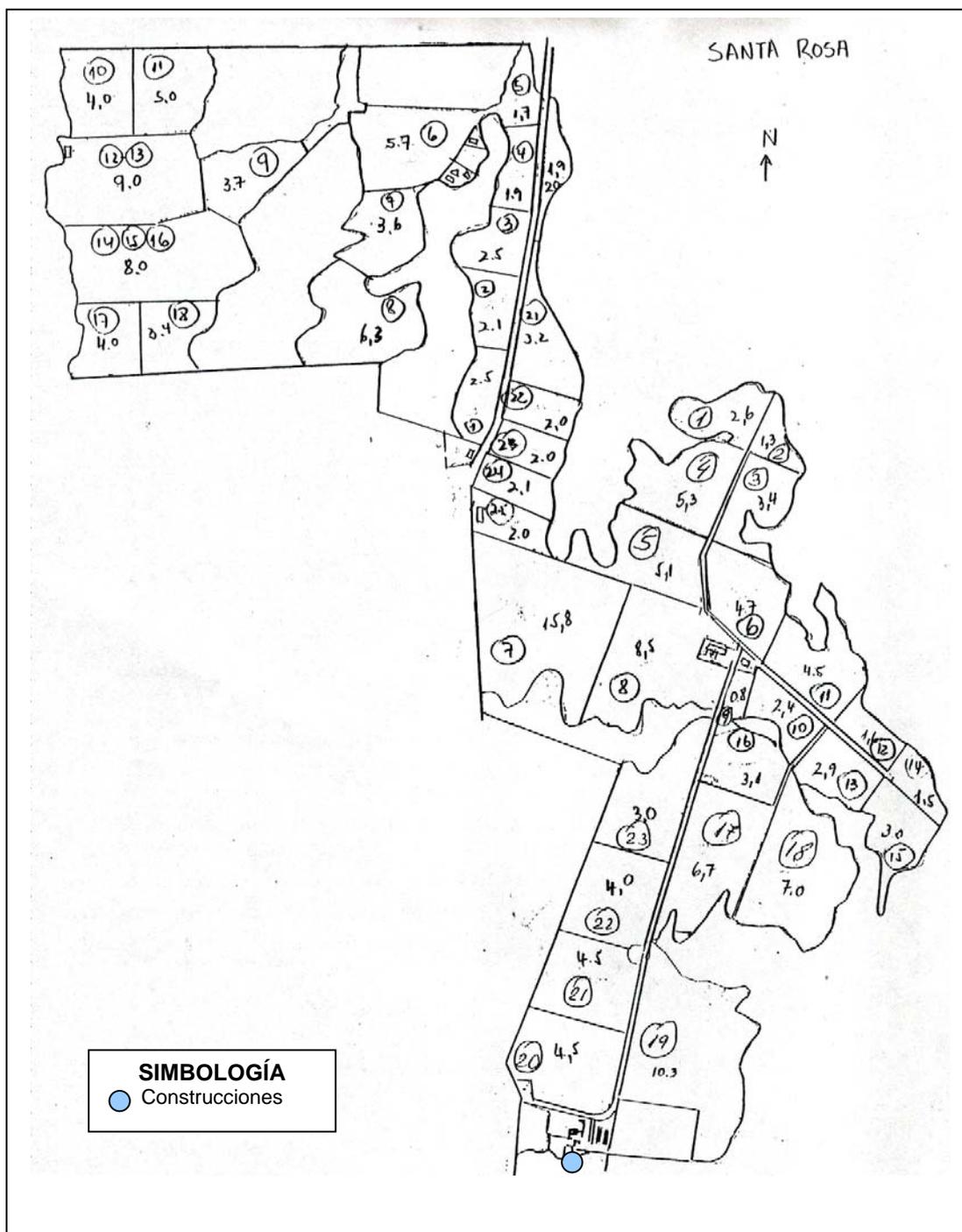


FIGURA 1 Plano de la Estación Experimental Santa Rosa¹.

¹ COLIN, J. (2003). Ing. Agr. Instituto de producción Animal. Comunicación personal.

De acuerdo a esta estructura predial y los antecedentes que se explicitan a continuación, se ha considerado adecuado establecer la UC en el lado norte del sector denominado con número 19 de la Figura 1, dentro de la UAO, por cuanto se dan las siguientes condiciones:

- _ Cercanía a la vía de acceso por Avenida España, lo cual facilita el ingreso de los camiones con material a la unidad. Como es posible apreciar en el mapa del predio, el terreno queda aledaño al camino interno de la EESR y este a su vez a una distancia de aproximadamente 400 m del camino que llega a la EESR por su entrada desde Avenida España.

- _ Cercanía a las construcciones (250 m aproximadamente). La EESR dispone de construcciones destinadas a laboratorios, sala de exposiciones, baños y galpones. Esto permitiría almacenar implementos requeridos para evaluar parámetros fisicoquímicos del material en proceso de compostaje y del compost propiamente tal. También se dispondría de espacio para realizar ensayos de laboratorio, tales como prueba de crecimiento de plantas, conocer la disponibilidad de nutrientes del compost que se está elaborando, el desarrollo de especies vegetales y con esto ser certeros al momento de indicar el mejor uso del compost que se elabora (INTEC, 1999).

- _ En la actualidad este sector dispone de sistema de riego, lo cual permite el acceso a la red hídrica. Por lo tanto permite suplir las necesidades de agua, para mantener el contenido de humedad durante el proceso de compostaje, así como también acceder a la limpieza de las construcciones y de la maquinaria.

- _ También, está cercana a la fuente eléctrica (100m aproximadamente). De esta forma es posible obtener la energía necesaria para la iluminación de los distintos galpones que conformarán la unidad.

- _ El terreno presenta pendientes que van de 3 a 8% (NISSEN, 1974), lo cual facilita la evacuación de las aguas pluviales y la captación de los líquidos lixiviados que se generan durante el proceso.

- _ El suelo no presenta problemas de drenaje (NISSEN, 1974). Esto representa una ventaja, ya que no existirán problemas de emposamiento en el terreno. Por consiguiente, se evitará la formación de lodos que impidan una adecuada manipulación de la UC.

- _ Parte del área se encuentra rodeada por una cortina de árboles, permitiendo un aislamiento natural del resto del predio (Figura 2).

De acuerdo a los criterios analizados, se concluye que el lugar seleccionado es apto para la instalación y funcionamiento de una UC.



FIGURA 2 Foto del terreno destinado a la unidad de compostaje.

Es importante destacar que un proyecto de esta índole, según el Artículo 10 de la Ley 19.300, referida a las Bases del Medio Ambiente, requiere de una Evaluación de Impacto Ambiental (CHILE, MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA, 1994). Sin embargo, el sector seleccionado para la instalación de la UC contempla una serie de características que según el artículo 11 de la Ley 19.300 son de gran relevancia, ya que el presente proyecto no requeriría de un Estudio de Impacto Ambiental, solo sería necesario presentar una Declaración de Impacto ambiental ante las entidades de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) o de la Comisión Regional respectiva (COREMA), de manera de obtener el permiso para llevar a cabo el proyecto:

- _ No se encuentra población, recurso, área y/o monumento nacional en el entorno.

- _ El área de emplazamiento no presenta zonas con valor paisajístico y/o turístico o zonas declaradas de interés turístico nacional.

- _ En el entorno, no se encuentran evidencias de lugares o sitios donde se lleven a cabo manifestaciones culturales o folklóricas de algún pueblo, comunidad o grupo humano.

- _ En la zona de emplazamiento, no se encuentra población, recurso o áreas protegidas susceptibles de ser afectadas.

Por lo tanto, de acuerdo a lo mencionado, el área destinada a la instalación de la UC no presentaría inconvenientes de acuerdo a lo que estipula la Ley en Chile.

4.2 Disponibilidad de material factible de compostar.

Encuestas realizadas a diversas empresas u organismos, revelan que existe gran cantidad de desechos aptos de ser compostados en las inmediaciones de la UC. Estos, en la actualidad son eliminados a vertederos municipales o incinerados en calderas para su uso como combustible, lo cual refleja el impacto ambiental y social de estas prácticas².

De acuerdo al Cuadro 3, se demuestra que la UC tiene una factibilidad real y justificable. Esto se deduce por la cantidad de material disponible tanto para transformar, como para realizar investigaciones orientadas al proceso de compostaje. A si mismo, estas fuentes de materiales refuerzan la hipótesis propuesta, que en la ciudad de Valdivia existe disponibilidad de material que justifica una unidad de esta naturaleza.

Tanto los restos vegetales como lignocelulósicos y lodos, son generados durante todo el año. Por su parte, el estiércol de ganado bovino es recolectado de los patios de alimentación de los respectivos fundos, durante los meses de marzo a octubre. Los restos de alimentos del casino de la Universidad Austral del Campus Isla Teja, son generados en los meses de marzo a diciembre.

Los materiales descritos en el punto anterior, permiten proyectar una UC bastante interesante, por cuanto se cuenta con materiales de distinta naturaleza y constituyentes. Es así como los estiércoles, varían considerablemente en su composición, dependiendo de factores tales como la clase y edad del animal, la clase y cantidad de alimento consumido, las condiciones del animal, y la leche producida o el trabajo efectuado (MILLAR *et al.*, 1975).

² I. MUNICIPALIDAD DE VALDIVIA. (2003). Departamento de Aseo y Ornato. Comunicación personal.

CUADRO 3 Materiales factibles de ser compostados generados en la ciudad de Valdivia.

Tipo de material	Fuente de origen	Promedio vol. mensual (m ³)	Actual lugar de eliminación
Restos vegetales	Ferias libres	116	Vertedero Morrompulli
	Feria fluvial	41	
Restos lignocelulósicos	INFODEMA	240	
Estiércol bovino fresco	Fundo Santa Rosa	160	Praderas
	Fundo Vista Alegre	128	
Lodos activados	EDAS	210	Vertedero Río Bueno
Restos de alimentos	Casino Campus Isla Teja	0,162	Vertedero Morrompulli

FUENTE: Resultado de encuesta aplicada a funcionarios de las distintas entidades mencionadas.

En general los estiércoles poseen una baja concentración de nutrientes como se presenta en el Cuadro 4.

CUADRO 4 Composición química de estiércol vacuno (base materia seca).

Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
	% del total					
Estiércol vacuno	2,0	1,5	2,0	2,0	4,0	0,5

FUENTE: PINOCHET (2001).

Dada la variabilidad de la composición química de estos fertilizantes, es necesario un análisis químico cuando se requiera su uso. Sin embargo, se menciona que en general, estos estiércoles poseen una relación C/N de 15 (OPS, 1999).

Se ha planteado la posibilidad de utilizar el estiércol del ganado bovino en esta unidad de compostaje, ya que este material descompuesto según PINOCHET (2001), es más rico en constituyentes alimenticios para las plantas. Esta mayor concentración de nutrientes se debe a la disminución de peso en base seca. En adición a esto, se puede mencionar que el nivel de descomposición de materia orgánica es un factor de gran relevancia en la supresión de enfermedades, ya que la materia fresca acoge patógenos altamente eficientes como saprófitos (INTEC, 1999).

Los residuos vegetales, presentan una amplia variación en su composición, sin embargo, en términos generales, se puede decir que presentan una relación C/N, relativamente baja (16) (OPS, 1999). Corresponde a un material de muy buena degradabilidad (NRAES, 1992).

Los materiales lignocelulósicos, presentan cantidades importantes de elementos nutritivos, tales como potasio, calcio, magnesio, fósforo y manganeso, entre otros, así como la participación de una gran variedad de compuestos orgánicos de carácter macromolecular. Sin embargo, es un material pobre en nitrógeno y la degradabilidad se ve limitada por este componente (GREZ Y GERDING, 1992). Esta limitante es superada mediante la corrección con el elemento o con una adecuada mezcla de materiales (HERMOSILLA, 1996). Presenta la ventaja de ser bueno en la retención de humedad y de olores (NRAES, 1992).

Por lo tanto, los materiales disponibles, aseguran la probabilidad de obtener un producto final compostado de buena calidad, siempre y cuando sean manejados respetando la relación C/N (25:1-30:1), el contenido de humedad (50-60%), el pH (6,5-8), la temperatura, la aireación y el tamaño de partículas (0,3 a 1,7 cm) (NRAES, 1992).

Las variaciones de eliminación en el caso de los restos vegetales no son muy claras, por falta de registros. Sin embargo, la información entregada por funcionarios del Departamento de aseo y ornato, señala que en promedio se generan diariamente 4,2 m³ en las ferias que se realizan en distintos sectores de la ciudad. Por su parte, la feria fluvial elimina aproximadamente 1,5 m³ diarios. Con el propósito de que la información sea más certera, resulta conveniente que el Departamento de Aseo y Ornato de la I. Municipalidad de Valdivia, mantenga un registro de los volúmenes y masa de material generados.

En el caso de los restos lignocelulósicos, estimar la producción diaria de desechos resulta algo más compleja. Esto se debe a que el volumen de estos

residuos es calculado mensualmente, producto de la acumulación de ellos a través del tiempo³.

Del material que es generado, no todo puede ser dispuesto en las instalaciones de la UC, debido a que la mayor parte de este es utilizado como combustible dentro de las instalaciones de la misma empresa. Otra parte del material es comercializado para los mismos fines. En definitiva, solo se podría disponer de un volumen aproximado a los 40 m³ mensuales.

Los datos entregados en relación con el estiércol, mencionan que durante el aseo de los patios de alimentación se recolectan 14 m³/día en el fundo Vista Alegre y 18 m³/día en el Fundo Santa Rosa. Estos desechos en la actualidad son utilizados como estiércol fresco para fertilizar las praderas que sirven de alimento para el ganado⁴.

Los lodos activados generados en la Estación depuradora de aguas servidas (EDAS), suman un volumen aproximado de 8 m³ diarios⁵.

Por su parte, los restos de comidas obtenidos en el casino, representan un volumen bastante inferior. En promedio se generan diariamente 0,0054 m³. Sin embargo, estas producciones diarias son bastante variables⁶.

Aún cuando los volúmenes sean pequeños, es importante considerar el reciclaje en el ámbito de la comunidad universitaria, tanto de docentes, estudiantes y funcionarios. Si bien es cierto, en la actualidad se está trabajando con basureros destinados a distintos materiales para posteriormente reciclarlos, aún al nivel de casino no existe separación de los desechos que eliminan.

³ DIAZ, C. (2003). Jefe de Producción INFODEMA. Comunicación personal.

⁴ COLIN, J. (2003). Ing. Agr. Instituto de Producción Animal. Comunicación personal.

⁵ MARCUELLO, G. (2003). Jefe de laboratorio EDAS. Comunicación personal.

⁶ ROLDAN, M. (2003). Administradora Casino Campus Isla Teja. Comunicación personal.

La producción de estos desechos se realiza en la ciudad, muy cercano al fundo Santa Rosa, tal como se aprecia en la Figura 3.

Los restos vegetales son generados en ocho ferias libres que funcionan en la ciudad durante todos los días de la semana, en las calles: Rubén Dario, Baquedano, Rubén Dario / Bernardo O'Higgins, Simpson / P.Montt, Los Pelues, San Miguel, Pedro Montt y, Mensel. También en la feria fluvial, ubicada en la costanera, como se aprecia en las fotos del Figura 4. Estas calles en promedio se ubican a una distancia aproximada de 6,5 km. del predio.

Los patios de alimentación del ganado bovino en la EESR, se ubican en el potrero denominado con número 8 en el plano del predio (Figura 1).

El predio Vista Alegre se encuentra a 6 km. en dirección norte de la ciudad de Valdivia (NISSEN y BARRIA, 1976).

La Estación Depuradora de Aguas Servidas (EDAS), se ubica en el sector de Las Mulatas, aproximadamente a unos 9 km. del predio Santa Rosa.

El casino del Campus Isla Teja, queda a una distancia aproximada de 7 km.

La empresa INFODEMA, se encuentra ubicada en la calle Avenida España, del sector de Las Animas, separada por aproximadamente 3 km del predio.

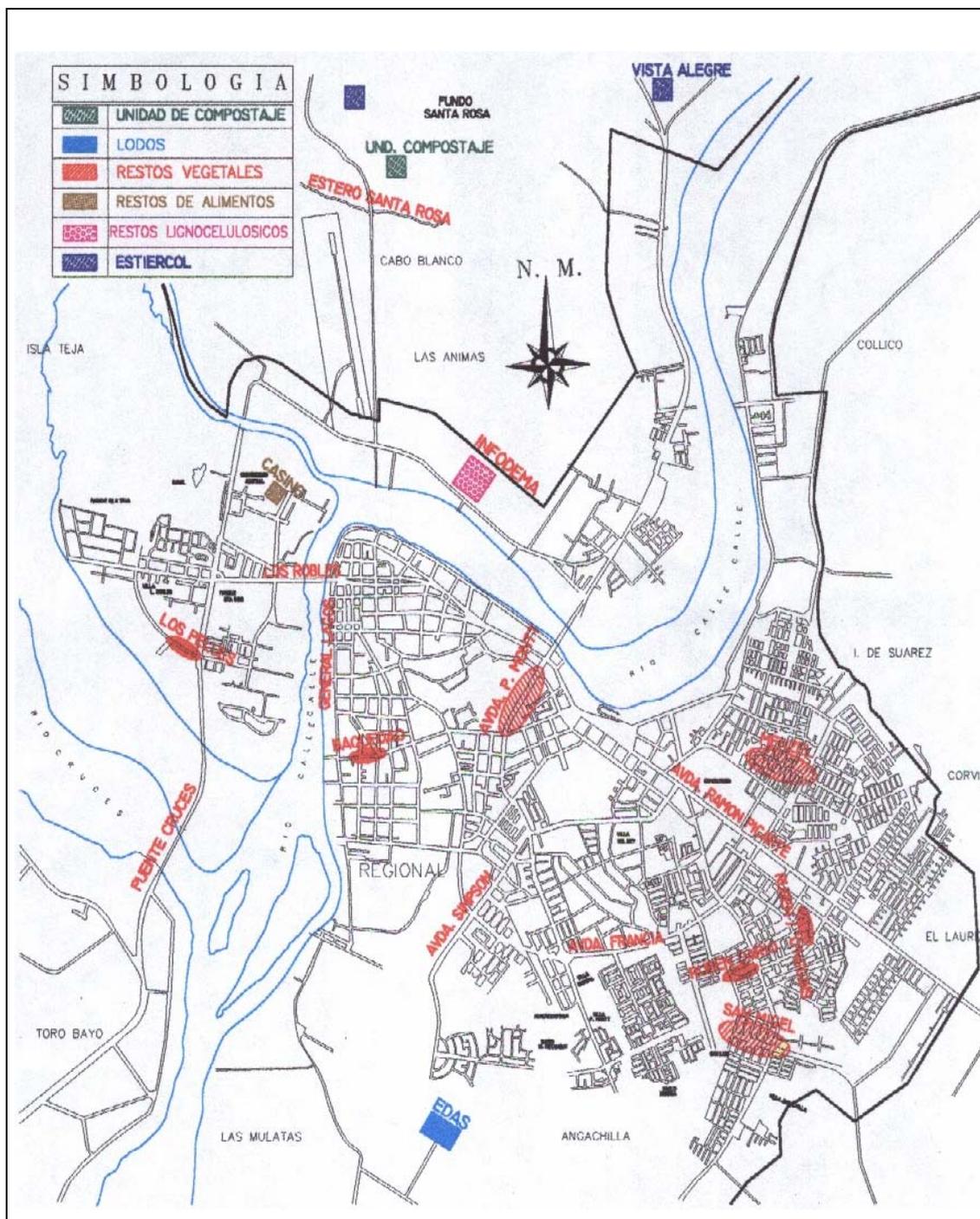


FIGURA 3 Plano de Valdivia y ubicación de las fuentes de origen de los materiales factibles de ser comportados⁷.

⁷ MUÑOZ, M. (2004). Topógrafo. Comunicación personal.



FIGURA 4 Fotos de feria fluvial y al aire libre generadoras de restos vegetales.

El hecho de que el predio en el que se propone ubicar la unidad de compostaje se encuentre cercano a las fuentes generadoras de residuos, representa una ventaja. Esto, ya que para entidades, tales como la I. Municipalidad de Valdivia resulta más económico disponer de los desechos en el predio que trasladarlos al vertedero Morrompulli.

En la ciudad, existen muchas otras fuentes generadoras de materiales que pueden ser compostados, tales como aserraderos, fruterías, desechos orgánicos domiciliarios. Sin embargo, no todas ellas mantienen un registro de los residuos que eliminan, ni la disponibilidad de entregar la información referente. En adición a esto, a escala social, no existe conciencia en cuanto a separar la basura reciclable, por lo cual resultaría necesario que en el ámbito gubernamental se planteen campañas dirigidas a la educación ambiental.

Por tratarse de una unidad de compostaje que forma parte de una estación experimental de agricultura orgánica; no todo el material disponible puede ser ingresado, ya que deben cumplir con los requisitos que exigen las actuales normas chilenas, referentes a producción orgánica (NCh2439) (INN, 1999) y a la norma en estudio referente a compost (NCh2880) (INN, 2003). De esta forma, los lodos, por provenir de un sistema de depuración de aguas servidas y por poseer agentes contaminantes tales como metales pesados, patógenos y coliformes fecales, no serían aceptables como materia prima.

Aún cuando los lodos pueden no formar parte de la materia prima para generar compost, es importante considerarlos en estudios posteriores. De esta forma se pueden incorporar a unidades convencionales en el mismo predio y ser utilizados como mejoradores de suelos, o bien, como abonos en parques y jardines. Si bien no pueden ser ingresados a un sistema orgánico, presentan características bioquímicas que los hacen aptos para su biodegradación y generación de compost, dado su alto contenido de materia orgánica, que es del

orden de 320 g/kg MS aproximadamente y su nivel de humedad cercano a 34%⁸. De esta forma se contribuiría a la comunidad, eliminando un foco de contaminación.

Aunque estos lodos presenten una carga microbiana fecal, los sistemas de compostaje, permiten la eliminación de estos agentes mediante la regulación de la temperatura. Al respecto INN, (2003), señala que en un sistema de hileras volteadas periódicamente, es necesario que el material esté expuesto durante 3 días consecutivos con temperaturas superiores a 55°C, para obtener un material apto sanitariamente de ser incorporado como abono.

En el Cuadro 5 es posible comparar los niveles de elementos traza presentes en los lodos y los niveles máximos permitidos en materias primas para compost.

CUADRO 5 Niveles de elementos traza permitidos en materia prima para compost y niveles aproximados presentes en lodos generados por Estación Depuradora de Aguas Servidas (EDAS).

Elemento traza	Contenido máximo permitido (mg/kg) base seca ¹	mg/kg en lodos ²
Cadmio	10	0,6
Cromo	1000	28,7
Cobre	1000	228
Mercurio	10	<1,00
Niquel	200	9,7
Plomo	800	52,6
Zinc	3000	560
Cromo + Cobre + Niquel + Zinc	4000	322,4

FUENTE: ¹ INN CHILE, 2003; ² Jefe de Laboratorio de la EDAS.

⁸ MARCUELLO, G. (2003). Jefe laboratorio EDAS. Comunicación personal.

Además, como ya se mencionó, este material es posible obtenerlo durante todo el año, aún cuando existan variaciones sobre su disponibilidad en los distintos meses como se puede apreciar en la Figura 5.

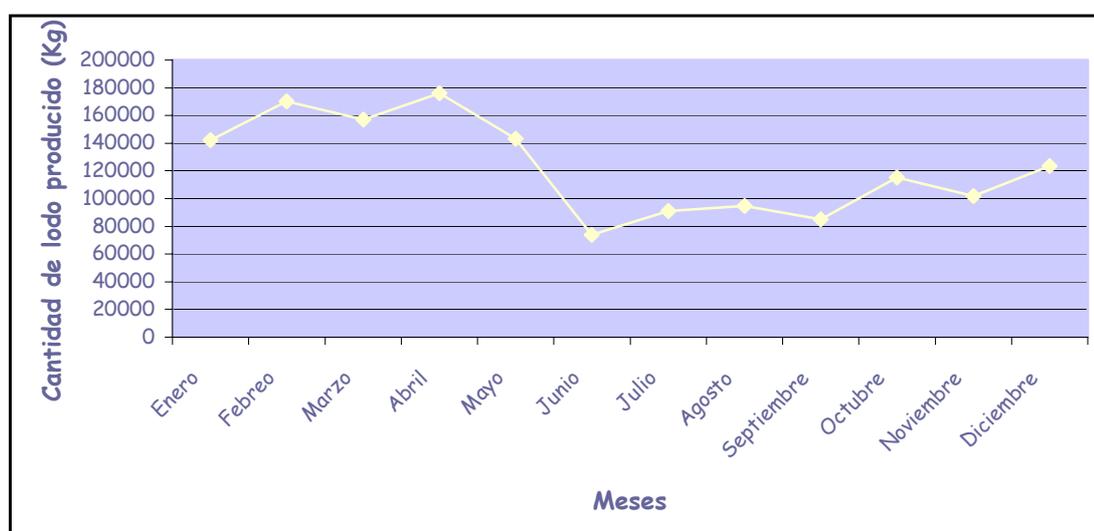


FIGURA 5 Cantidad de lodos producidos a través del año en la Estación Depuradora de Aguas Servidas (EDAS)⁹.

4.3 Diseño de la unidad de compostaje.

A continuación se presenta la propuesta de diseño, indicándose cada una de las sub-unidades por las que estará compuesta la unidad y la implementación requerida en cada una de ellas, de manera de elevar la eficiencia y facilitar el manejo de este.

El sistema ha sido propuesto, teniendo en consideración esencialmente los siguientes aspectos:

- _ Tipo de material disponible.
- _ Condiciones climáticas (precipitaciones, temperaturas).
- _ Costos de implementación.

⁹ MARCUELLO, G. (2003). Jefe de laboratorio EDAS. Comunicación personal.

Como se ha mencionado, uno de los factores de mayor importancia en el proceso del compostaje es la regulación de la temperatura. El manejo de esta variable permitirá eliminar los patógenos presentes en la materia prima y destruir la viabilidad de las semillas de malezas (Yuen y Raabe, 1984, citados por GONZALES, 1991). Además, el manejo de esta permitirá acelerar el proceso (NRAES, 1992).

En relación con lo mencionado, es necesario proponer un sistema que supere las limitantes climáticas principalmente. Específicamente, las altas pluviometrias registradas en los meses de invierno, así como las bajas temperaturas presentes en los mismos meses (Figura 6).

En los Anexos 3 al 6 se presentan los datos facilitados por la estación meteorológica de la Universidad Austral de Chile, referentes a temperatura y pluviometría registrados durante diez años.

Es importante destacar, que el diseño propuesto, trata de adaptarse a la realidad económica, climática y social de nuestro país en general y a nuestra ciudad en particular. Así como también a la disponibilidad de recursos de la Universidad Austral de Chile.

Sistema de compostaje en hileras volteadas continuamente. En función de los aspectos mencionados, se propone el sistema denominado “windrows”. Esta opción se propone basada fundamentalmente en los costos implicados y la facilidad en su manejo, que resulta económico y efectivo en aquellos meses del año en que las precipitaciones no reflejan ser una limitante. Sin embargo, dada la realidad climática de la ciudad de Valdivia, es necesario que el área destinada a la formación de las hileras se encuentre protegida de las adversidades climáticas. De esta forma, se propone que el sistema opere bajo techo.

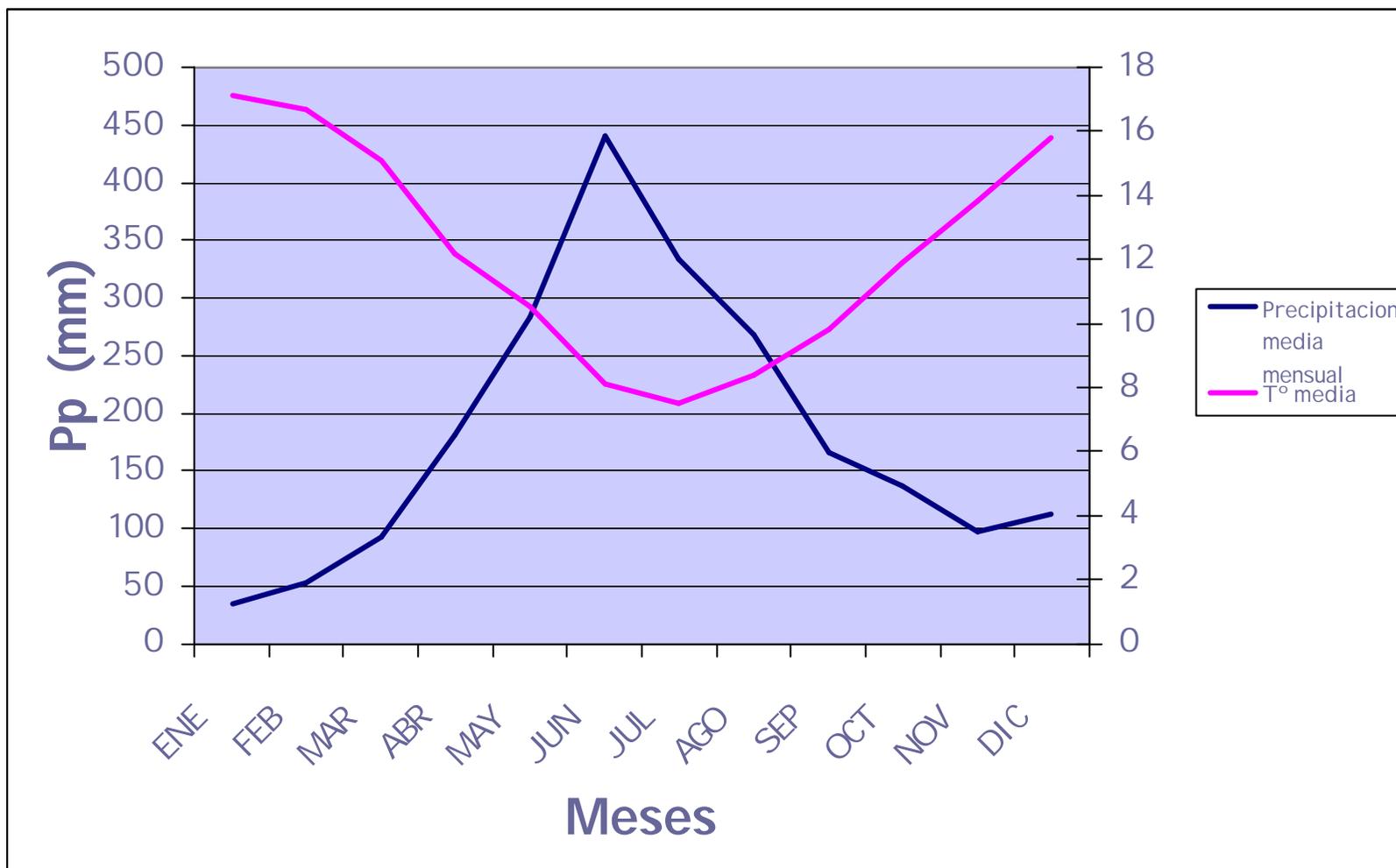


FIGURA 6 Precipitaciones y temperaturas medias mensuales.

FUENTE: UACH (2003).

Debido a las características de la maquinaria disponible en el país para el volteo de las hileras, la sección de estas tenderá a ser trapezoidal. Además, se permite un mayor aprovechamiento del espacio accesible (INTEC, 1999) (Figura 7).

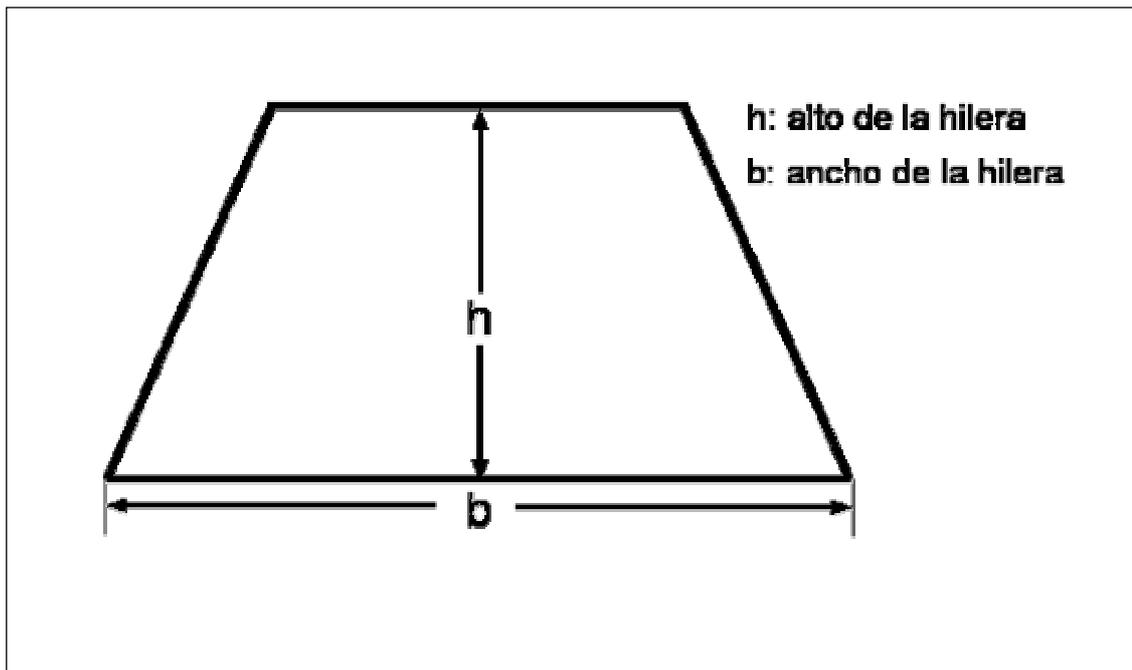


FIGURA 7 Corte transversal de una hilera trapezoidal de compostaje.

Para calcular el volumen de material que será compostado, fue necesario tener en consideración que al mezclar las materias primas, este es un 20% inferior al del material individual (NRAES, 1992). De esta forma, el volumen total debe ser multiplicado por 0,80 (80%).

Como se ha mencionado, el sistema propuesto está orientado a compostar mezclas de materiales. Por lo tanto, en juicio a la naturaleza de las materias primas disponibles, los volúmenes semanales que serán ingresados corresponderán a una relación estándar que permita mantener una relación C/N

inicial adecuada (25:1) (OPS, 1999), así como también un contenido de humedad de aproximadamente 50% (CHRISTIAN *et al.*, 1999).

Con el fin de evitar un periodo prolongado de almacenamiento del material orgánico, considerando la periodicidad de eliminación de estos desde sus fuentes de origen, se ha planteado que la formación de las hileras durante el año sea semanal.

Los volúmenes que serán ingresados semanalmente a la UC se presentan en el Cuadro 6.

El volumen de estiércol bovino que se introducirá al sistema solo corresponderá a la mitad de lo que es generado semanalmente, esto con el fin de mantener un equilibrio entre los diversos materiales orgánicos.

CUADRO 6 Volumen semanal aproximado de los materiales que serán ingresados al sistema de compostaje durante el año.

Material	Volumen (m ³)/semana
Restos vegetales	39
Restos lignocelulósicos	10
Restos de comidas	0,04
Estiércol Bovino	32

De esta forma, los volúmenes corregidos (considerando una reducción del 20% en el volumen) de material y la disponibilidad de estos en las distintas semanas se presentan en el Cuadro 7.

CUADRO 7 Volúmenes semanales corregidos disponibles para la formación de hileras.

Volumen (m ³) corregido (V x 0,80)	
Marzo-Octubre	Noviembre- Febrero
64,83	39.23

Las dimensiones de las hileras se dan a conocer en el Cuadro 8. Tanto la altura como el ancho de los camellones están determinados por el equipo disponible que se explicita mas adelante para formar y voltear las hileras, así como también considerando que con estas dimensiones se permitirá mantener el calor dentro de ellas cuando la temperatura ambiental sea más baja (CHRISTIAN *et al.*, 1997). Por su parte, el largo de estas fue estimado mediante una relación propuesta por OPS (1999), entre los volúmenes de material disponible para formar las pilas y el volumen por metro lineal del camellón.

Para determinar el volumen por metro lineal de cada hilera, primero es necesario calcular el área de esta, por lo cual se utiliza la siguiente fórmula propuesta por NRAES (1992), considerando que la forma de la hilera será trapezoidal:

$$A = h \times (b - h) \quad (4.1)$$

Donde b: ancho de la hilera

h: Alto de la hilera

$$A = 1,5 \times (3 - 1,5)$$

$$A = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = 2,25 \text{ m}^2 \times 1\text{m}$$

(4.2)

$$V = 2,25 \text{ m}^3$$

De esta forma, el largo de las hileras que serán formadas en los meses de marzo a octubre es:

$$L = 64,83 \text{ m}^3 / 2,25 \text{ m}^3$$

(4.3)

$$L = 28,8 \text{ m}$$

En los meses de noviembre a febrero, las hileras presentarán la siguiente longitud:

$$L = 39,23 \text{ m}^3 / 2,25 \text{ m}^3$$

$$L = 17,4 \text{ m}$$

La Figura 8, ilustra el esquema representativo de una hilera de volteo continuo con las dimensiones que esta presentaría de acuerdo a los criterios analizados.

CUADRO 8 Dimensiones de las hileras que conformarán el sistema de compostaje.

	Dimensiones (m)
Altura (h)	1,5
Ancho (b)	3
Largo (l)	29

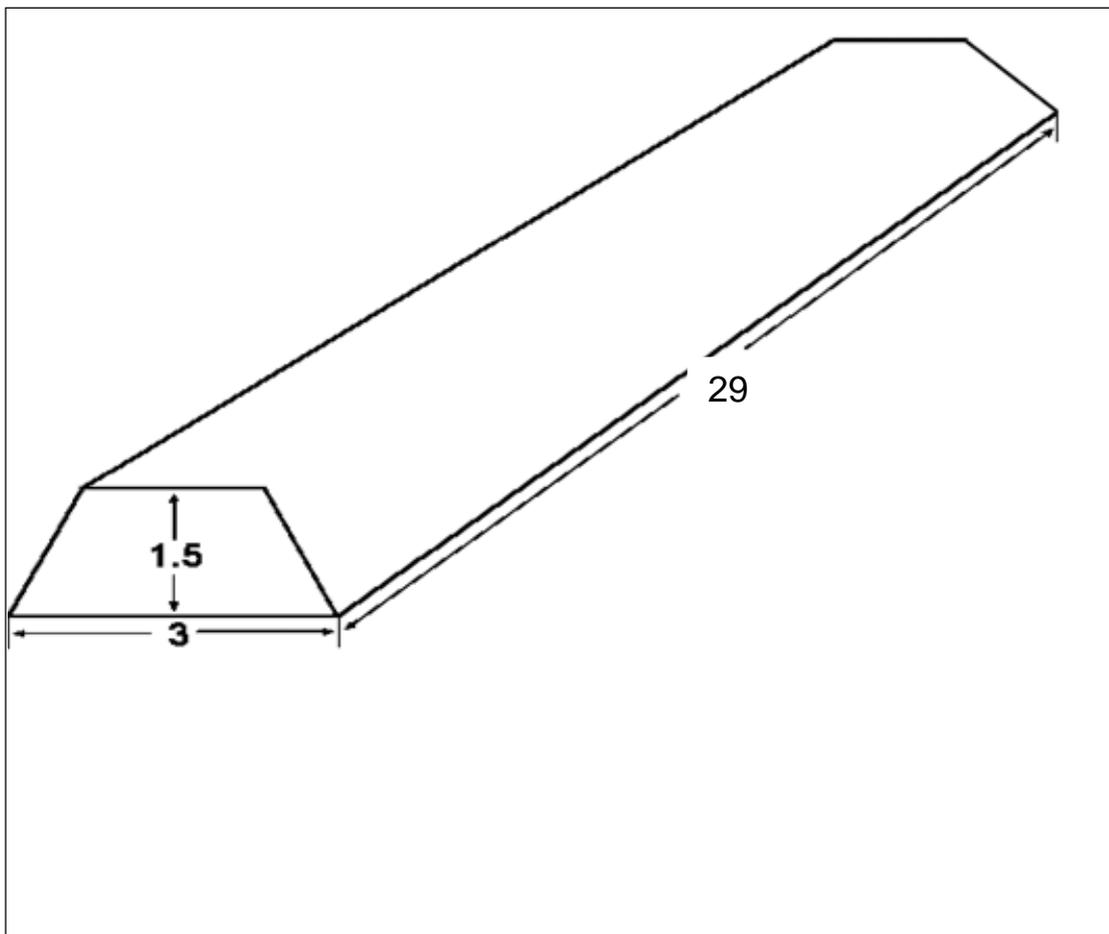


FIGURA 8 Esquema de cada hilera de volteo continuo y sus dimensiones.

Como una forma de evitar la generación de malos olores durante los primeros días de descomposición, las pilas serán cubiertas con una capa de compost. Este material actuará como un biofiltro, ya que al pasar los gases producidos por el proceso de descomposición a través de la capa de compost, estos se adsorberán a las partículas del humus permitiendo la actividad biológica que consume las moléculas o compuestos adsorbidos (COMISIÓN EUROPEA DE COMPOST (CEC), 2003).

4.3.1 Sub-unidades que conforman la unidad de compostaje. De manera que la unidad opere adecuadamente y de forma armónica, debe existir una organización sectorial orientada a cada una de las labores que se deben realizar.

En la Figura 9 se presenta un plano planimétrico de la unidad de compostaje, en el cual se esquematiza cada una de sus subunidades que lo conforman.

Como una forma de llevar el control del material que es ingresado a la unidad, al momento de la recepción de los residuos orgánicos, se registrarán antecedentes referidos al origen de tal material, volumen y de las características físicas, químicas y biológicas de éste.

Considerando que las ferias libres de productos vegetales, generan residuos diariamente, resulta necesario disponer de un lugar en el cual se almacenen tales materiales. No se han considerado las otras materias primas, ya que en su fuente de origen se disponen de espacios que permiten su acumulación. Por lo tanto, se permite un ahorro de superficie destinada a almacenar residuos orgánicos y las materias primas serán ingresadas a la unidad en la medida que sean requeridas para el proceso de compostaje.

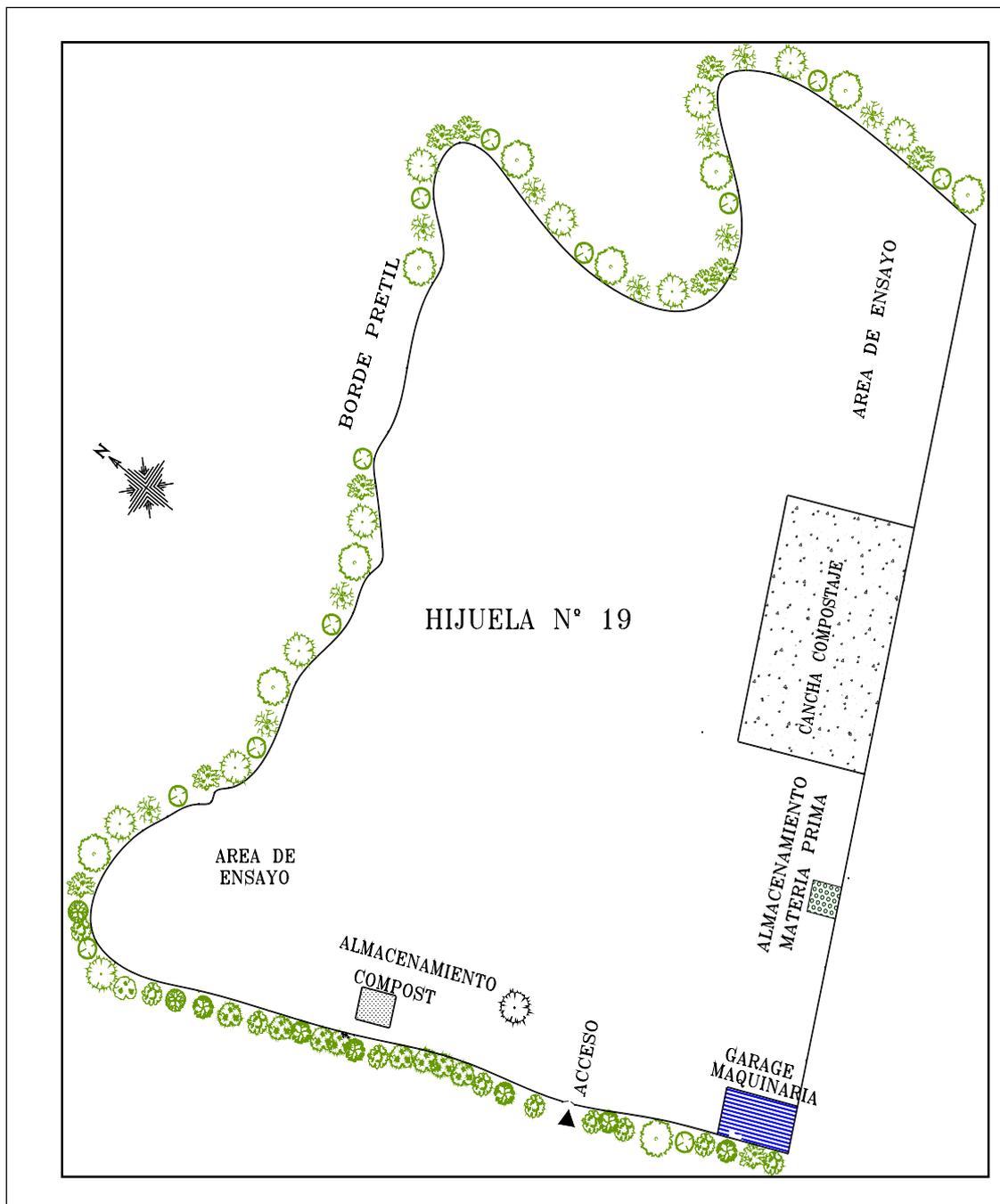


FIGURA 9 Plano planimétrico de la Unidad de Compostaje¹⁰.

¹⁰ MUÑOZ, M. (2004). Topógrafo. Comunicación personal.

El galpón de almacenamiento de materia prima tendrá como base un piso pavimentado, con una pendiente del 2%, para el escurrimiento y captación de los lixiviados que pudieran generarse y una base de 100 m². En las paredes existirán aberturas que faciliten la aireación, evitando la generación de focos anaeróbicos, que se traducirían en la producción de malos olores (NRAES, 1992).

Para calcular la capacidad de almacenamiento, se consideraron los volúmenes generados diariamente por las distintas ferias que operan en la ciudad y los provenientes de la feria fluvial, así como el periodo durante el cual serán almacenados.

La cancha de compostaje, corresponde al área que será utilizada para la formación de hileras (OPS, 1999). Tal área ha sido determinada considerando los siguientes aspectos:

- _ cantidad de residuos que ingresaran al sistema,
- _ periodicidad de formación de hileras,
- _ tiempo de compostaje, y
- _ maquinaria disponible.

Como se ha mencionado, las hileras serán formadas semanalmente, de esta forma la cancha de compostaje deberá disponer de un área mínima de 3510 m² aproximadamente (78 m x 45 m). Considerando las dimensiones de las hileras mencionadas, así como también que cada dos hileras existirá una separación de 4 m, para permitir el fácil manejo de la maquinaria y cada 2 hileras existirá entre ellas una separación de 1 m. El espacio que rodeará al perímetro del conjunto de hileras será de 8 m, en consecuencia, se permitirá el fácil manejo de la maquinaria destinada a formar y voltear las hileras, así como aquella orientada a retirar el producto final del proceso de compostaje.

Suponiendo que la formación de hileras se realiza por primera vez en el mes de enero, es posible apreciar que al comenzar la formación de parvas en el mes de abril, aquellas conformadas la primera semana de enero ya habrán completado su tiempo de compostaje (90 días), de manera que ese compost se retira, quedando el espacio disponible para recibir un nuevo camellón, estableciéndose de esta forma a partir del tercer mes, un ciclo productivo semanal. Por consiguiente, existirá disponibilidad de compost continuamente.

La Figura 10 esquematiza la disposición de las hileras al interior de la cancha de compostaje. Los distintos colores, pretenden representar el periodo de formación. Es así como los aquellos más oscuros esquematizan a las parvas formadas primeramente y los colores más claros o verdosos a las hileras formadas en las últimas semanas.

Durante el proceso de descomposición de la materia orgánica, se generan líquidos lixiviados, es por esta razón que la superficie de la cancha de compostaje deberá estar pavimentada y presentar una canaleta perimetral, en la cual desemboquen canaletas interparvas. De esta forma se permitirá coleccionar tales líquidos, los cuales serían guiados por la pendiente del terreno para acumularlos y posteriormente reutilizarlos en el riego de las pilas cuando sea requerido.

Para almacenar el compost que es retirado de la cancha de compostaje, resultará indispensable una construcción que permita mantener la calidad del material.

NRAES (1992), menciona que en términos generales, durante el proceso de compostaje se produce una pérdida del orden del 25% del volumen inicial de residuos, debido a los procesos bioquímicos y a la manipulación del material. A

esta disminución se le debe adicionar la producida por los procesos de refinación que es de aproximadamente 10% (OPS, 1999).

Por lo tanto, de acuerdo a los volúmenes calculados de compost (Cuadro 9), se debería disponer de una construcción que ocupe un área de 120 m². De esta forma se contará con un galpón en el cual se llevarán a cabo las labores de refinamiento del compost o cribado y almacenamiento de este.

CUADRO 9 Volúmenes semanales de compost producido en la UC.

Volumen (m ³) de compost	
Marzo - Octubre	Noviembre - Febrero
42,4	25,5

Como el compost no debe ser almacenado por un periodo muy prolongado, idealmente este debiera ser retirado de la unidad semanalmente, con la finalidad de no utilizar demasiada superficie para esta actividad. Para lograr esto, sería indispensable disponer de un programa en el cual se detallen los fines que tendrá este abono, es decir, si solo será utilizado en cultivos y ensayos de la Estación Experimental de Agricultura orgánica o si parte será utilizado en el resto del predio, como también podría ser comercializado en distintos viveros del sector.

También debe existir una construcción para conservar la maquinaria que será utilizada en la unidad. Para esto se requiere un área de 375 m² aproximadamente, teniendo en cuenta el tipo y la cantidad de maquinaria necesaria que se detalla mas adelante.

Otra parte del terreno será utilizada para realizar ensayos.

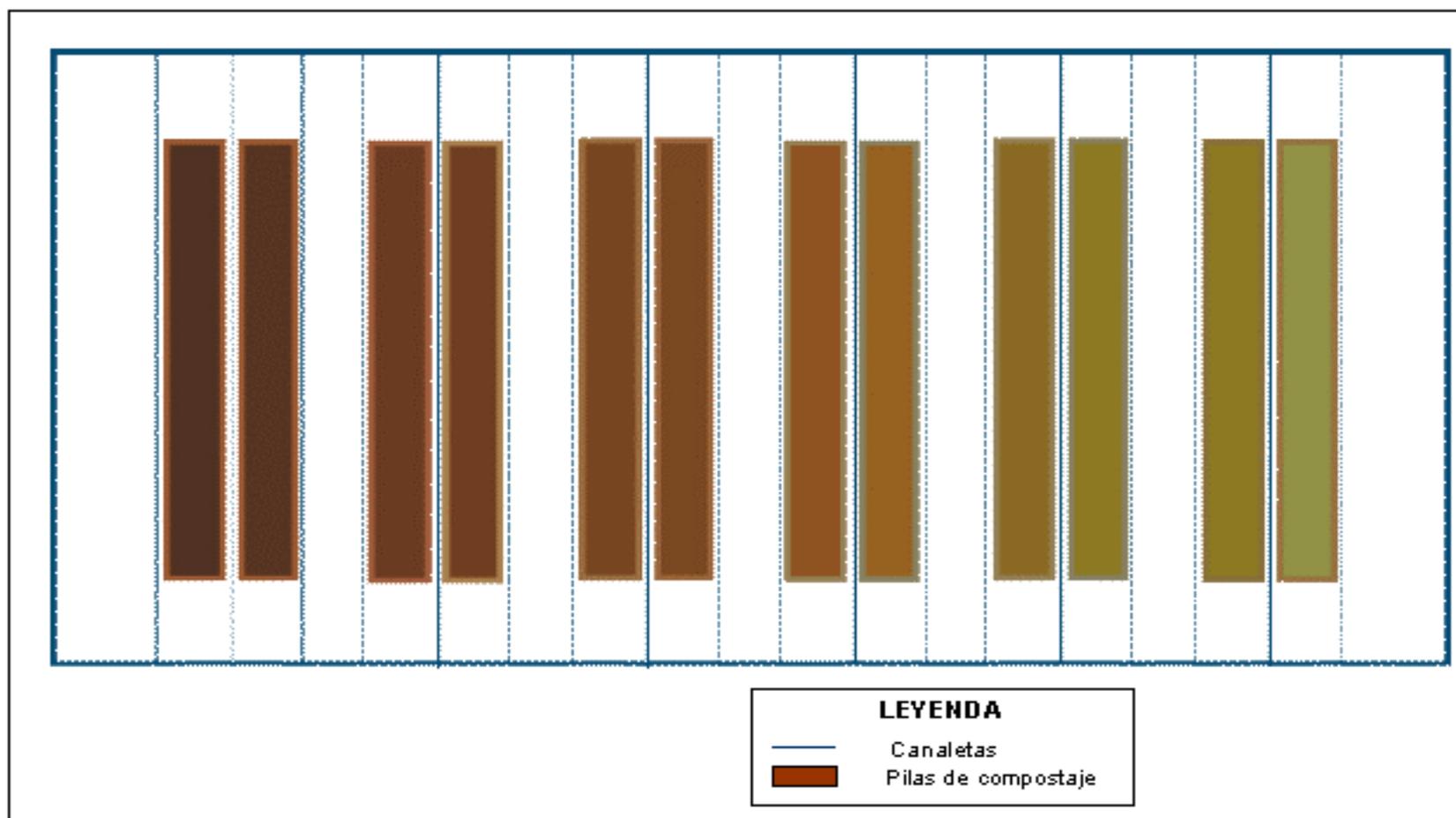


FIGURA 10 Esquema de la cancha de compostaje. (Los colores más oscuros representan a las hileras formadas inicialmente y los colores más claros a aquellas formadas con posterioridad).

4.4 Área requerida por la unidad.

Dada la necesidad de espacio para operar cada una de las sub-unidades que conformarán la UC, basado en la disponibilidad de materiales, el sistema de compostaje propuesto, la maquinaria disponible orientada a las distintas labores del proceso de compostaje y el espacio necesario para el tránsito, el área mínima necesaria para la unidad es de 0,5 ha aproximadamente. Sin embargo, el terreno presentado en la figura 9 contempla un área de 3 ha, parte de la cual no se puede utilizar por presentar pendientes muy marcadas.

4.5 Maquinaria e implementos requeridos para el funcionamiento de la unidad.

Considerando que el sistema de compostaje propuesto corresponde al de hileras volteadas continuamente, la unidad deberá disponer de la siguiente maquinaria:

- _ Trituradora: Maquinaria destinada a acondicionar el material que ingrese al sistema, de manera de obtener un tamaño de partículas inicial que permita la efectiva acción de los microorganismos descomponedores (Figura 11).
- _ Pala cargadora: Requerida para el transporte y manejo de los residuos al interior de la unidad (Figura 12).
- _ Volteadora: Esta será utilizada para mezclar el material en proceso de compostaje, de manera de favorecer los metabolismos aerobios y procurar que el proceso se cumpla homogéneamente en toda la masa en compostaje (Figura 13).
- _ Tractor: necesario para la manipulación de la pala cargadora y de la maquina volteadora (Figura 12).



FIGURA 11 Máquina trituradora¹¹.



FIGURA 12 Tractor y cargador frontal¹².

¹¹ RAMDOHR, A. (2004). Jefe Bioland S.A. Comunicación personal.

¹² SCHELL., G. (2004). Supervisor de ventas de maquinaria Terragrícola. Comunicación vía correo electrónico.



FIGURA 13 Máquina volteadora¹³.

- _ Camión tolva: Este resulta necesario para retirar el compost de la unidad y transportarlo a su lugar de destino (Figura 14).



FIGURA 14 Camión tolva¹⁴.

¹³ RAMDOHR, A. (2004). Jefe Bioland S.A. Comunicación personal.

¹⁴ COMERCIAL PETRIC S.A. (2004). Comunicación vía internet.

- Cribadora: Instrumento destinado a refinar el material compostado. OPS (1999), señala que esta actividad es necesaria ya que no todo el material que es compostado se biodegrada con la misma velocidad. La separación granulométrica por cribado es la menos costosa de instrumentar y la que arroja mejores resultados.

Además, es necesario el continuo monitoreo de las pilas en compostaje, de manera de llevar un control de las variaciones en temperatura, humedad y olor; por lo cual es imprescindible disponer de material que permita la recolección de tales datos. De esta forma, los implementos requeridos para cumplir tales funciones se detallan a continuación.

- Termómetros: Para llevar un control de la temperatura en el interior de las pilas, es necesario contar con este implemento. Para el caso se recomienda la utilización de termómetros de varilla, ya que permiten el registro en un rango que varía de -20 a 150°C , dependiendo del modelo, así como también su longitud, permite alcanzar el núcleo de la pila, que es donde se debe tomar la temperatura.
- Kit regulador: Esto corresponde a un set de reactivos que permiten medir y controlar parámetros, tales como NO_3 , NO_2 , NH_4^+ , sulfitos. Así como también posee un pH-metro que mide el pH (redox), del material que está sometido al proceso de compostaje (Figura 15).
- Mufla: Este es necesario para evaluar el contenido de cenizas mediante pérdida de peso luego de la calcinación de una muestra, como también el porcentaje de materia orgánica, descontando de la materia seca y el contenido de cenizas (%) (Figura 16).



FIGURA 15 Kit de instrumentos y reactivos para medir y controlar parámetros del compost¹⁵.



FIGURA 16 Mufia¹⁶.

¹⁵ RAMDOHR, A. (2004). Jefe Bioland S.A. Comunicación personal.

¹⁶ BARRIA, N. (2004). Representante zonal Equilab-Valdivia. Comunicación telefónica y vía correo electrónico.

- _ Balanza: Necesaria para pesar las muestras que serán analizadas en laboratorio (Figura 17).



FIGURA 17 Balanza.

4.6 Requerimiento de mano de obra.

En juicio al tipo de UC que se ha propuesto y a las labores que deben ser llevadas a cabo para operar la unidad de forma armónica y eficiente, se requiere un mínimo de personal técnico y obrero, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

CUADRO 10 Requerimiento de mano de obra para operar la unidad.

	Nº de personal
Personal técnico	1
Personal obrero	2

El personal técnico debe orientarse a mantener los registros de ingreso, producción y producto final. También debe encargarse de las labores de monitoreo de los parámetros físico-químicos, tanto de material que ingresa como de aquel que está en proceso y del compost generado. De igual forma

debe cerciorarse del adecuado funcionamiento y mantenimiento de la maquinaria e implementos de la unidad.

El análisis de datos obtenidos tanto de campo como de laboratorio, deberán estar a cargo de un profesional capacitado para realizar tal tarea.

El personal obrero, estará a cargo del manejo de la maquinaria para el transporte del material dentro de la unidad. Así como también cada una de las labores de acondicionamiento previo al proceso de compostaje, tales como trituración, mezcla y homogeneización. A su vez, llevarán a cabo el manejo de las hileras y finalmente cribado y almacenamiento del compost.

4.7 Costos implicados en la implementación.

Para lograr la implementación de una unidad de compostaje, con las características mencionadas, los costos implicados se presentan en el Cuadro 11.

Las maquinarias fueron seleccionadas de acuerdo a sus características y a las ofertas presentes en el mercado.

La trituradora de residuos, la máquina volteadora de compost y el kit de instrumentos y reactivos para medir y controlar parámetros del compost, fueron cotizadas en las empresas Bioland S.A, quienes importan y distribuyen maquinaria y accesorios destinados a la elaboración de compost¹⁷. Estos precios variarán dependiendo del valor de Euro en el país, sin embargo, los valores presentados fueron calculados suponiendo el precio del Euro a \$ 785. Los precios entregados por Bioland S.A son UE\$79.267,25 para la trituradora; UE\$23.400 para la volteadora y UE\$1.050 para el kit.

¹⁷ RAMDOHR, A. (2004). Jefe Bioland S.A. Comunicación personal.

El cargador frontal y el tractor fueron cotizados en empresa Terragrícola¹⁸. El valor del primero, variará según el precio del dólar, el cual para este caso se asumió en \$640.

El camión tolva de volteo, fue cotizado en diversas empresas del país, sin embargo, en Comercial Petric S.A, se presentó la mejor oferta.

Las marcas, modelos y precios tanto de la balanza, mufla y termómetro, fueron suministrados por representantes de la empresa Equilab en Valdivia¹⁹.

Los costos de las construcciones, fueron considerados de acuerdo a las características mencionadas con anterioridad en el punto 4.3. Los valores proporcionados, consideran costos de materiales y mano de obra, calculando un costo de \$150.000/m²²⁰.

El valor del terreno en que se instalará la UC, corresponde a un costo alternativo. Este costo consiste en todo aquello a lo que se renuncia por realizar una actividad (YAÑEZ, 2003).

¹⁸ SCHELL, G. (2004). Supervisor de ventas de maquinaria Terragrícola. Comunicación vía correo electrónico.

¹⁹ BARRIA, N. (2004). Representante zonal Equilab-Valdivia. Comunicación telefónica y vía correo electrónico.

²⁰ MUÑOZ, M. 2004. Topógrafo. Comunicación personal.

CUADRO 11 Costos de implementación de la unidad de compostaje (IVA incluido).

Maquinaria	Unidades	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
<p><i>Trituradora</i></p> <p>Marca: Duratech Modelo: HD-8 Serie V Accesorios: Control remoto Malla estándar</p> <p>Largo transporte: 5,55 m Ancho transporte: 2,55 m Altura trabajo: 2,20 m</p>	1	74.047.499	74.047.499
<p><i>Cargador frontal</i></p> <p>Marca: Alö Maskiner Modelo: Quicke 940 Cap. balde: 0.80 m³</p>	1	1.143.040	1.143.040
<p><i>Tractor</i></p> <p>Marca: Valtora Modelo: BM110 Fuerza: 105HP</p>	1	19.040.000	19.040.000
<p><i>Volteadora</i></p> <p>Marca: Sandberger Modelo: ST300 Capacidad: 1400 m³/hora Ancho trabajo: 3 m Altura trabajo: 1,7 m</p>	1	21.859.110	21.859.110
<p><i>Camión tolva de volteo</i></p> <p>Marca: International Modelo: 4300 Capacidad: 6 a 7 m³</p>	1	37.842.000	37.842.000
Instrumentos para regular el proceso			
<p><i>Termómetro de varilla</i></p> <p>Rango de T°: -20 a 150 °C Divisiones: de a 1 °C Longitud: 300 mm Diámetro: 6,5 mm</p>	3	5.018	15.054
<p><i>Kit regulador</i></p> <p>Marca: Sandberger Modelo: CMC-5400/1 Registra: Nitrógeno (NO₃, NO₂, NH₄⁺) PH (Redox) Sulfitos</p>	1	1.078.943	1.078.943

(Continua)

Continuación **Cuadro 11**

<i>Mufla</i>				
Marca:	Thermolyne	1	1.044.407	1.044.407
Modelo:	1300			
Rango de T°:	100 a 1100°C			
Vol. camara:	1,3 Lt			
<i>Balanza</i>				
Marca:	Boeco	1	1.003.158	1.003.158
Modelo:	BPB52			
Cap. máx:	1500 gr			
Precisión:	0,01 gr			
Construcciones				
<i>Almacenamiento materia prima</i>				
Área:	100 m ²	1	15.000.000	15.000.000
<i>Cancha de compostaje</i>				
Área:	3510 m ²	1	526.000.000	526.000.000
<i>Almacenamiento compost</i>				
Área:	120 m ²	1	18.000.000	18.000.000
<i>Garage maquinaria</i>				
Área:	375 m ²	1	56.000.000	56.000.000
TOTAL			\$769.073.211	

En el cuadro no fue incorporado el valor y características de la cribadora, ya que no fue posible conseguir esta máquina en el país. Sin embargo, como la cribadora no es más que un tamíz, esta puede ser construida en la misma unidad, utilizando materiales tales como malla y madera. De esta forma este instrumento representaría un costo bastante inferior a que si fuera conseguido en el mercado.

Los costos de las maquinarias, pueden reducirse considerablemente, si estudiantes de carreras tales como Ingeniería Mecánica de la Universidad Austral proponen un diseño y construcción que satisfaga las necesidades de la unidad.

Finalmente, es importante mencionar que indiferente sea el destino final del compost, es decir, si solo se utilizara en el predio o bien se comercialice, este presenta un determinado valor. En primer lugar, se presenta como un bien comercializable tangible. En segundo, es el resultado de un ganancial ambiental. Ósea, este material ya no contaminará ni será eliminado en vertederos.

En la actualidad, en la ciudad de Valdivia, no existe un mercado de compost. Sin embargo, se tiene como referencia un precio de venta de aproximadamente \$86/kg.

De esta forma, considerando los volúmenes proyectados de producción semanal de compost, presentados en el Cuadro 9, se concluye que la producción potencial anual es de 1.917,5 m³.

Según lo señalado por NRAES (1992), 1litro de compost equivale a aproximadamente 0,6 kg de este mismo material. Por lo tanto, anualmente se producirían 1.150.500 kg.

En relación al precio de referencia de este producto en el mercado actual, el compost generado en la UC, representaría un valor anual de \$98.943.000. Sumado a esto, el compost que se generaría en esta unidad, presentaría un valor agregado que corresponde a aquel dado por una mejor calidad ambiental. Esto gracias a que los residuos que normalmente son eliminados, convirtiéndose en focos contaminantes, pasaría a constituirse en un abono orgánico.

5. CONCLUSIONES

- _ La gran cantidad de desechos orgánicos que se generan en la ciudad de Valdivia y las características de estos, hacen posible implementar una Unidad de Compostaje (UC) que forme parte de una Estación Experimental de Agricultura Orgánica. Permitiendo de esta forma, producir en forma limpia.

- _ Los materiales disponibles para ingresar a la unidad son restos vegetales, restos lignocelulósicos, restos de comidas y estiércol de ganado vacuno, los cuales representan un volumen promedio anual de aproximadamente 3.377,6 m³.

- _ Se propone una UC con un sistema de hileras de volteo continuo que opere bajo techo para evitar las inclemencias del tiempo. Para esto se requiere de un área mínima de 0,5 ha aproximadamente.

- _ Dado el flujo de eliminación de las materias primas, y el diseño propuesto, la unidad puede operar durante todo el año.

- _ La disposición de materiales orgánicos provenientes de desechos municipales e industriales en una UC, reduciría el volumen de los restos sólidos que tienen como destino final un relleno sanitario, lo cual se traduciría en un ahorro para los usuarios de los vertederos, así como también un menor impacto ambiental por parte de esta actividad.

- _ El lugar seleccionado para la posible instalación de la UC, cumple con los requerimientos impuestos por la ley en Chile.

- _ El material generado en la UC, no solo puede ser utilizado en la UAO o en el resto del predio para mejorar las condiciones físico-químicas del suelo, si no que también puede ser comercializado a diversos viveros, lo cual permitiría crear un mercado a nivel comunal y de esta forma solventar los gastos producidos por el funcionamiento y mantención de una unidad con estas características.

- _ La implementación de una UC con las características mencionadas, permitiría la realización de diversos trabajos de investigación, ampliando de este modo el nivel educativo en la Facultad de Ciencias Agrarias, así como en el resto de la comunidad universitaria.

- _ El presente trabajo no incluye un análisis financiero, sin embargo, se presentan los costos de maquinarias, implementos y construcciones, los cuales representan un valor total de \$769.073.211. Que si bien, representa un valor bastante elevado, la inversión en un proyecto de esta índole, está abalado por una mejor calidad medioambiental, así como una nueva herramienta educativa. Por su parte, el valor del terreno corresponde a un costo alternativo.

- _ Mediante la difusión de este tema y una adecuada educación, es posible lograr un real aprovechamiento de éste en nuestro país, logrando solucionar parte del problema de emisión de basura.

6. RESUMEN

Este trabajo es una propuesta de diseño de una Unidad de Compostaje (UC), utilizando el sistema de hileras volteadas continuamente, el cual formará parte de una Estación Experimental de Agricultura orgánica en el predio Santa Rosa, perteneciente a la Universidad Austral de Chile.

Para ello se realizó una revisión bibliográfica; se investigó la cantidad de desechos orgánicos generados en distintos puntos de la ciudad de Valdivia y sus fuentes emisoras. La finalidad fué determinar si existía disponibilidad de materia prima que justificara la implementación de una unidad con determinadas características. Finalmente se hizo una valoración del costo aproximado de la implementación del sistema de compostaje.

Se concluyó que existe una posibilidad real de llevar a cabo un proyecto de esta índole, dada la disponibilidad de desechos orgánicos que en la actualidad representan un elevado costo ambiental. Así como también existe la superficie para la instalación de la UC, que cumple con los requerimientos básicos impuestos por la Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente.

SUMMARY

This work is a design proposal for a Composting Unit (UC), using the continuous turning lines, which will be part of an Organic Agriculture Experimental Station in the Santa Rosa Farm, that belongs to the Universidad Austral de Chile.

In order to achieve this proposal a literature review was conducted; and the amount of organic residues generated in different points in the city of Valdivia and his producers was made. The goal was to establish the availability of raw materials that justify the implementation of one unit with specific characteristics. Finally an approximated budget of the implementation of the composting system was done.

It was concluded that a real possibility exists to carry out a project of this kind, given the availability of organic waste that currently represent a high environmental cost. Also, there is availability of surface for the installation of the UC, that complies with the basic requirements imposed by the Law 19.300 of Bases del Medio Ambiente.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ALEXANDER, M. 1961. Introduction to soil microbiology. New York, USA. Wiley. 472 p.
- BOHN, H.; MCKNEAL, B. y OCONNOR, G. 1993. Química del suelo. México. Limusa. 370 p.
- CAVIEDES, L. y VERGARA, M. 1988. Efecto de los residuos de la biodegestión anaeróbica y aeróbica sobre algunas propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo. Tesis Ing. Agr. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 96 p.
- CHILE, INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES- UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE (IIRN). 1978. Suelos provincia de Valdivia. Santiago, Chile. IREN-CORFO-UACH. 178 p.
- CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION, CHILE (INN). 1999. Norma Chilena oficial NCh 2439. Producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente. Santiago, Chile. 57 p.
- CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION, CHILE (INN). 2003. Proyecto de Norma en consulta pública NCh 2880.c2003. Compost: Clasificación y requisitos. Santiago, Chile. 23 p.

- CHILE, MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. 1994. Ley sobre las bases del medio ambiente (Ley N° 19.300). Santiago, Chile. 41 p.
- CHILE, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO (SAG). 1998. Manual de producción orgánica. Nass. Temuco, Chile. 42 p.
- CHRISTIAN, A.; EVANYLO, G. y PEASE, J. 1997. On farm composting: a guide to principles, planning and operations. Virginia state university. 44p.
- COMISION EUROPEA DE COMPOST (CEC). 2003. <www.cec.eu.int> (20 dic. 2003).
- CONTRERAS, A. 1996. Efecto de la adición de nitrógeno y cenizas de combustión dendroenergética en el proceso de compostización de una mezcla de cortezas de especies nativas. Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 73 p.
- CORPORACIÓN DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA DE CHILE (INTEC). 1999. Manual de compostaje. Santiago, Chile. 82p.
- DE CARLO, E.; ROSA, A.; BENINTENDE, S.; CARIELLO, M.; CASTAÑEDA, L.; FIGONI, E.; GRASO, N.; RUIZ, A. y MASCHERONI, F. 2001. Estudio de la población microbiana en las etapas iniciales del compostaje. Revista Ceres. 48(280):699-715.
- DIAB, H.; HU, S. y BENSON, D. 2003. Suppression of *Rhizoctonia solani* on impatiens by enhanced microbial activity in composted swine waste-amended potting mixes. Phytopathology 93 (9): 1115-1123.

- DÍAZ-BURGOS, M. y POLO, A. 1991. Variaciones de la fracción orgánica durante el compostaje de lodos de depuradoras. *Suelo y Planta* 1: 453-466.
- ELLIES, A. 2000. Apuntes Conservación de Recursos Naturales IIAS 122. Universidad Austral de Chile, Instituto de Ingeniería Agraria y Suelo. Valdivia, Chile 62 p.
- FARIAS, D.; BALLESTEROS, M. y BENEDECK, M. 1999. Variación de parámetros fisicoquímicos durante un proceso de compostaje. *Revista Colombiana de Química* 28(1): 12 – 20.
- GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; COSTA, F. y AYUSO, M. 1991. Compostaje de la fracción orgánica de un residuo sólido urbano. Evolución de su contenido en diversas fracciones de metales pesados. *Suelo y Planta* 1(1): 1-13.
- GERDING, V.; GREZ, R. y RONDANELLI, V. 1994. Descomposición de la corteza de árboles nativos para la formación de substratos para el cultivo de plantas. *Bosque* 15 (2): 11-18.
- GONZALES, C. 1991. Utilización de residuos orgánicos en agricultura de alternativa: Determinación de las necesidades de nitrógeno exógeno en haba (*Vicia faba* L.) y su efecto en la nodulación. Tesis Ing. Agr. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 75 p.
- GREZ, R.; GERDING, V. y UNION, F. 1992. Cenizas de calderas dendroenergéticas. Acción como enmienda alcalina en suelos ácidos de la zona sur de Chile. *Bosque* 13 (2): 33-38.

- GUARDA, N. 1985. Lixiviación del nitrógeno del suelo. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 57 p.
- GUERRERO, A. 1996. El suelo, los bonos y la fertilización de los cultivos. Madrid, España. Mundiprensa. 206p.
- HERMOSILLA, M. 1996. Utilización de sustratos a base de corteza compostada para propagación vegetativa por medio de estacas de tallo. Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile. 74p.
- HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. 1998. Metodología de la investigación. 2^a ed. Sta. Fe de Bogotá, Colombia. Mc Graw Hill. 501p.
- HUBER, A. 1970. Diez años de observación climatológica en la estación Teja-Valdivia (Chile) 1960-1969. Universidad Austral de Chile, Instituto de Geología y Geografía. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. 53 p.
- ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE VALDIVIA. 2003. Plano de Valdivia. <www.munivaldivia.cl> (26 oct. 2003).
- KEELEY, G. y SKIPPER, J. 1988. The use of aerobic thermophilic composting for the stabilisation of primary meat waste solids. In: Alternative waste treatment systems. London. Bhamidimarri. pp: 120- 131.
- LE BLANC, F. 2000. Evaluación de los efectos del compost y orujo de uva en el desarrollo de parronales var. Thompson seedles en la zona de Melipilla. Tesis Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 57p.

- MILLAR, C.; TURK, L. y FOTH, H. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. 5ª ed. México. Continental. 527 p.
- MENDEZ, H. 1997. Evaluación de cuatro tratamientos para la compostización de aserrín de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 99p.
- NATURAL RESOURCE, AGRICULTURE AND ENGINEERING SERVICE (NRAES). 1992. On-Farm composting handbook. 187p.
- NISSEN, J. 1974. Estudio agroecológico del predio experimental Santa Rosa. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 47 p.
- NISSEN, J. y BARRÍA, J. 1976. Estudio agrológico del predio Vista Alegre. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 34 p.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). 1999. Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos. < <http://www.ops.org.uy/pdf/compost.pdf> > (Agosto 2003).
- PINOCHET, D. 2001. Apuntes de nutrición vegetal: fertilizantes y sus usos. Universidad Austral de Chile, Instituto de Ingeniería agraria y suelos, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 10 p.
- RONDANELLI, G. 1994. Efecto de la adición de inóculo de mantillo de bosque nativo en el proceso de fermentación de una mezcla de corteza de especies nativas. Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 67 p.

- SOTOMAYOR, I. 1978. Compost de basura como fuente de fertilización orgánica comparado con fertilizante químico. Primer ciclo. Agricultura Técnica 39(4): 152-157.
- UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, UACH. 2003. Archivos meteorológicos. Universidad Austral de Chile, Instituto de geociencias, Facultad de Ciencias. Valdivia, Chile. sp.
- WEHRAHAHN, C. 2003. Compostaje como solución de manejo de residuos orgánicos. Universidad de Chile. <<http://cipres.cec.uchile.cl/~cwehrhah/index.htm>>. (6 sept. 2003).
- WILLSON, G.; PARR, J. y SITKORA, L. 1983. Experiencias con compost en países en vías de desarrollo. Boletín de suelos de la Fao. Roma. (51): 60-67.
- YAMADA, S.; OHTA, H. y TANIGAWA, H. 1988. Drying of sewage sludge by aerobic solid state cultivation. In: Alternative waste treatment systems. London. Bhamidimarri. pp:142-152.
- YAÑEZ, G. 2003. Los beneficios del comercio internacional. <www.guillermo.cl> (20 junio 2004).
- ZARATE, F. 2001. Efecto del compost en el rendimiento y calidad del ajo chino y su incidencia en la nematofauna. Tesis Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 70 p.

ANEXOS

ANEXO 1 Plano de Valdivia y ubicación del la Estación Experimental Santa Rosa.



FUENTE: I. Municipalidad de Valdivia (2004).

ANEXO 2 Modelo de encuesta realizada a empresas y organismos para evaluar la disponibilidad de residuos aptos de compostar.

ENCUESTA Disponibilidad de residuos aptos de compostar	
1.- Datos de la empresa u organismo	
Nombre de la empresa u organismo	
Domicilio comercial	
Localidad	
Teléfono/Fax	
e-mail	
2.- Datos de la persona informante	
Nombre	
Cargo que ocupa	
Teléfono/Fax	
e-mail	
3.- Información de los residuos	
Tipo de residuo	
Periodicidad de eliminación	
Promedio de producción semanal	
Promedio de producción mensual	
Lugar de recolección	
Distancia a la unidad de compostaje	
Actual lugar de eliminación	
Observaciones	

ANEXO 3 Temperatura media mensual y anual registrada durante diez años.

TEMPERATURA MEDIA											
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	M.M
ENE	16,7	18,7	16,3	17,3	16,2	16,3	16,8	16,9	19	16,7	17,1
FEB	17,2	15,5	18	16,7	16,6	15,9	15,7	18,8	16,8	16,1	16,7
MAR	14,8	15,9	15,7	15,7	14,1	15,4	16,1	15,2	14,6	13,7	15,1
ABR	12,3	11,4	12,5	11,8	12,8	11	13,6	12,7	12,2	12	12,2
MAY	10	8,7	9,5	10,8	10,2	12,5	11	12,4	9,7	10,3	10,5
JUN	7,6	7,3	9	9,8	8,1	5,4	9,1	8,8	7,3	8,9	8,1
JUL	7,3	6,2	7,5	8,3	6	8,7	8,8	8,3	6,9	7,1	7,5
AGO	7,5	8,5	8,3	8	7,4	9,1	8,3	8,8	9,5	8,8	8,4
SEP	10,2	9,8	10	9,9	9,1	10,3	10,1	9,5	10,2	8,8	9,8
OCT	11,6	10,4	12,1	12	11,8	11,8	11,2	12,4	12,8	12,5	11,9
NOV	13,9	14,7	13,3	13,6	13,8	13,3	13,8	13,7	14,7	13,2	13,8
DIC	13,8	14,7	15,4	15,8	17,9	16,3	15,8	16,6	16,2	15,3	15,8
M.A	11,9	11,8	12,3	12,5	12,0	12,2	12,5	12,8	12,5	12,0	12,2

M.A* =Media anual

M.M* =Media mensual

ANEXO 4 Temperatura máxima mensual y anual registrada durante diez años.

TEMPERATURA MÁXIMA											
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	M.M
ENE	22,2	25,2	21,9	24,5	22,3	23,2	23	23,7	26,5	22,7	23,5
FEB	24,3	22	25	24,1	24,1	23,1	23	27	23,8	22,1	23,9
MAR	21	21,4	21,2	23,7	21,1	22	23,7	22,5	20,9	20,1	21,8
ABR	16,7	16,7	17,4	17,6	17,1	16,9	19	19,1	18,2	16,8	17,6
MAY	13,4	12,3	12,7	14,3	14,6	14,8	15,4	16,2	14,1	14,6	14,2
JUN	11	10,4	12,2	13	11,4	9,4	12,6	12,1	10,9	12	11,5
JUL	11	10,4	11,4	12,8	9,8	12,7	12,4	11,9	10,8	11,3	11,5
AGO	12,4	12,6	13,7	13	12,2	13,3	13,6	13,9	14,1	13,8	13,3
SEP	14,5	15,1	16	15	15,3	16,8	15,5	15,7	14,7	14,1	15,3
OCT	18,2	15,3	18,9	17,5	17,7	17,7	16,2	19	19,8	18,7	17,9
NOV	19,2	20,4	18,6	19,3	20	19	19,1	19,9	20,8	18,8	19,5
DIC	18,2	19,9	21,3	21,8	25,4	22,2	21,7	22,7	22,2	21	21,6
M.A	16,8	16,8	17,5	18,1	17,6	17,6	17,9	18,6	18,1	17,2	17,6

M.A* =Media anual

M.M* =Media mensual

ANEXO 5 Temperatura mínima mensual y anual registrada durante diez años.

	TEMPERATURA MÍNIMA (caseta)										
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	M.M
ENE	11,1	12,2	10,7	11	10,4	10,1	11,7	10,4	12,1	10,8	11
FEB	10,5	9,9	11,7	11	10,2	10,2	9,6	12	11,1	11	10,7
MAR	10	11,6	11,3	9,9	8,8	10,1	10,3	9,5	10,1	8,8	10,1
ABR	8,8	7,5	8,9	7,4	9,5	6,9	9,6	8	7,9	8,6	8,3
MAY	7,2	5,8	7,3	8,2	7	6,7	8,2	9,7	6,8	7,3	7,4
JUN	5,1	4,7	6,4	7,6	5,4	9,4	6,6	6,4	4,6	6,6	6,3
JUL	4,5	3,1	4,9	5	3,3	5,7	6,1	5,5	3,8	4	4,6
AGO	3,7	5,5	4,7	4,2	4,1	6,1	5	5	6,1	5,3	5
SEP	6,6	5,3	5,6	5,9	4,2	5,4	5,8	4,5	6,9	4,9	5,5
OCT	5,9	6	6,3	7,4	7,2	7,4	6,9	6,8	7,2	7,7	6,9
NOV	8,7	9,1	8,4	8,6	8,2	8,4	9	7,9	9,3	8,2	8,6
DIC	9,5	9,3	9,6	10,2	11,4	10,8	10,3	10,6	10,2	9,7	10,2
M.A	7,6	7,5	8	8	7,5	8,1	8,3	8	8	7,7	7,9

M.A* = Media anual

M.M* = Media mensual