

**UNIVERSIDAD GABRIELA MISTRAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL**

**ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE UNA  
PLANTA DE COMPOST EN LA REGIÓN DE ATACAMA**

**BARBARA RENDIC CANALES**

**PERCY RENDIC CANALES**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**Profesor Guía: Sr. Roberto Fuenzalida**

**SANTIAGO – CHILE  
2006**



---

## RESUMEN EJECUTIVO

### Estudio y Evaluación de la Instalación de una Planta de Compost en la Región de Atacama

Este proyecto consiste en el estudio de la factibilidad técnico - económica de la instalación de una planta de compost en la tercera región de Chile, donde la materia prima más importante consista en lodos provenientes de las plantas de tratamiento de agua servidas de la tercera región.

El objetivo de esta tesis, es probar que se puede hacer un negocio **económicamente viable** en el tratamiento de lodos, evitando así la contaminación intrínseca de nuestro territorio al disponer de estos en vertederos municipales, lo que aumenta aun más el foco infeccioso y tóxico que representan estos recintos.

La materia prima para la elaboración de compost serán los lodos provenientes de las plantas de tratamientos de aguas servidas en la tercera región pertenecientes a la empresa Aguas Chañar por una parte y por otra, los restos de poda de las viñas de la región ya aludida.

Otro factor importante que debe ser considerado es la existencia de un déficit de recomponedores de suelo de calidad en la tercera región, pues todas las plantas compostadoras se encuentran al sur de la región de Coquimbo y el costo de transportar el producto es muy elevado. Existe por tanto una demanda insatisfecha representada por más de ocho mil hectáreas de viñedos, mil hectáreas de jardines públicos y ocho mil hectáreas de otras plantaciones, todo esto sin contar con el hecho de que el compost también se utiliza para la recuperación de suelos degradados y superficies alteradas sin uso agrícola, lo que representa una buena oportunidad de negocio, tomando en cuenta que cada hectárea requiere aproximadamente 14 m<sup>3</sup> de compost anual.

Por otro lado, la existencia de una plantas purificadoras de aguas servidas en la región de Atacama, cuyo principal desecho de producción es lodo alto en contenido nítrico y materia orgánica, por el cual la planta purificadora debe pagar al vertedero importantes sumas de dinero para que se hagan cargo de estos, refuerza la oportunidad de negocio, pues ese lodo se puede utilizar para la fabricación de compost, permitiendo además, cobrar por el servicio de disposición de lodos a la planta purificadora, dándose el extraño caso de que el proveedor de la materia prima, pague por el retiro de ésta.

El material vegetal, el cual constituye la segunda parte de la ecuación para la fabricación de compost, se puede obtener en forma gratuita si se utilizan el resto de las podas de los viñedos, pues en general, estos restos son quemados por las viñas, causando contaminación y dañando más aun el erosionado suelo de esta región.

Con todos estos antecedentes, resulta muy atractiva la evaluación de la instalación de una planta de compostaje en la tercera región.



Si bien el sector industrial del compostaje es relativamente nuevo en Chile, los organismos gubernamentales, en especial la CONAMA, están impulsándolo, pues constituye una alternativa al uso de otras enmiendas para el suelo, como la tierra de hoja, cuya extracción causa un grave problema de erosión al suelo, y por otra parte, al compostar, se reciclan desechos que acopiados en vertederos, se transforman en un problema.

El estudio de mercado del sector industrial determino que existen las bases en Chile para el desarrollo de esta actividad, que el tamaño del mercado y la inexistencia de plantas en la tercera región, disminuyen al mínimo la competencia y que la cantidad de compost producido en el país es insuficiente para satisfacer la futuras demandas de este.

El análisis estratégico determino que las mayores ventajas competitivas de la planta de compostaje, consisten en el Know-how tanto de uno de los socios como del ingeniero en jefe, el cual tiene años de experiencia en esta actividad, lo que garantiza una buena calidad del producto, la cual será certificada según la norma chilena de compost (NCh2880).

La evaluación económica arrojó como resultado un negocio rentable que resiste grandes caídas de precios y demanda.

Para evaluar económicamente el proyecto se consideraron la siguientes hipótesis:

- Horizonte de Proyección: Se tomo un horizonte de proyección de 10 años
- Precio del Producto: se fijo el precio del compost en \$40.000 pesos el metro cubico.
- Cantidad de Demanda: se considera la venta de todo el compost producido.
- En la evaluación económica no se considero el hecho de que existe una curva de aprendizaje.

El proyecto, financiando el 50% de la inversión, con una tasa de descuento del 15% da como resultado un VAN de \$ **856.847.250** y una TIR del **99%**.

El proyecto resiste una caída del precio de hasta un 57.5% y una disminución de la demanda de más de un 45% de Compost. Se determino también la resistencia a la volatilidad de precio del diesel en el mercado y que el proyecto puede soportar bajas hasta del 43% de los lodos tratados.



## INDICE

<b>INDICE.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1. OBJETIVO DE LA TESIS.....	7
1.2. EL COMPOSTAJE Y EL COMPOST.....	7
1.3. BENEFICIOS DEL COMPOSTAJE: .....	8
1.4. LODOS .....	10
1.5. MUESTRA .....	11
1.6. METALES PESADOS Y OTROS EN LA MUESTRA .....	12
1.7. BREVE HISTORIA DE LA EMPRESA AGUAS CHAÑAR.....	14
1.8. EL SUELO EN LA TERCERA REGIÓN .....	15
1.9. EL PROYECTO.....	16
<b>2. ANÁLISIS DEL MERCADO .....</b>	<b>19</b>
2.1. MERCADO MUNDIAL DEL COMPOST .....	19
2.2. MERCADO NACIONAL DEL COMPOST.....	21
<b>3. ANÁLISIS DEL SECTOR INDUSTRIAL.....</b>	<b>24</b>
3.1. DEFINICIÓN DEL SECTOR INDUSTRIAL.....	24
3.2. ANÁLISIS DE PORTER (MODELO DE LAS 5 FUERZAS):.....	24
3.2.1. <i>Intensidad de la Rivalidad entre los Competidores</i> .....	25
3.2.2. <i>Amenaza de Nuevos Participantes:</i> .....	25
3.2.3. <i>Poder de los Proveedores:</i> .....	25
3.2.4. <i>Disponibilidad de Sustitutos:</i> .....	26
3.2.5. <i>Poder de Negociación de los Clientes:</i> .....	27
3.2.6. <i>Conclusiones del análisis de Porter.</i> .....	27
3.3. EXAMEN DEL MEDIO EXTERNO A NIVEL DE NEGOCIO. BASADO EN EL ANÁLISIS DE LOS FACTORES EXTERNOS DEL NEGOCIO: .....	28
3.3.1. <i>Factores Tecnológicos</i> .....	28
3.3.2. <i>Factores Gubernamentales</i> .....	28
3.3.3. <i>Factores Sociales:</i> .....	29
3.3.4. <i>Factores de Mercado:</i> .....	29
3.4. ANÁLISIS DE LA CADENA DEL VALOR.....	30
3.4.1. <i>Flow-Sheet</i> .....	30
3.4.2. <i>Actividades primarias:</i> .....	31
3.4.3. <i>Actividades de Apoyo</i> .....	31
3.5. ANÁLISIS FODA.....	33
3.5.1. <i>Fortalezas y Debilidades Críticas de la Empresa</i> .....	33
3.5.2. <i>Oportunidades y Amenazas Críticas del Medio para el Sector Industrial</i> .....	34
3.5.3. <i>Fortalezas y Debilidades Críticas de la Empresa enfrentadas a Oportunidades y Amenazas Críticas del Medio para el Sector Industrial.</i> .....	35
3.6. DEFINICIÓN DE LAS ESTRATEGIAS COMPETITIVAS GENÉRICAS .....	36
3.6.1. <i>Factores Críticos De Diferenciación</i> .....	37
3.6.2. <i>Diferenciación Del Producto</i> .....	37
3.7. DEFINICIÓN DE LA ESTRATEGIA DE FABRICACIÓN.....	37



<b>4. PRODUCCION.....</b>	<b>39</b>
4.1. MÉTODO.....	39
4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE AIREADO .....	44
4.3. BIOQUÍMICA DEL COMPOST Y CONDICIONANTES DEL PROCESO .....	45
4.3.1. Ciclo del Nitrógeno.....	45
4.3.2. El oxígeno .....	47
4.3.3. Temperatura .....	47
4.3.4. Población Microbiana .....	48
4.3.5. Humedad.....	52
4.3.6. PH.....	53
4.3.7. Grado de Trituración.....	53
4.4. MEDIDAS HIGIÉNICAS .....	54
<b>5. ESTUDIO TÉCNICO.....</b>	<b>55</b>
5.1. EL COMPOST COMO FERTILIZANTES .....	55
5.2. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO:.....	56
5.3. LOCALIZACIÓN .....	57
5.3.1. Proximidad de Materias Primas.....	57
5.3.2. Proximidad de Suministro de Servicios .....	58
5.3.3. Vías de Comunicación y Proximidad del Mercado.....	58
5.3.4. Disponibilidad del Terreno.....	58
5.3.5. Costo y Disponibilidad de la Mano de Obra .....	58
5.3.6. Estructura Legal e Impositiva.....	58
5.3.7. Impacto Ambiental.....	58
5.4. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA .....	59
5.5. DETERMINACIÓN DE LA MAQUINARIA.....	60
<b>6. ANÁLISIS ECONOMICO.....</b>	<b>61</b>
6.1. HIPÓTESIS CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO ECONÓMICO DE ESTE PROYECTO .....	61
6.2. INVERSIONES .....	62
6.2.1. Inversión en Terreno.....	62
6.2.2. Inversión en Maquinaria.....	62
6.2.3. Inversión en Equipos e Instrumentos.....	62
6.2.4. Inversión en Infraestructura .....	62
6.2.5. Inversión en Capital de Trabajo .....	63
6.3. COSTOS FIJOS .....	64
6.3.1. Personal Operacional.....	64
6.3.2. Asesorías.....	64
6.3.3. Mantención .....	64
6.3.4. Ropa Obrero .....	65
6.3.5. Exámenes de Compost .....	65
6.4. DEPRECIACIÓN .....	65
6.5. COSTOS VARIABLES .....	66
6.5.1. Diesel.....	66
6.5.2. Agua.....	66
6.5.3. Electricidad.....	66
6.5.4. Lodos y Restos de Poda .....	66
6.5.5. Bono por Ventas Vendedor .....	66
6.6. COSTOS GENERALES.....	67
6.6.1. Vacunas.....	67
6.6.2. Promoción.....	67
6.6.3. Seguros .....	67
6.6.4. Otros .....	67
6.7. PRECIO .....	68
6.7.1. Precio del servicio de tratamiento de lodos.....	68
6.7.2. Precio del Compost.....	68



---

6.8.	TASA DE DESCUENTO .....	69
6.9.	IMPUESTOS .....	69
6.10.	VALOR RESIDUAL .....	69
6.11.	FLUJO DE CAJA .....	70
6.11.1.	<i>Flujo de Caja Puro</i> .....	70
6.11.2.	<i>Flujo de Caja Financiado</i> .....	70
6.11.2.1.	Financiamiento del 25% de la Inversión.....	70
6.11.2.2.	Financiamiento del 50% de la Inversión.....	70
6.11.2.3.	Financiamiento del 75% de la Inversión.....	70
6.12.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	71
6.12.1.	<i>Sensibilización del Precio del Producto</i> .....	71
6.12.2.	<i>Sensibilización de la Cantidad de Demanda de Compost</i> .....	72
6.12.3.	<i>Sensibilización de la cantidad de lodos Tratados</i> .....	72
6.12.4.	<i>Sensibilización Tasa de Descuento</i> .....	73
6.12.5.	<i>Sensibilización del precio del Diesel</i> .....	73
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>75</b>
	<b>ANEXO 1: FLUJO DE CAJA PURO .....</b>	<b>77</b>
	<b>ANEXO 2: FLUJO DE CAJA FINANCIANDO EL 25% DE LA INVERSIÓN .....</b>	<b>78</b>
	<b>ANEXO 3: FLUJO DE CAJA FINANCIANDO EL 50% DE LA INVERSIÓN .....</b>	<b>79</b>
	<b>ANEXO 4: FLUJO DE CAJA FINANCIANDO EL 75% DE LA INVERSIÓN .....</b>	<b>80</b>
	<b>ANEXO 5: SISTEMA DE AIREADO METODO BELTSVILLE (PRESIÓN NEGATIVA) .....</b>	<b>81</b>
	<b>ANEXO 6: SISTEMA DE AIREADO METODO RUTGERS (AIREACIÓN FORZADA).....</b>	<b>82</b>
	<b>ANEXO 7: INVERCIONES .....</b>	<b>83</b>
	<b>ANEXO 8: CUOTAS, AMORTIZACIÓN E INTERES POR PERIODO .....</b>	<b>85</b>
	<b>ANEXO 9: RESULTADO DE EXAMENES MUESTRA COMPOST DE LODOS COPIAPO .....</b>	<b>86</b>
	<b>ANEXO 10: CARTA DE CERTIFICACIÓN TECNICO BIOLÓGICA .....</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXO 11: CERTIFICADO TECNICO SISTEMA DE AIREADO.....</b>	<b>90</b>
	<b>ANEXO 12: CURRICULUM EXPERTO COMPOSTAJE.....</b>	<b>91</b>
	<b>ANEXO 13: CURRICULUM EXPERTO SISTEMA DE AIREADO .....</b>	<b>96</b>



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Objetivo de la Tesis

Con esta tesis pretendemos probar que es posible aprovechar un material de desecho considerado tóxico en su estado natural, “ los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de agua servida de la región de Atacama”, para crear un producto beneficioso para la sociedad, contribuyendo así, a un ambiente más limpio y al mismo tiempo, mejora la calidad de los suelos de la región donde estos serán tratados.

El objetivo de esta tesis, es probar que se puede hacer un negocio **económicamente viable** en el tratamiento de lodos, evitando así la contaminación intrínseca de nuestro territorio al disponer de estos en vertederos municipales, lo que aumenta aun más el foco infeccioso y tóxico que representan estos recintos.

Este proyecto consiste en el estudio de la factibilidad técnico - económica de la instalación de una planta de compost en la tercera región de Chile, donde una de la materia prima más importante consista en lodos provenientes de las plantas de tratamiento de agua servida de la tercera región.

### 1.2. El Compostaje y el Compost

El compostaje es un proceso biológico aerobio, que bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas y combinando bases mesófilas (temperatura y humedad medias) y termófilas (temperatura superior a 45%), transforma los residuos orgánicos degradables, en un producto estable e higienizado, aplicable como abono o sustrato. Es decir, el compostaje es:

- Una técnica de estabilización y tratamiento de residuos orgánicos biodegradables. El calor generado durante el proceso (fase termófila) va a destruir las bacterias patógenas, huevos de parásitos y muchas semillas de malas hierbas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.
- Una técnica biológica de reciclaje de materia orgánica que al final de su evolución da humus, factor de estabilidad y fertilidad del suelo.
- El resultado de una actividad biológica compleja, realizado en condiciones particulares; el compostaje no es, por tanto, un único proceso. Es, en realidad, la suma de una serie de procesos metabólicos complejos procedentes de la actividad integrada de un conjunto de microorganismos. Los cambios químicos y especies involucradas en el mismo varían de acuerdo a la composición del material que se quiere compostar.



El producto obtenido al final de un proceso de compostaje, el **compost**, posee un importante contenido en materia orgánica y nutrientes, pudiendo ser aprovechado como abono orgánico o como sustrato.



Compost Maduro.

### 1.3. Beneficios del Compostaje:

Desde el punto de vista ecológico e industrial las ventajas del compostaje se manifiestan en la eliminación y reciclado de muchos tipos de residuos, solventando los problemas que ocasionaría su vertido, y en la obtención de materiales apropiados para su uso en la agricultura. En este último sentido, se persigue aumentar la similitud entre la materia orgánica de los residuos y el humus de los suelos, eliminar los posibles productos tóxicos que puedan permanecer en los residuos por la descomposición incompleta del sustrato, y aumentar la estabilidad biológica o resistencia a la biodegradación, con lo que se resuelven o atenúan los efectos desfavorables de la descomposición de los restos orgánicos sobre el propio suelo.

La utilización del compost como enmienda orgánica o producto restituidor de materia orgánica en los terrenos de labor tiene un gran potencial e interés en nuestro país, ya que la presencia de dicha materia orgánica en el suelo en proporciones adecuadas **es fundamental para asegurar la fertilidad y evitar la desertización**. Además, cabe comentar que la materia orgánica en el suelo produce una serie de efectos de repercusión agrobiológica muy favorable (Tabla 1). Entre estos están:

- **Mejora las propiedades físicas del suelo:** La materia orgánica contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola (serán más permeables los suelos pesados y más compactos los ligeros), aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo mediante la formación de agregados.



- **Mejora las propiedades químicas:** La materia orgánica aporta macronutrientes N, P, K y micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Esta propiedad consiste en absorber los nutrientes catiónicos del suelo, poniéndolos más adelante a disposición de las plantas, evitándose de esta forma la lixiviación. Por otra parte, los compuestos húmicos presentes en la materia orgánica forman complejos y quelatos estables, aumentando la posibilidad de ser asimilados por las plantas.
- **Mejora la actividad biológica del suelo:** La materia orgánica del suelo actúa como fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el suelo. Estos viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. Una población microbiana activa es índice de fertilidad de un suelo.

A continuación un cuadro donde se resumen los efectos del compost en los suelos cultivados:

Tabla 1, Características Generales del Compost

Propiedades del suelo	Efectos Generales del Compost	
<b>FÍSICAS</b>	Aumento de la capacidad calorífica	Suelos más calientes en primavera
	Aumenta la capacidad de retención hídrica	Agregación de las partículas elementales
	Reducción de las oscilaciones térmicas	Aumenta la estabilidad estructural
	Da soltura a los arcillosos y cohesiona los arenosos	Facilita el drenaje
	Aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa	Suelos menos encharcados
	Mejora el balance hídrico	
	Reduce la erosión	
<b>QUÍMICAS</b>	Reduce la evaporación	
	Aumenta el poder tampón	Regula el pH
	Aumenta la capacidad de cambio catiónico	Mantiene los cationes de forma cambiante
	Forma fosfohumatos	Forma quelatos
<b>BIOLÓGICAS</b>	Mantiene las reservas de nitrógeno	
	Favorece la respiración radicular	Favorece la germinación de las semillas
	Regula la actividad microbiana	Mejora la nutrición mineral
	Modifica la actividad enzimática	Activa la rizogénesis
	Favorece el estado sanitario de los órganos subterráneos	
	Es fuente de energía para los microorganismos heterótrofos	
	El CO <sub>2</sub> desprendido favorece la solubilización de minerales	

Fuente: Cornell Composting

El uso de compost como fertilizante se retomara en el estudio técnico punto 5.1.



#### 1.4. Lodos

El lodo proveniente de plantas de tratamiento de aguas servidas (P.T.A.S.), esta compuesto principalmente por material fecal humana y constituye el principal material de desecho del proceso del tratamiento de aguas. Concretamente en las plantas de Aguas Chañar, el lodo es captado y procesado de la siguiente forma:

- Eliminación de sólidos de grueso de cámara de rejás
- Proceso de laguna aireado
- Laguna de Decantación
- Secado solar

Los lodos secos son acopiados en el recinto. Se le realiza un análisis de calidad química y bacteriológica, y finalmente son transportados al vertedero.



Foto de lodos provenientes de una P.T.A.S. en la Quinta región



## 1.5. Muestra

Para efectos de probar la factibilidad de producir compost a partir de los lodos provenientes de las plantas de aguas servidas de la tercera región, se realizó un compostaje en la ciudad de Copiapó, con lodos provenientes de la planta de tratamiento del mismo nombre.

Mezclamos 0.5 m<sup>3</sup> de estos lodos, con 0.3 m<sup>3</sup> de restos de poda chipiada provenientes de una viña situada en la localidad de Los Loros.

El procedimiento de compostaje se realizó a mano por dos razones significativas.

La primera fue porque el objetivo de la experiencia era demostrar que es factible la elaboración de compost de calidad usando como materia principal los lodos ya mencionados, y la segunda razón es que nos fue imposible replicar el sistema de aireación diseñado a tan baja escala de fabricación.

El lugar de compostaje elegido fue el patio de una casa.

La pila se conformo al aire libre sin ninguna protección con respecto al sol u otros factores climáticos.

Una vez conformada la pila, esta se procedió a remover cada cuatro días durante un mes y medio, para asegurar una adecuada oxigenación de la mezcla.

La pila fue regada cada dos días para mantener un nivel de humedad que permitiera la adecuada descomposición de la mezcla.

Luego fue dejada reposar un mes más para terminar con la etapa de maduración.

Es importante recalcar que tanto la mezcla como la pila fue conformada por los tesistas, pero debido a la imposibilidad de mantenerse un periodo de tiempo tan prolongado en la ciudad de Copiapó controlando la pila, esta tarea se dejo en manos de una persona de confianza, la cual se encargaba tanto de remover la pila como de humedecerla. Es por esto que datos interesantes como la temperatura en cada ciclo como el ph, etc. no pudieron ser recogidos durante esta experiencia.

Se realizaron viajes a Copiapó cada 25 días aprox. para verificar el estado de la muestra.

La decisión de realizar esta experiencia de esta forma, fue tomada porque el principal motivo del experimento no era recoger los datos del proceso, sino comprobar que se podía hacer un compost de calidad con lodos como fuente principal de materia prima bajo las condiciones climáticas de la ciudad de Copiapó.



Finalmente se tomo una muestra del compost con el objetivo de mandarla a analizar según los parámetros de la norma chilena 2880.

La información mas relevante que se busca es la cantidad de metales pesados en la muestra, debido principalmente a las materias primas de este compost, y es por esto que se dedica un punto en especial a este ítem.

### 1.6. Metales Pesados y Otros en la Muestra

La mayoría de estos metales, en su correcta proporción, son indispensables para la vida y solo en cantidades muy concentradas pueden volverse tóxicos. Por esto, siguiendo la normas vigentes en Chile al respecto ( NCH 2880), **no representa en ningún caso** un peligro la incorporación de el compost producido con estos lodos.

Cabe destacar que la norma chilena 2880 ( Compost- Clasificación y Requisitos), es una de las más exigentes en el mundo con respecto a la cantidad máxima de metales pesados contenidos en el compost para certificarlo.

La muestra fue entregada a Laboratorios SILOB con el objetivo de que le realizaran toda los exámenes pertinentes.

SILOB CHILE, es una empresa privada dedicada a la prestación de servicios en áreas de Ingeniería, Control del Medio Ambiente, Certificación de Calidad, Análisis Químicos, Microbiológicos, Inspecciones y Peritajes, Capacitación y Asistencia Técnica.

Esta empresa cuenta con certificación ISO 9001 y acreditación NCh 17025.

Se eligió este laboratorio además, por su experiencia en el análisis de compost en base a lodos de plantas purificadoras de aguas servidas según la Norma Chilena 2880.

Los exámenes de los metales pesados pueden verse en el anexo 9 de esta tesis.

Los resultados de presencia de metales pesados en la muestra, se muestran en la siguiente tabla:

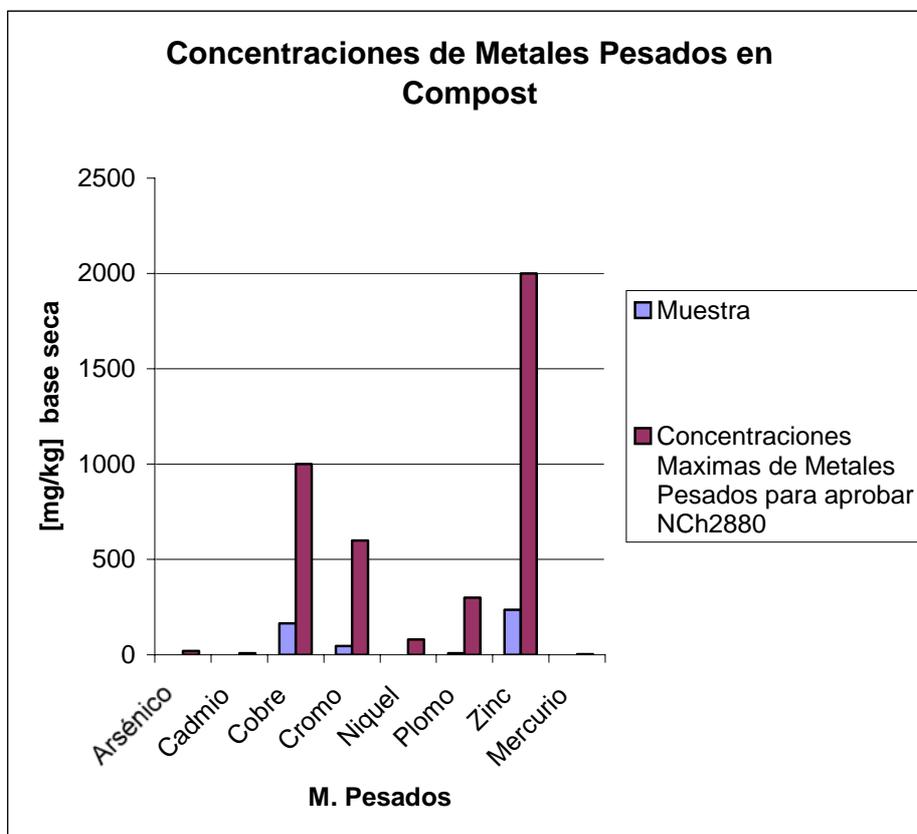
Tabla 2, Metales Pesados en Muestra

Metales [Mg/Kg]	Muestra
Arsénico	0.09
Cadmio	0.05
Cobre	164
Cromo	45.7
Níquel	0.239
Plomo	7.86
Zinc	236
Mercurio	0.239

Fuente: SILOB CHILE



Los resultados de los exámenes de metales pesados en el compost producido con lodos de Copiapó v/s La concentración máxima de metales pesados según NCh2880 , son representados en el siguiente grafico:



Fuente: SILOB e INN

En el grafico anterior es fácil apreciar que las concentraciones de metales pesados del compost producido están muy por debajo de las cantidades máximas indicadas en NCh2880 para un compost seguro.

A modo de ejemplo, los fertilizantes minerales, los cuales son muy usados en la agricultura nacional, constituyen un aporte de metales pesados al suelo mucho mayor que el producido por compost en base de lodos.(revista InduAmbiente, marzo del 2005).

Otra variable pertinente y controlada en la NCh2880 es la conductividad eléctrica del compost. Según la norma esta debe ser menor a 3000 [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] para que este pueda aplicarse sin restricciones y hasta 8000 [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] para aplicarse con ciertas restricciones.

En el examen de la muestra, se encontró una conductividad eléctrica igual a 1830 [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ], muy por debajo de lo exigido. (SILOB CHILE)



## 1.7. Breve Historia de La Empresa Aguas Chañar

En el año 1977 el Estado de Chile creó el Servicio Nacional de Obras Sanitarias SENDOS fusionando una serie de oficinas que tenían relación con el subsector de Agua Potable y Alcantarillado. Las funciones que se le asignó al SENDOS fue operar y mantener los sistemas para abastecer la población urbana en cantidad y calidad y encargarse de la evacuación de las aguas servidas y además se le encargó de dotar de aguas potables a la población rural concentrada.

El año 1990 con la promulgación de la ley 18.885 publicada en el D.O. el 12 de enero del mismo año se divide el SENDOS en empresas sanitarias regionales, donde se modifica el sistema de administración descentralizando la administración y haciéndolas depender de la CORFO a través del SAE y posteriormente del SEP.

En la Tercera Región, producto de esta modificación, se crea EMSSAT como sociedad anónima cerrada con una participación accionaria del 100% del Estado de Chile.

En el año 1998 el Gobierno decidió invitar a participar al sector privado en las Empresas Sanitarias, en una primera etapa mediante la venta de un paquete accionario y posteriormente mediante la venta o cesión de los derechos de explotación de los servicios sanitarios.



Estaque de aguas en ciudad de Copiapó

En la Región de Atacama Aguas Norte Grande S.A., hoy Aguas Chañar S.A., mediante licitación pública se adjudicó por 30 años los Derechos de Explotación de las Concesiones Sanitarias de la Empresa de Servicios Sanitarios de Atacama EMSSAT S.A. Posteriormente con fecha 12 de agosto de 2004 mediante Decreto MOP 667 se formaliza la transferencia.

Aguas Chañar S.A. es una sociedad anónima cerrada e inscrita en la Superintendencia de Valores y Seguros, creada con el objeto único y exclusivo de Construir, Explotar los Servicios Públicos de Producción y Distribución de Aguas Potables, Recolección y Disposición de Aguas Servidas a través de la Explotación de las concesiones de la Empresa de Servicios Sanitarios de Atacama S.A. y la realización de las demás prestaciones relacionadas con dichas actividades, todo ello en la forma y condiciones establecidas en el DFL 682/88 y 70/88.



En este momento cuenta con cinco plantas de tratamiento de aguas servidas:

Copiapó

Vallenar

Freirinna

Caldera

Diego de Almagro

Las cuales producen en su conjunto 4350 m<sup>3</sup> de lodo anualmente.

### 1.8. El Suelo en la Tercera Región

Tabla 3, Características del Suelo en la Tercera Región.

Tipo	Zona	Características
Aridisoles	Se presentan en regiones interiores	Suelos poco evolucionados debido a la aridez. En el valle central este tipo de suelos derivan de sedimentos gruesos con alto contenido salino y pH elevado.
Entisoles	Situados preferentemente en la costa	Suelos delgados y muy estratificados. Presentan gran pedregosidad en el perfil debido a su origen coluvial

Fuente: Informe País, Estado del Medio Ambiente en Chile, 1999. Ediciones Lom

En esta zona del país se presentan suelos de serranías áridas y semiáridas, donde en los sectores costeros son muy similares a los descritos en las regiones anteriores.

En el sector norte de la región de Atacama los suelos presentan un horizonte petrocálcico en su primer metro de profundidad. Más al sur los suelos de las llanuras de la depresión intermedia son de desierto, evolucionados por el aumento de las precipitaciones y la cobertura vegetal resultante de dichas condiciones.

Luego, hacia el sur de la región se presentan suelos derivados de sedimentos de texturas medias y finas. Son delgados y moderadamente profundos. Se habla de un horizonte argílico, ya que posee una capa de arcilla en profundidad.

En la precordillera y cordillera predominan los suelos llamados Entisoles y Aridisoles. Poseen un escaso desarrollo y generalmente son desnudos ubicados en fuertes pendientes de cerros escarpados.

Es importante señalar que el porcentaje de materia orgánica en el suelo de la región es menor que 2%



## 1.9. El Proyecto

En la provincia de Copiapó existen más de 8.000 hectáreas plantadas de viñas, las cuales, dadas las características agronómicas del terreno, necesitan de gran cantidad de fertilizantes anualmente, demanda que hoy se satisface casi en su totalidad por productos químicos. Además se requieren, en forma urgente, recuperadores de suelos tanto para terrenos de uso agrícola, como para la recuperación de suelos degradados y superficies alteradas los cuales, debido a su daño, no se les puede dar uso dentro de la industria agrícola, demanda que no es satisfactoriamente satisfecha en estos momentos.



Nivel de erosión de la tierra específicamente en Tierra Amarilla zona de viñas ubicada a 45 KM de Copiapó.

Por otro lado, el programa de tratamiento de aguas servidas esta en pleno desarrollo en el país. En el año 1999 se trataban aproximadamente solo el 20% de las aguas servidas provenientes del alcantarillado. La metas de cobertura son 71,4% en el año 2005 y, 97,3% para el año 2010 (Revista Agronómica y Forestal, Marzo 2001, departamento de Ciencias Vegetales. P.U.C.) .



Como resultado del tratamiento del proceso de tratamiento de aguas se obtiene básicamente agua apta para regadío y residuos sólidos en forma de lodo. Debido a la falta de alternativas para tratar los lodos, las plantas se ven obligadas a pagar para disponer sus lodos en los vertederos, opción que ha sido muy controvertida por los organismos medioambientales, por todos los problemas ambientales y molestias para la población que implica tanto el transporte como la disposición final de estos.

Dadas las proyecciones descritas en los párrafos anteriores, se está generando la necesidad imperiosa de disponer de los lodos de alguna forma que no sea dañina para el ambiente y la salud humana.

Finalmente el avance de la desertificación en el norte de nuestro país hace imprescindible la elaboración de reconstituidores de suelo para frenar este fenómeno.

A partir del problema y la necesidad descrita, nace la oportunidad de negocio que consiste en la fabricación de compost, un excelente fertilizante orgánico y recuperador de suelos para satisfacer la demanda de la tercera región de Chile, aprovechando al mismo tiempo, de proveer una alternativa viable de reciclar los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas servidas de la región de Atacama..

El proyecto consiste concretamente en la instalación de una planta de compostaje en la tercera región de Atacama, en las afueras de la ciudad de Copiapó. Esta locación tiene grandes ventajas para el negocio:

- a.** La gran cantidad de viñas en esta zona las cuales superan las 8000 hectáreas de terreno plantado. Estas viñas producto de las podas, proporcionaran la materia vegetal para el proceso de la planta de compost evitándose así la quema de estos desechos y por otro lado constituyen el mercado potencial para el compost fabricado.
- b.** La erosión del suelo en la tercera región, producto de años de explotación y la naturaleza agronómica de este, provoca una demanda de reconstituidores de suelo, demanda insatisfecha hasta este momento.



- c. La lejanía de esta región con respecto a las plantas de compostaje existentes en el país constituye una barrera para los productos producidos por éstas, debido principalmente, al costo de transporte, el cual encarece el producto.
  
- d. la existencia de plantas purificadoras pertenecientes a una sola empresa, Aguas Chañar, las cuales produce como consecuencia de su proceso 4350 m<sup>3</sup> de lodos al año, los cuales en este momento son depositados en vertederos de la región, empresa con la cual se pretende firmar un contrato a largo plazo para tratar sus lodos ( 10 años).
  
- e. La CONAMA promueve fuertemente el tratamiento de lodos por medio del compostaje para neutralizar el posible daño medioambiental de disponer de estos lodos en vertederos y además para evitar la extracción de tierra de hoja de otras regiones con el objetivo de reconstituir los suelos de la zona agrícola de la III región.

Esta planta estará especialmente diseñada para cumplir con creces las normas sanitarias y garantizar la calidad del producto según la Norma Chilena 2880 “Compost – Clasificación y Requisitos”



## 2. ANÁLISIS DEL MERCADO

### 2.1. Mercado Mundial Del Compost

Investigaciones en Europa indican que la calidad y el marketing del producto son los puntos más importantes de la industria del compostaje. Tanto los productores como los usuarios son de la opinión de que el reciclado sustentable de desperdicios orgánicos demandan claras regulaciones para resguardar que es posible de reciclar y como debe ser manejado y controlado. Cerca del 15% del total de los desperdicios orgánicos son tratados biológicamente en Europa. El uso de estos debe obedecer a la protección del medio ambiente y los requerimientos del mercado.

Aproximadamente el 40% del total de desperdicios de Europa es posible de compostar.

A continuación les mostraremos un cuadro con el porcentaje de participación de mercado de las ventas de compost de algunos países integrantes de la Unión Europea.

Tabla 4, Porcentaje de Participación de Mercado de Compost de Países Europeos

Mercado en %	Bélgica	Alemania	Dinamarca	Países Bajos	Italia	Luxemburgo	Francia
Paisajismo	26		13	10	15	28	19
Relleno y Restauración	2	25	14				
Agricultura y Agr. Especial	9	43	12	75	33	43	52
Horticultura		5	8				5
Trabajos de Tierra	35	10			48		15
Jardines Privados	19	14	43	10		18	
Exportación	5			5			
Otros	4	3	10		4	11	9

Fuente: European Compost Network (ECN)



La cantidad de compost que produce cada país europeo en forma aproximada por año se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 5, m3 de Compost que produce cada país Europeo.

PAIS	Metros Cubicos Aprox
Alemania	64,000,000
Países Bajos	48,000,000
Italia	36,800,000
Reino Unido	16,000,000
Austria	12,800,000
Suiza	10,256,000
Dinamarca	8,000,000
España	8,000,000
Bélgica	6,400,000
Hungría	5,760,000
Polonia	5,600,000
Grecia	4,096,000
Republica Checa	3,520,000
Portugal	1,232,000
Francia	960,000
Luxemburgo	432,000
Eslovenia	224,000

Fuente: European Compost Network (ECN)

Con respecto a la producción de compost en América, EE.UU, Canadá, Brasil, Argentina y muchos otros países están optando por compostar sus residuos sólidos urbanos y lodos provenientes de plantas purificadoras. La industria en este continente es nueva por lo que aun no se disponen de estadísticas de producción de los países americanos. Sin embargo, esta industria esta en crecimiento, lo que se refleja en la existencia de regulaciones con respecto al compost, existencia de revistas especializadas mensuales en especial en EE.UU. y, la gran cantidad de información que se publica con respecto a la producción de este producto y sus cualidades.



El crecimiento del mercado del compost esta directamente relacionado con el crecimiento del consumo de productos orgánicos en el mundo, debido a la necesidad de esta industria de contar con fertilizantes naturales. Se estima que, en el año 2005, los productos orgánicos alcanzarán entre 5% y 10% del mercado europeo, e incluso algunas estimaciones señalan que para 2010, el porcentaje subiría a cerca de 30%, involucrando 15 millones de hectáreas y cerca de 600 mil agricultores. De acuerdo a estimaciones del Internacional Trade Center (ITC), las ventas totales de alimentos y bebidas orgánicas a nivel mundial crecieron de US\$ 10 mil millones, en el año 1997, a US \$17,5 mil millones en el año 2000, mientras que en el año 2008 esa cifra llegaría a US\$ 80 mil millones (diario Estrategia, 6 de Octubre 2003). El importante desarrollo y la creciente demanda de productos orgánicos en la región abren una importante oportunidad para las exportaciones chilenas, favorecidas, entre otros aspectos, por el Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea.

## 2.2. Mercado Nacional Del Compost

En Chile existen 20 empresas importantes productoras de compost donde las materias primas usadas son principalmente de origen vegetal ( restos de poda, hojas, corteza de pino, etc.). también en menor medida se utilizan residuos sólidos urbanos (RSU) y lodos de provenientes de plantas de tratamiento de aguas servida. A continuación una lista de las principales empresas que producen compost en Chile:

Tabla 6, Principales Empresas Fabricantes de Compost en Chile.

EMPRESAS	REGION
AGROINDUSTRIAL PULLIHUE LTDA.	RM
ARMONY M.R.	RM
OJEDA SOTO JUAN CARLOS	XII
TIERRA FERTIL	RM
AGRICOLA ACONCAGUA LTDA.	RM y V
TIERRA DE HOJA LITRE COMPOST JUAN GARCIA	RM
QUIYOTA	V
COMPOST ENERGIA VERDE S.A	VIII
JARDITERRA	VIII
ARIDOS IVAN SOTO	RM
Ecogarbage	V
Reciclajes Industriales S.A. (filial armony)	RM
Agroorganicos Mostazal	VI
Anasac	RM- VIII y IX

Fuente: Elaboración Propia



El compostaje es una práctica relativamente nueva en Chile. En estos momentos se produce un estimado de 650.000 m<sup>3</sup> (aprox.) de compost, destinado al mercado agrícola nacional (Nelson Menares, Agroindustrial Pullihue). Esta cantidad es mínima comparada con el mercado potencial existente en Chile (172.635 há solo de viñas), es decir, se requieren aproximadamente 3.4 millones de m<sup>3</sup> de compost para satisfacer solo la demanda potencial de esta **porción** de la industria agrícola.

El Compost como enmienda para suelos, por su alto contenido de materia orgánica, constituye una de las mejores alternativas para la recuperación de suelos degradados, específicamente en las primeras tres regiones del país, donde la falta de materia orgánica constituye el principal problema de estos suelos junto con la salinización de estos, lo que produce desertificación en estas zonas.

El compost también es altamente utilizado en paisajismo, específicamente como base en la plantación de césped, solo como ejemplo, en la región metropolitana, la Autopista Central compró 3.000 m<sup>3</sup> del compost en base a lodos para sus jardines (revista InduAmbiente año 13 n°73).

Se ha planteado que el uso de compost en canchas de césped para uso deportivo, produce una textura en el suelo tal que los deportistas se lesionan menos. (Fernando Alcázar, Gerente de Ingeniería de Gestión ambiental S.A.)

El crecimiento relativo del sector industrial se estima en un 10% para el año 2006. La existencia de tratados de libre comercio, especialmente con la Unión Europea, constituyen un gran incentivo para los agricultores chilenos de optar por el uso de fertilizantes naturales como el compost para exportar sus productos fertilizados orgánicamente y captar la creciente demanda de estos en Europa.

La CONAMA ha demostrado una gran preocupación para fomentar esta industria en Chile, especialmente por el gran beneficio medioambiental que representa la producción de Compost, tales como la disminución del uso de tierra de hoja como principal recomponedor de terrenos erosionados, el reciclaje de materiales orgánicos y, la disposición segura de lodos.

Estos esfuerzos se ven reflejados el año 2004 con la publicación de la primera norma chilena que regula el compost en Chile. Esta es la NCH 2880 “Compost – Clasificación y Requisitos”, la cual constituye un avance en la regulación de este mercado y demuestra la preocupación de los organismos competentes del estado (SAG-CONAMA-INN) para proporcionar marcos legales que permitan un adecuado desarrollo de este sector de la industria en Chile, aunque hasta este momento son pocas las empresas que se han ajustado a la norma.



La uva de mesa chilena, principal mercado para el proyecto estudiado, encabeza con un 77% las exportaciones de esta fruta a nivel sudamericano, y se ubica en segundo lugar a nivel mundial con un 24%. A modo de reporte, y a sólo un par de meses del cierre de la temporada de exportaciones frutícolas 2005-2006, se proyecta que la III región eleve sus exportaciones en un 21%. (Ronald Bown, Presidente Asoex).



Foto de viñas ubicadas en Los Loros, Copiapó , III región.

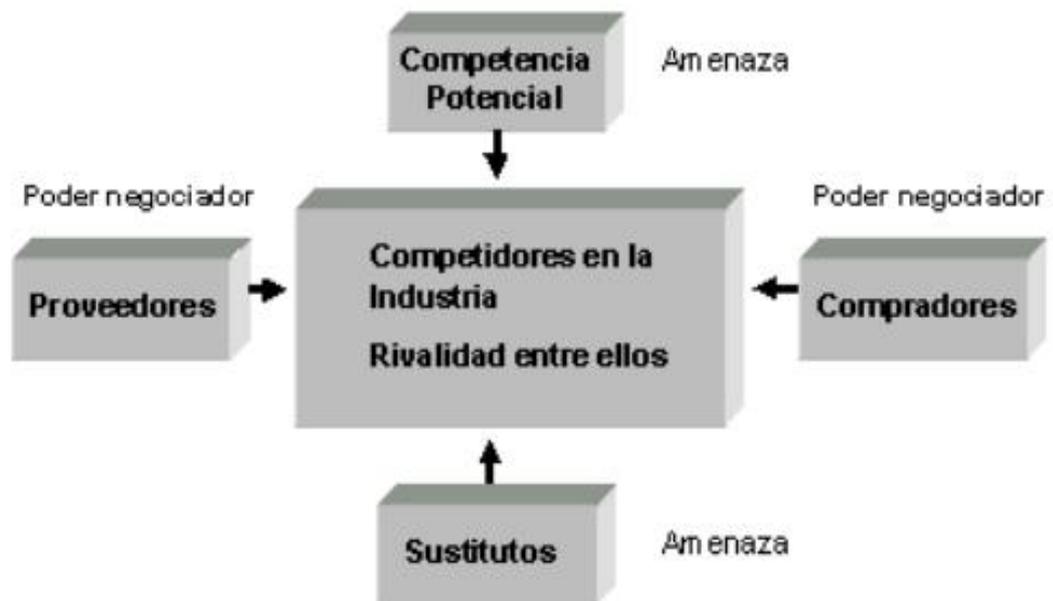


### 3. ANÁLISIS DEL SECTOR INDUSTRIAL

#### 3.1. Definición del Sector Industrial

- a. **Industria** : Reciclaje
- b. **Sector Industrial** : Compostaje

#### 3.2. Análisis de Porter (Modelo de las 5 Fuerzas):



Fuente: Arnoldo Hax & Nicolás Majluf



### **3.2.1. Intensidad de la Rivalidad entre los Competidores**

El compostaje es una practica relativamente nueva en Chile. Existen pocas plantas productoras (menos de 20), donde 5 de ellas producen cerca del 65% de un total de 650.000 m<sup>3</sup> de compost destinado al mercado agrícola. Esta cantidad es mínima comparada con el mercado potencial existente en Chile (172.635 há solo de viñas), tomando en cuenta que el requerimiento aproximado por hectárea es de 20 m<sup>3</sup>/há/año. Esto da como resultado más de 3.4 millones de m<sup>3</sup> de compost para satisfacer a solo esta porción de la industria agrícola.

Es imprescindible tomar en cuenta que el compost es utilizado intensamente en áreas como el paisajismo, sobre todo en la creación de áreas verdes y la plantación de pastos.

El crecimiento relativo del sector industrial se estima en un 10% para el año 2006.

La intensidad de la rivalidad observada entre los competidores es baja.

*Atractivo*

### **3.2.2. Amenaza de Nuevos Participantes:**

Las economías de escala son bajas, el alto nivel de contestabilidad debido al fácil acceso a las ultimas tecnologías y la baja especialización de los activos se ve en algo amortiguada por sobre todo, a la inmensa importancia de la experiencia en el campo del compostaje. Concretamente la amenaza de nuevos competidores es alta.

*Poco Atractivo*

### **3.2.3. Poder de los Proveedores:**

El poder de los proveedores es bajo, debido principalmente a que cualquier producto orgánico se puede compostar, el costo de cambio es bajo en general pues los procesos son relativamente iguales con la mayoría de las materias primas y existe gran cantidad de proveedores importantes ( vertederos, plantas de tratamiento, desechos de poda, etc), lo que provoca que el poder de los proveedores sea en general bajo.

*Atractivo*



### 3.2.4. Disponibilidad de Sustitutos:

El sustituto más cercano de el compost es la tierra de hoja, pues posee las mismas propiedades físicas que el compost, (favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo ). Pero debido al daño ambiental y la falta de trazabilidad de los insumos, los organismos ambientales del estado ( CONAMA), están restringiendo fuertemente su extracción, poniendo diversas trabas legales e incentivando el uso del compost en su lugar.

Por otro lado, se pueden considerar sustitutos los fertilizantes químicos, los cuales son claramente superiores en el aporte de hidrógeno y potasio para las plantas, pero en ningún caso mejoran la calidad del suelo y evitan la erosión de éste. Debido a este problema y, a la propiedad física del compost de la liberación gradual de nutrientes y retención de la humedad, los fertilizantes y el compost son vistos, en muchos casos, como complementarios para fortalecer y fertilizar los cultivos, permitiendo bajar las perdidas de fertilizantes debido a la evaporación, acelerar la absorción de nutrientes por parte de las plantas y además mejorar la performance de los fertilizantes suministrados. En la tercera región de Chile se están realizando estudios que, aunque aun no son concluyentes, formulan la hipótesis de que ,con la utilización de compost, los agricultores podrían ahorrarse aproximadamente un 5% de los fertilizantes, especialmente los nitrogenados (Rodrigo Urizar Vargas, Gerente de la zona norte de Fruterías Euroamerica S.A.).

Aunque el sol y el agua son variables importantísimas en la cantidad de producción de fruta, la calidad del suelo también influirá en aumentar ésta, pero este incremento dependerá mucho del tratamiento y cuidados a la vid, pues el compost es una herramienta que bien utilizada puede crear mucho valor a los empresarios de la uva.

Por las razones ya señaladas y además, debido al amplio mercado, no se espera una guerra de precios entre fertilizantes y compost.

El huano de animal también es un sustituto, pero de muy mala calidad debido principalmente a su acidez y a los problemas sanitarios que implica su utilización.

### *Atractivo*



### 3.2.5. Poder de Negociación de los Clientes:

Los productores agrícolas, especialmente los viñateros, necesitan reconstituidores de suelos debido a su erosión. Esto, sumado a la gran cantidad de potenciales clientes (los que se encuentran atomizados) y, a las pocas opciones de productos reestructivos del suelo, disminuye su poder de negociación hasta un grado bajísimo.

A continuación una tabla de la distribución del número de viñas según su rango de Hectáreas plantadas:

Tabla 7, Distribución de número de Viña según su Rango de Hectáreas Plantadas

Región	Tamaño de la Propiedad [Hectáreas]						Total Regional
	De 0 a 1	1.1 a 5.0	5.1 a 10.0	10.1 a 20.0	20.1 a 50	mayor a 50	
ATACAMA	180	182	53	53	36	42	546

Fuente: ODEPA

Existen posibilidades de una integración hacia atrás por parte de las viñas, pero esto no es probable, pues el compost es un negocio totalmente diferente al de las viñas y éstas, prefieren invertir sus recursos en el mejoramiento de su propio negocio, observándose una preferencia a invertir en integración vertical hacia delante, para aumentar el valor agregado a sus productos (ej: conservas).

*Atractivo*

### 3.2.6. Conclusiones del análisis de Porter.

Del análisis de Porter se concluye que este sector de la industria tiene un *Atractivo Alto*.



### **3.3. Examen del medio Externo a Nivel de Negocio. Basado en el Análisis de los Factores Externos del Negocio:**

#### **3.3.1. Factores Tecnológicos**

A pesar que este sector industrial es relativamente nuevo en Chile, en Europa este sector industrial ya lleva más de 20 años y se están desarrollando continuamente nuevas tecnologías que podrían replicarse en Chile. Para la producción de compost de alta calidad, es necesario controlar el máximo de variables que influyen en el proceso, como por ejemplo la humedad, la temperatura y la oxigenación.

En Chile, al ser una practica nueva, en general recién se están investigando las tecnologías más adecuadas, dependiendo de cada ambiente e insumos, lo que ha requerido de mucho esfuerzo, tanto de cooperación entre empresas como de universidades. Es por esto que, hoy en día, el uso de las tecnologías adecuadas proporcionan una clara ventaja por sobre la competencia, que en su mayoría, aun insiste en ocupar el método de volteo de pilas.

#### **3.3.2. Factores Gubernamentales**

Los organismos gubernamentales relacionados con el compostaje, tales como el Servicio Agrícola y Ganadero ( SAG), la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y, el Instituto de Normalización Nacional (INN), han aunado esfuerzos para ayudar a este sector industrial a surgir. Se han invertido recursos económicos en la investigación y la normalización de la fabricación del compost, ya que esta actividad se presenta como una muy buena solución para el reciclaje de residuos sólidos urbanos (RSU), lodos provenientes del tratamiento de aguas servidas y, restos de material vegetal proveniente de las podas tanto en la agricultura como en áreas verdes.

La CONAMA, en especial, a querido fomentar la producción de compost en Chile por dos razones principales. La primera es el reciclaje de los residuos ya mencionados, que por años han representado un problema para esta institución, debido al grado de contaminación que producen principalmente los RSU y los Lodos. La segunda, es el replazo de del uso de la tierra de hoja por Compost, para mejorar la estructura del suelo. Para explicar este punto es necesario mencionar que la tierra de hoja que se comercializa, es extraída de los bosques y corresponde a los primeros 10 a 15 centímetros del suelo. Esta actividad genera un grave daño ambiental para los bosques, ya que la perdida sistemática de este recurso significa condenar a los árboles y arbustos a una muerte crónica, y someter al terreno a un rápido proceso de erosión y desertificación.



Un estudio realizado por el SAG el año 2002, reveló que cada año se extraen más 60.000 m<sup>3</sup> de tierra de hoja solo en la región Metropolitana. Esto a llevado a la CONAMA a fiscalizar y procesar con el apoyo del Consejo de Defensa del Estado, a todo aquel que sea sorprendido extrayendo esta tierra bajo la figura de Daño Ambiental (19.300), donde las sanciones pueden llegar a una multa de 1.000 UTM, más la obligación de recuperar ambientalmente la zona intervenida.

Por otra parte la CONAMA dio prioridad al estudio de la norma que permitiría estandarizar la calidad del compost, que dio origen en 2004 a la norma chilena 2880.

Todos estos antecedentes nos permiten ver que el gobierno esta comprometido a impulsar el desarrollo de este sector industrial.

### **3.3.3. Factores Sociales:**

A medida que Chile se vuelve un país más desarrollado e industrializado, la población se empieza a preocupar cada vez más de los problemas ambientales, y en general, apoya los proyectos que permiten mantener y mejorar el medio ambiente. Es por esto que la sociedad mira con muy buenos ojos el reciclaje de los residuos, y se opone, cada vez más, a el uso de los antiguos métodos de disposición de estos, como por ejemplo los rellenos sanitarios. Este factor se considera relevante en el estudio del sector de la industria del compostaje, pues este proceso ayuda a reutilizar los residuos orgánicos, permitiendo una mejor calidad de vida de las personas, mejorando el medio ambiente y ayudando además a un sector importante de la economía de nuestro país, la agricultura. Es imposible no dejar de mencionar los beneficios sociales que trae el reciclaje en general y el compostaje en particular para el estudio de este tema.

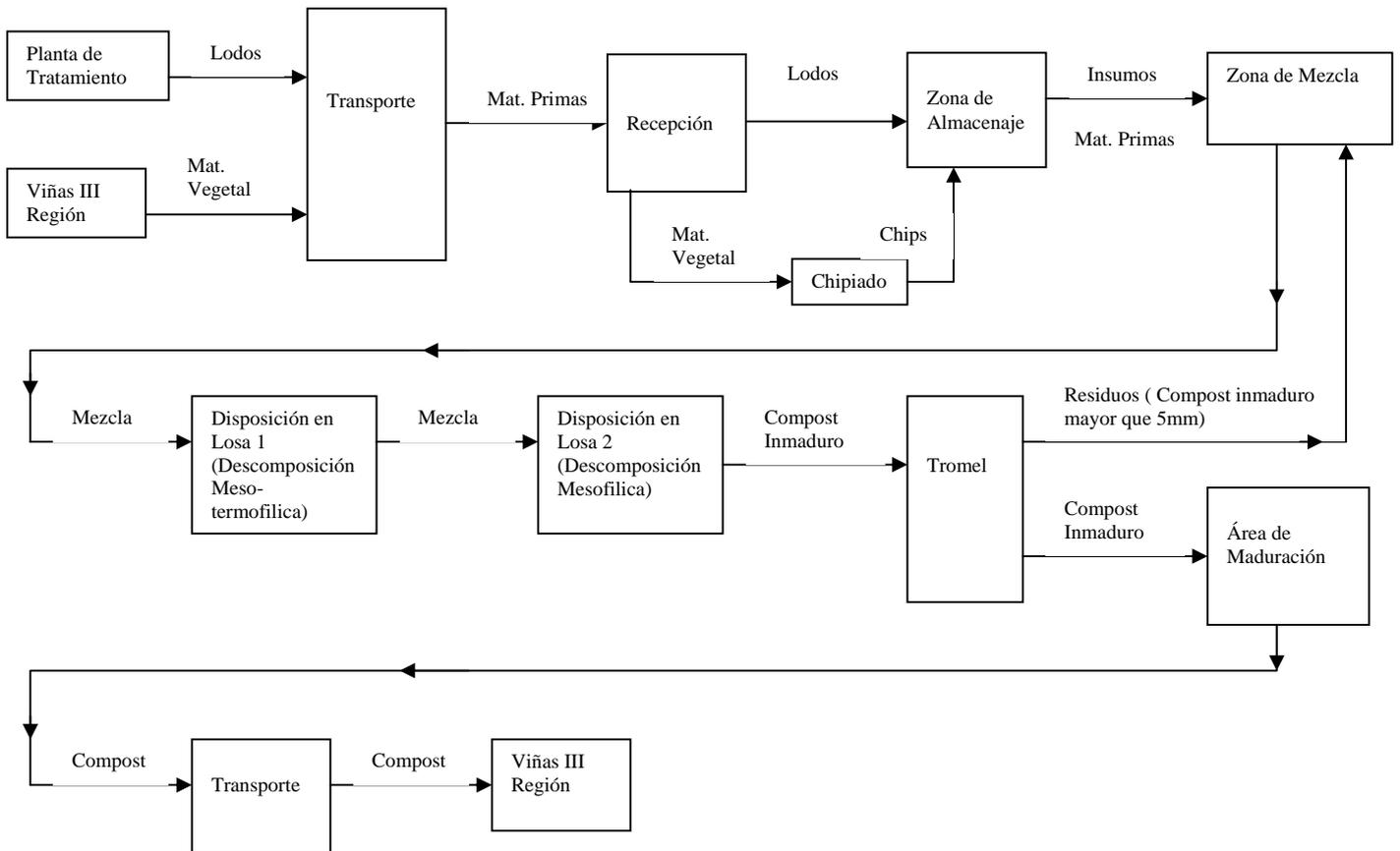
### **3.3.4. Factores de Mercado:**

Los diversos tratados de libre comercio firmados por Chile en los últimos años, han facilitado la entrada de los productos agrícolas a mercados de otros países. El uso de compost en las plantaciones facilita la certificación de calidad exigida por los mercados internacionales al ser este elemento 100% orgánico.



### 3.4. Análisis de la Cadena Del Valor

#### 3.4.1. Flow-Sheet



Fuente: Elaboración Propia

Las tareas desempeñadas por una unidad de negocios pueden ser clasificadas en nueve categorías distintas. Cinco son las actividades primarias, que están directamente relacionadas con el proceso productivo, las otras cuatro son las actividades de apoyo, que complementan a las actividades primarias.



### 3.4.2. Actividades primarias:

- a. Logística de Entrada: Los lodos serán recogidos por camiones especialmente acondicionado para esto, y así asegurar el cuidado ambiental exigido en las normas de tratamiento de lodos chilena, evitando por sobre todo verter lixiviados al transportarlos. Este camión recogerá los lodos directamente de las plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) y los llevara a la planta de compost donde los dispondrá en un lugar especialmente diseñado para su mezcla.
- b. Los restos de podas se recogerán en las viñas con un camión de 16 m<sup>3</sup> de capacidad, trasladándolos a la planta de compost depositándolos en una zona dispuesta para esto.
- c. Operaciones: El proceso de compostación cuida que en todas sus etapas se proceda con las técnicas de producción que aseguran la máxima calidad del producto final. En esta etapa se implementara intensivamente el método de mejoramiento continuo.
- d. Logística de Salida: El producto se venderá a granel directamente en la planta o se despachara ya sea en camioneta o camión.
- e. Comercialización y Ventas: Se dispondrá de un vendedor, el cual estará encargado de promover las ventas, para incentivarlo, este recibirá un Bono anual del 3% de los ingresos por ventas además de su sueldo base. Este estará encargado de organizar visitas a la planta para los clientes para acercarlos más a la empresa y que conozcan el proceso productivo con el objetivo de facilitar la venta de compost.

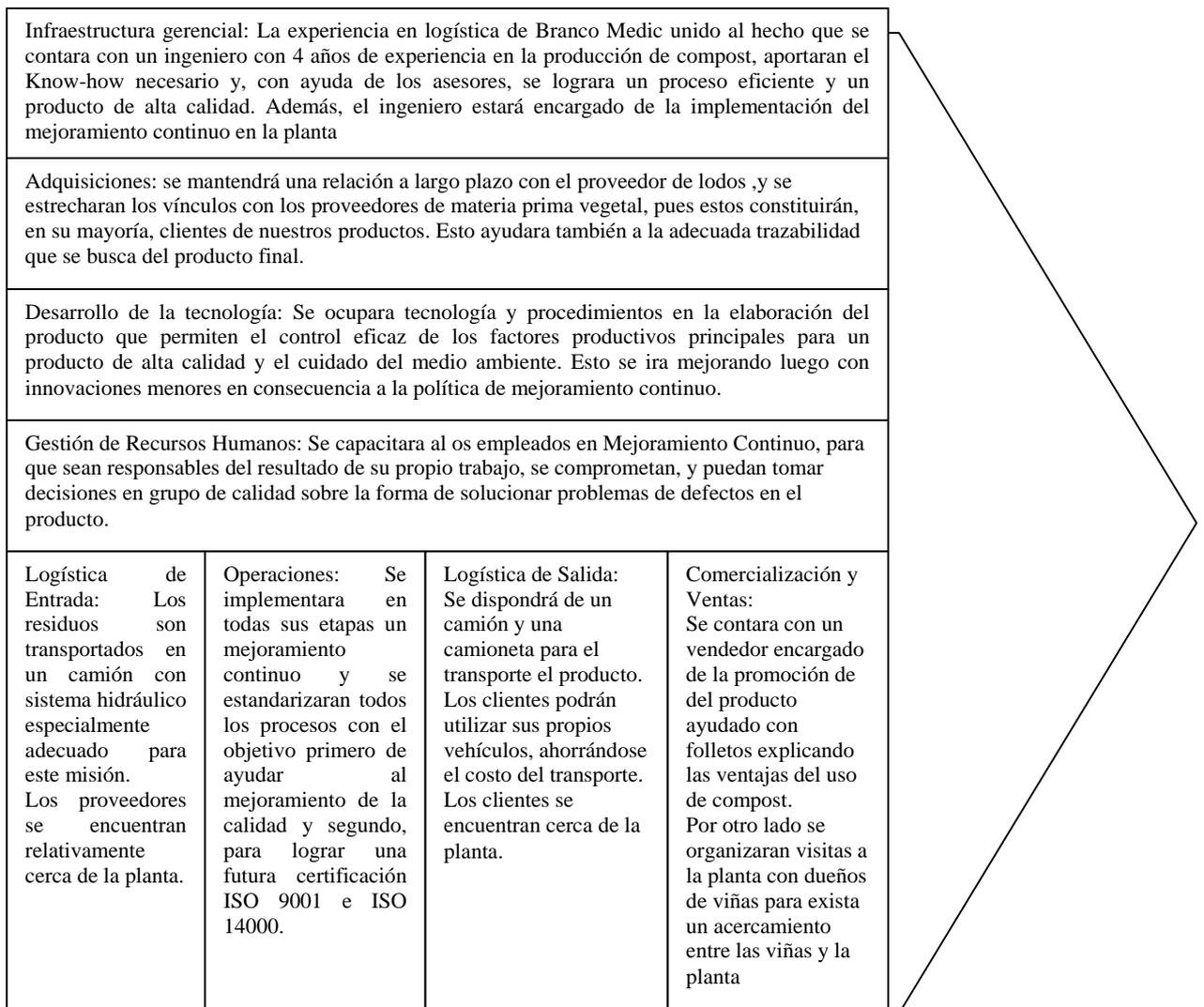
### 3.4.3. Actividades de Apoyo

- a. Adquisiciones: Con relación a los lodos, se pretende firmar un contrato a largo plazo con Aguas Chañar, donde la planta de compost asegure el tratamiento de los lodos producidos en su PTAS. Esto garantizara el “insumo con alto contenido de nitrógeno”, necesario para producir un compost de alta calidad, mientras se hace cargo de un material de desecho normado, ayudando así al cuidado del medio ambiente.
- b. Respecto al material vegetal, este será suministrado por las viñas, las que entregan el resto de sus podas a la planta para evitar el costo de los incendios controlados para eliminar estos residuos, los cuales también contaminan el medio ambiente.
- c. Desarrollo de la Tecnología: El uso de la tecnología es sumamente importante para lograr una ventaja competitiva, sobre todo para el control en las etapas de producción del compost. Esto permitirá producir un compost de alta calidad, en un periodo menor al general de las plantas del mercado chileno.



- d. **Gestión de Recursos Humanos:** Es importante crear un compromiso de parte de los empleados para con la planta. En este punto es primordial la capacitación de los empleados en sus tareas, por su importancia el mejoramiento continuo del proceso.
- e. **Infraestructura Gerencial:** La dirección y Know-How de un ingeniero con más de 4 años de experiencia en compostaje, junto con la asesorías de un biólogo, un contador, un experto en prevención de riesgos y un abogado, asegurara el eficiente funcionamiento de la planta.

A continuación, se muestra el grafico de la Cadena de Valor:



Fuente: Elaboración Propia.



De la Cadena De Valor de la empresa, se puede destacar principalmente su localización, cercana a los clientes, lo que le otorga un gran factor diferenciador por localización. Otro aspecto importante es la utilización de tecnologías y métodos de control, que aseguran la calidad del producto y su trazabilidad. Además, de la actividad del ingeniero como apoyo constante de todas las actividades de la cadena, entendida como un soporte para lograr la calidad requerida por los clientes.

### 3.5. Análisis FODA

#### 3.5.1. Fortalezas y Debilidades Críticas de la Empresa

Fortalezas	Debilidades
Know-how del ingeniero a cargo	Empresa nueva en el mercado en comparación con otras que tienen más de 6 años en el sector industrial.
Relación de largo plazo con el proveedor de lodos.	
Ubicación en una zona donde los suelos son pobres tanto en sus propiedades físicas como en nutrientes	
Planta cercana a proveedores y Clientes	
Utilización de tecnologías que permiten el control de los factores que influyen en la calidad del producto.	

Fuente: Elaboración Propia.



### 3.5.2. Oportunidades y Amenazas Críticas del Medio para el Sector Industrial.

Oportunidades	Amenazas
Sector Industrial relativamente nuevo en Chile con una con pocas plantas (menos de 20) y un mercado potencial muy grande.	Amenaza de nuevos participantes debido a al alto nivel de contestabilidad de este sector industrial.
Apoyo Gubernamental al compostaje, lo que se ve materializado en incentivos económicos (prestamos), estudios de mejoramiento de procesos financiados y/o administrados por entidades estatales y creación de leyes que regulan la industria dejando claro el escenario donde se mueve el sector, evitando así las incertezas.	
Ausencia de sustitutos que tengan a la vez las cualidades físicas y nutritivas del Compost, puesto que el único sustituto con estas propiedades es la tierra de hoja, cuya extracción esta prohibida por los organismos gubernamentales pertinentes (CONAMA, SAG).	
Existencia de TLCs con diversos países los cuales privilegian la importación de productos agrícolas fertilizados con materia orgánica por sobre los fertilizantes químicos.	

Fuente: Elaboración Propia.



### 3.5.3. Fortalezas y Debilidades Críticas de la Empresa enfrentadas a Oportunidades y Amenazas Críticas del Medio para el Sector Industrial.

	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	<p>Captar el mercado potencial de la zona aprovechando la cercanía de las viñas y su posibilidad de mejorar sus probabilidades de importar su producto.</p> <p>Las cualidades físicas del compost que permiten la reconstitución del suelo constituye una gran ventaja por sobre los fertilizantes en áreas donde existen suelos pobres.</p>	<p>La localización de la planta, permitirá una diferenciación que neutralizara en gran medida la debilidad de que existan empresas más antiguas con más experiencia en otras regiones del país.</p>
Amenazas	<p>* Por medio del uso de tecnologías en la producción y la relación a largo plazo con los proveedores, se disminuir la amenaza de nuevos participantes en la región disminuyendo el grado de contestabilidad.</p>	<p>El alto grado de contestabilidad y el hecho de ser una empresa nueva se puede sobrellevar gracias al know-how del ingeniero jefe.</p>

Fuente: Elaboración Propia



### 3.6. Definición de las Estrategias Competitivas Genéricas

El compost es un producto diferenciado por calidad dada principalmente por sus relación de carbono-nitrógeno, el grado de madures y esterilización del producto.

El posicionamiento de la empresa se ubicara en el segmento de Compost de calidad **para el mercado específico de la región de Atacama** en Chile. Por lo que la estrategia competitiva genérica a seguir es la **concentración en la diferenciación**, es decir el alcance del mercado será restringido a la tercera región y la ventaja competitiva esta dada principalmente por un producto de calidad certificada por la Nch 2880.

El siguiente cuadro ilustra las tres estrategias competitivas genéricas:

A  
L  
C  
A  
N  
C  
E  
D  
E  
L  
M  
E  
R  
C  
A  
D  
O

		<b>VENTAJA COMPETITIVA</b>	
		<b>Costo Menor</b>	<b>Diferenciación</b>
<b>Amplio</b>		Liderazgo En Costos	Diferenciación
<b>Restringido</b>		Concentración En Costos	Concentración En La Diferenciación

La empresa de compostaje se ubicará en el cuadro inferior derecho, es decir Concentración en la diferenciación.

Las directrices que se desprenden de ello son:

- Centrarse en un grupo particular de compradores, en este caso la tercera región de Atacama.
- Competir por diferenciación, que implica que la unidad de negocios ofrece algo único, que en este caso es la calidad del compost certificada por la norma chilena 2880, lograda en gran parte al Know-How del ingeniero jefe y la tecnología empleada además de la cercanía física con los clientes. .



### 3.6.1. Factores Críticos De Diferenciación

El mercado del compost está caracterizado por una estructura de mercado del tipo “Competencia Monopolística”, para la cual la estrategia genérica más adecuada para competir es la diferenciación. Para ello es fundamental que la empresa posea factores críticos de diferenciación que le permitan alcanzar la participación del mercado deseada. El factor crítico de mayor diferenciación en el caso particular de la planta de compostaje es la calidad superior de sus productos certificado unido a la localización de la planta ( cercana a los clientes, gastos de transporte).

### 3.6.2. Diferenciación Del Producto

El producto es diferenciado, la empresa producirá compost de calidad certificada según la norma chilena 2880, ya que este atributo es ampliamente valorado por el cliente, por otro lado debido a la cercanía de la planta con los clientes el costo de transporte del producto será ínfimo comparado con compost producidos en otras regiones.

### 3.7. Definición de la Estrategia de Fabricación

La estrategia de fabricación de la empresa posee las siguientes características:

- a. **Instalaciones:** Instalación diseñada para cumplir con creces los requisitos medioambientales de las normas chilenas, y facilitar el proceso de producción, con terreno suficiente para futuras ampliaciones.
- b. **Capacidad:** La capacidad inicial esta dada para tratar el total de los lodos provenientes de la plantas de tratamiento de aguas servidas de la tercera región. Sin embargo, se ha agregado capacidad con anticipación previendo el aumento de lodos y de demandas futuras (capacidad máxima de 10000 m<sup>3</sup> anuales de compost aprox.).
- c. **Tecnologías de Proceso:** Proceso de tipo Lote. Se emplearan los métodos de Beltsville y Rutgers para la producción ( ver punto n° 4 Producción).
- d. **Alcance de la línea de producción:** Aunque la planta esta diseñada para producir compost de alta calidad, es posible, si se considera necesario, producir compost de menor calidad, para el mejoramiento de suelos, debido a la naturaleza de la tierra en la tercera región, la cual es pobre tanto en propiedades físicas como nutritivas.



- e. Gestión de Recursos Humanos:** Se implementara un sistema de incentivos, que consta de capacitación para los trabajadores, junto con incentivos por el mejoramiento de la calidad y eficiencia en la producción. Por otro lado el vendedor percibirá además de su sueldo base una comisión del 3% de las ventas netas de compost, para asegurar la satisfacción personal de los trabajadores junto con su eficiencia.
- f. Gestión de Calidad:** Se implementara un Mejoramiento Continuo de la producción (tanto en calidad como en eficiencia), y la herramienta principal a ser usada para su evaluación es un control estadístico. De estos aspectos y, la existencia de procesos estandarizados, a los cuales se les irán incorporando las mejoras evitando el retroceso en lo aprendido, se pretende a futuro certificar la empresa en ISO 9001 e ISO 14000.
- g. Organización de la fabricación e Infraestructura Gerencial:** El ingeniero a cargo esta encargado de traducir las especificaciones de las normas de compost en requerimientos de su proceso elaboración, transmitiéndolo a los niveles inferiores. En la la gestión de materiales, se seguirán las especificaciones del ante proyecto de manejo de lodos de la CONAMA, y con respecto a la materia vegetal, se registrará el origen de cada lote almacenado para cumplir con el requerimiento de trazabilidad del producto final, como lo señala la norma chilena 2880. Las decisiones de programación y planificación se harán sobre la base de tratar todo el lodo proveniente de la planta purificadora en el menor tiempo posible. Para el sistema de entrega se contara con un camión y una camioneta, pudiendo también los mismos clientes retirar el producto directamente desde la planta de compostaje.
- h. Relaciones con los Proveedores:** se establecerá una relación a largo plazo con los proveedores, en especial con la empresa Aguas Chañar, donde se pretende firmar un contrato para el tratamiento de sus lodos por un periodo de tiempo específico (10 años).



## 4. PRODUCCION

**Todo el proceso técnico de la elaboración del Compost fue revisado y certificado por el Experto en elaboración de Compost, Rene Flores, cuya carta de certificación se encuentra en el anexo 10 y curriculum se encuentra en el anexo 12 de esta tesis.**

### 4.1. Método

Para fijar el método de producción más apropiado, es fundamental tener en cuenta los factores de ubicación geográfica y clima.

La zona de Copiapó se encuentra a 291 metros sobre el mar. La amplitud térmica entre el mes más cálido y el más frío es de 7° a 8° C , mientras que la amplitud diaria puede alcanzar del orden de 10° a 12° C. Los totales anuales de precipitación en Copiapó alcanzan a 12mm.

Lo anterior unido a otros factores, como el control del proceso productivo, el adecuado manejo ambiental y el aprovechamiento de los recursos, y considerando los distintos métodos de compostar, llegamos a la conclusión de que en esta planta se deben utilizar los métodos Beltsville (Presión Negativa) y Rutgers (Aire forzado), los cuales detallaremos más adelante.

Hemos dividido el proceso netamente productivo del compost propiamente tal, en 5 etapas principales, las cuales detalláramos a continuación:

- **Etapas 1, Mezcla de los Insumos:**

En esta etapa los lodos provenientes de las plantas purificadoras de aguas servidas, son mezclados con el material vegetal chipiado en una relación de 60/40 % para mantener una adecuada relación de carbono nitrógeno menor a 30 partes de carbono por una de nitrógeno ( aprox. 23.8 ). La mezcla se realiza por los mismos mini cargadores en la losa de cemento destinada para esta tarea y procurando que quede lo más homogénea posible.

En esta etapa también es posible que se añada agua para lograr una humedad cercana al 40%, condición ideal para el compostaje.

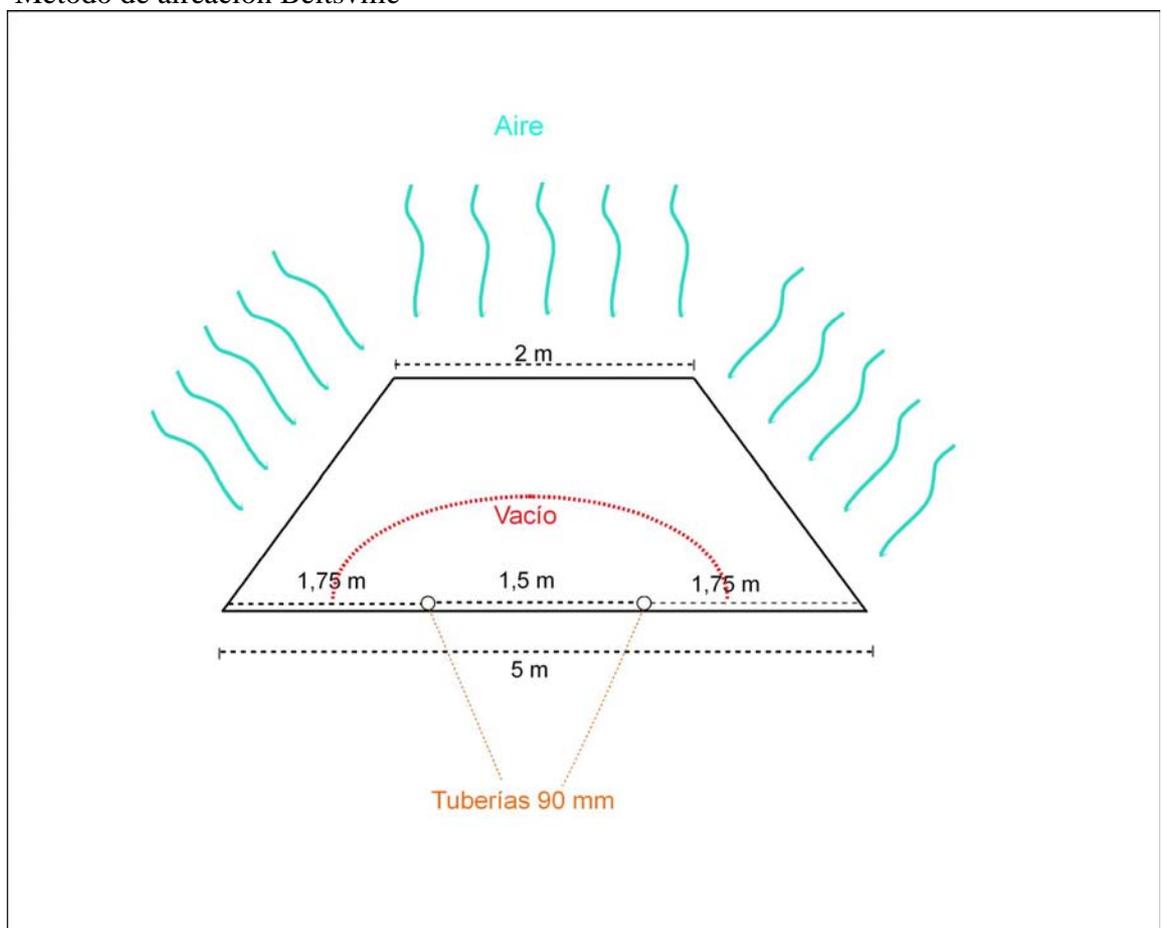
Luego la mezcla es recogida y depositada sobre la losa destinada para el primer proceso de compostaje.

- **Etapa 2, Método de Beltsville:**

EL método Beltsville, también llamado de presión negativas, consiste en crear un “vacío” de aire en la base del núcleo de la pila. Esto se logra a través de la succión de aire en esta zona. Las diferencias de presión en el exterior e interior de la pila, provoca que el aire penetre a la mezcla desde la atmósfera que la rodea.

A continuación presentamos una representación grafica de la imagen frontal de la pila representada por la figura geométrica trapecio, en donde se puede visualizar con mayor facilidad como trabaja la aireación con el método Beltsville:

Método de aireación Beltsville



Fuente: elaboración propia.

Sobre la losa especialmente diseñada para esta etapa, se extienden 4 tubos de PVC de 90 mm diámetro agujereado como se ve en el **anexo 5**. Sobre estos, se verterá la mezcla formando un montículo que tendrá 1.5 m de altura.



La pila será cubierta con una capa de 5 cm de compost maduro para evitar posibles filtraciones de gases producidos en la corteza de la pila.

Los orificios de los tubos, en esta etapa, se encuentran orientados hacia el suelo con el objetivo que la bomba pueda succionar tanto aire como posibles líquidos lixiviados propios de esta etapa de la producción.

El proceso de succión cumple tanto con el objetivo de aspirar aire de la base del interior de la mezcla, oxigenando el montículo, como de extraer los gases tales como el amoniacal y otros propios de la descomposición aeróbica de la materia orgánica.

Las cañerías de escape del aspirador, tienen una inclinación de aprox  $1^\circ$  lo que hace que los líquidos lixiviados sean arrastrados por la gravedad hasta un poso adaptado para ellos y los gases suban hasta el biofiltro.

El biofiltro no es más que un montículo de aproximadamente 3 metros cúbicos de compost maduro, que a través de procesos biológicos, principalmente microorganismos y hongos que surgen en forma natural en la pila en presencia de los gases tales como  $\text{MH}_3$  y  $\text{H}_2\text{S}$ , los digieren y descomponen en la misma pila, evitando la emisión de estos gases a la atmósfera.

Otras de las grandes ventajas del método de Beltsville, es que acelera el proceso de compostaje, permitiendo terminar la primera etapa del proceso en un lapso de ente 15 a 20 días, la mitad del tiempo requerido en pilas sin aeración forzada. Esto se debe principalmente al control que se tiene del proceso productivo de la aeración y la temperatura de la pila.

Durante los primeros 4 días, se llegará y mantendrá una temperatura de la pila superior a  $45^\circ\text{C}$ , e inferior a  $75^\circ\text{C}$ . A estas temperaturas toda la microflora patógena, hongos, esporas, semillas y larvas de insectos, son destruidos.

En este rango de temperaturas surgen los microorganismos termofilicos, los cuales son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

Durante los días restantes de esta etapa se mantendrá el máximo de tiempo posible este rango de temperatura. Esto se lograra con una adecuado oxigenación de la pila, para que los microorganismos termofilicos finalmente mueran por falta de nutrientes y no por falta de oxígeno. Logrado esto se observara un decaimiento natural de la temperatura en la pila. La baja de temperatura natural sucederá aproximadamente en los últimos días de este ciclo.

Terminado este ciclo, la pila será removida a otra zona, lo que también contribuye a homogeneizar la mezcla.

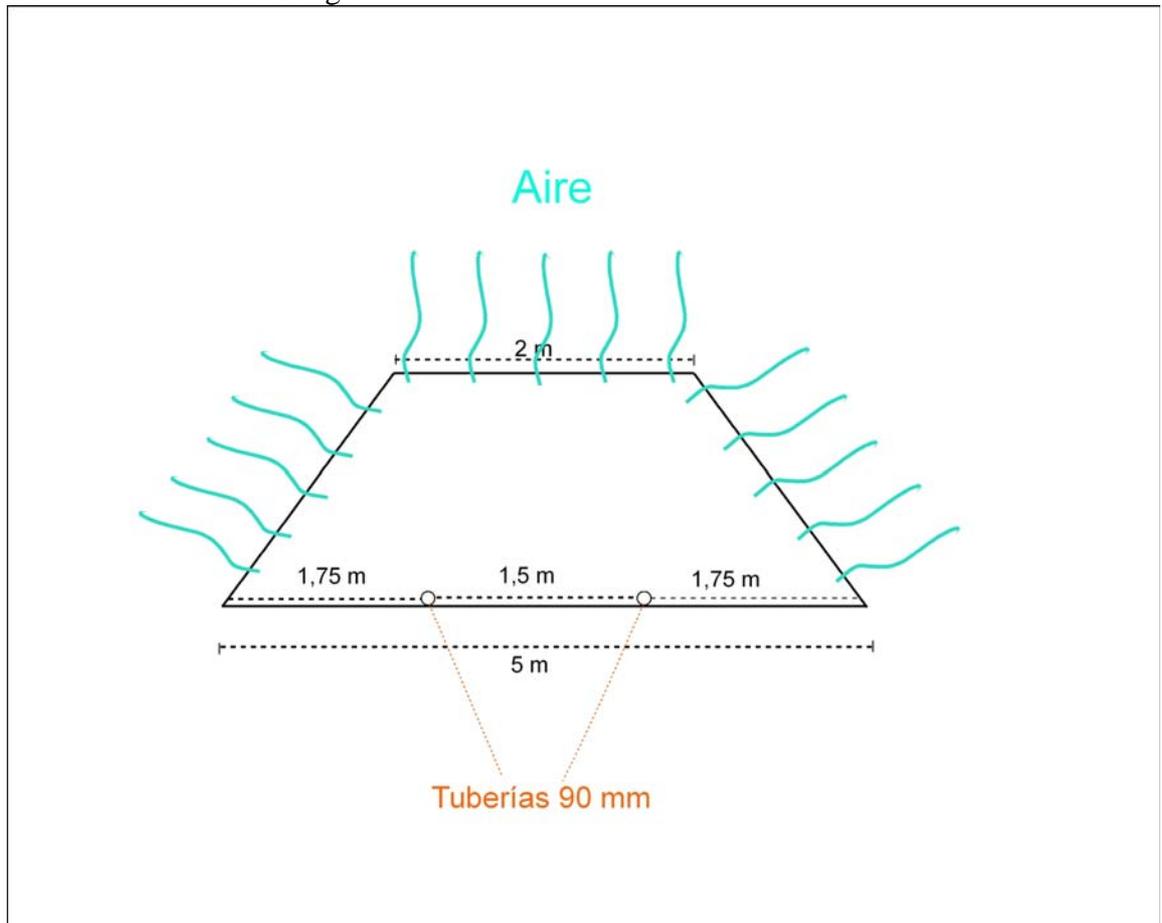


- **Etapa 3, Método de Rutgers:**

El método Rutgers es una derivación del método Beltsville. Este método también llamado de aireación forzada, consiste en inyectar aire de la atmósfera directamente a la base del núcleo, oxigenándolo.

A continuación presentamos una representación grafica de la imagen frontal de la pila, representada por la figura geométrica trapecio, en donde se puede visualizar con mayor facilidad como trabaja la aireación con el método Rutgers:

**Método de aireación Rutgers**



Fuente: Elaboración Propia.

En esta etapa ya no es necesario una losa protectora, pues la mezcla ya a sido desinfectada y liberada de microorganismos patógenos.

Los tubos de PVC, en esta zona, se encuentran dispuestos de la misma forma que la losa anterior, pero existen dos diferencias fundamentales. La primera y principal, es que los sopladores conectados a este sistema suministra aire a la pila, a diferencia del método anterior, donde estos lo absorbía. La segunda diferencia, es la orientación de los orificios, los cuales están hacia arriba. (ver **anexo 6** con imagen a escala de este sistema)



Inmediatamente después de la conformación de la pila, esta se cubrirá con una capa de 5 cm de compost maduro, para evitar posibles filtraciones de gases en esta etapa.

Este método favorece la oxigenación y el control de la temperatura por sobre el control de gases y lixiviados. Se ha elegido porque en esta etapa los microorganismos patógenos ya se han eliminado; la emanación de gases se reduce y es posible contenerla solo con la capa de compost maduro; y principalmente, para acelerar el siguiente proceso de compostaje, donde los niveles de temperatura deben mantenerse entre 20° y 40° C para favorecer el crecimiento de la flora mesofílica, la cual utiliza como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación tales como la celulosa y lignina presentes en la pila. Esta microflora es particularmente sensible a la temperatura y a la humedad, y requiere aun más control sobre estos aspectos, por lo que se debe mantener la humedad cercana a un 40%, y la temperatura en el rango ya mencionado para que se reproduzcan rápidamente estos microorganismos.

Esta etapa de compostación acelerada durará 15 días aproximadamente, después de los cuales la pila será removida y llevada a la zona de tamizado donde se pasará el compost por el tromel.

- **Etapa 4, Tamizado:**

En la zona de tamizado, el compost inmaduro será depositado en el tromel, por medio del mini cargador. El tromel se encargará de separar las partículas de hasta 10 mm de compost de las de mayor dimensión. El material particulado de mayor diámetro será considerado como desecho reutilizable, y será reservado para cubrir las nuevas pilas en la etapa 1 y 2, en espera que la degradación natural disminuya el tamaño de las partículas. En cuanto al material seleccionado por el tromel pasará a la etapa 5 de producción, es decir a la zona de maduración.

- **Etapa 5, Maduración:**

Esta es la última etapa del compostaje y no requiere de mayor cuidado, solo vigilar la humedad. Consiste en dejar el compost reposar en una zona determinada para ello. En esta etapa se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del compost.

Al final de este ciclo que dura aproximadamente 30 días, la temperatura observada en la pila será la temperatura ambiente, el color del compost será negro ceniza y el olor de la mezcla será similar a la tierra de bosque. Estos son los elementos más visibles para saber que ya se cuenta con un compost maduro.

Finalmente se harán todos los análisis que exige la norma chilena 2880 relativa al compost los cuales se mencionan en el punto de normativas.



## 4.2. Diseño del Sistema de Aireado

**Sistema certificado por el Ingeniero Mecánico Ricardo Reyes Díaz, cuyo certificado se encuentra en el anexo 11 y curriculum se encuentran en el anexo 13.**

Como ya vimos en la explicación del proceso en los puntos anteriores, el método de Beltsville como el de Rutgers tienen la misma disposición de las tuberías, con diferencias solo en el flujo de aire (el primero succiona aire, el segundo inyecta este a la pila) y la disposición de los orificios ( en el primer método los orificios están dispuestos hacia abajo y en el segundo hacia arriba).

**El diseño de planta con la disposición espacial tanto de los sopladores (aspiradores) como de la mezcla se pueden ver en los anexos 5 y 6 los cuales se le recomienda al lector examinarlos en forma detenida, para la fácil comprensión del sistema de aireado.**

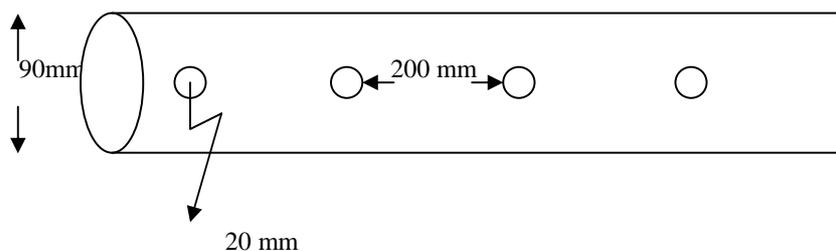
Con respecto a las tuberías, estas serán secciones de 10 metros las cuales se unirán por método de roscas para evitar filtraciones de aire.

Específicamente, se utilizarán tuberías de 90mm y 160 mm de diámetro, de PVC, con sello conformes a la norma IRAM 13351 marca TIGRE, cuyas ventajas comprenden:

- Facilidad de instalación
- Menor tiempo de montaje y desmontaje
- Asegura la hermeticidad de los sistemas
- A pesar del bajo coeficiente de dilatación, la JEI permite la absorción de las dilataciones o contracciones debidos a saltos térmicos.
- Posee todas las transiciones para su interconexión con los sistemas de otros materiales.
- Bajo coeficiente de fricción la que genera mínimas pérdidas de carga.
- Alta resistencia química.
- Soportan presiones de Hasta 9 bares a 60° C de temperatura.

Fuente: Manuales Empresa Tigre.

Descripción de los tubos agujereados del sistema de aire:





Como **se pueden apreciar en los anexos 5 y 6**, se formaran dos pilas en cada etapa, cada una de las cuales será atravesada longitudinalmente con dos tuberías paralelas separadas por 1.5 metros, conectadas a dos sopladores, uno en cada extremo, para garantizar la homogénea de la aeración.

El los dos sistemas incorporan válvulas antiretorno y de control de presión las cuales están montadas en tuberías de cobre de 160 mm como se muestra en dibujos de sistemas en Anexos 5 y 6.

En el sistema de presión negativa se han incorporado filtros de aire lavables, par retener micro partículas de la mezcla antes que lleguen a los aspiradores.

La disposición de todos estos componentes se pueden observar en los anexos 5 y 6 de esta tesis.

### **4.3. Bioquímica del Compost y Condicionantes del Proceso**

#### **4.3.1. Ciclo del Nitrógeno**

Para el desarrollo y la reproducción de todos los organismos, se necesita un soporte de elementos, que componen su material celular o que entren en su actividad biológica, bien como fuente de energía o bien como constituyentes enzimáticos. La cantidad necesaria de elementos varía de unos a otros, pero se ha de mantener una relación entre ellos. El mantenimiento de este balance es especialmente importante para el carbono y el nitrógeno, ya que generalmente los otros nutrientes están presentes en cantidades adecuadas en la mayoría de residuos.

La cantidad de carbono necesaria es considerablemente superior a la de nitrógeno, ya que los microorganismos lo utilizan como fuente de energía, con desprendimiento de dióxido de carbono, y porque está presente en el material celular en una cantidad muy superior a la del nitrógeno. Un exceso de nitrógeno resulta en un incremento del crecimiento bacteriano, y una aceleración de la descomposición de la materia orgánica; sin embargo, este exceso de actividad provoca un déficit en oxígeno por lo que el proceso se vuelve anaerobio. En cambio, la falta de nitrógeno resulta en un deficiente crecimiento del cultivo microbiano por lo que la velocidad de descomposición se ve disminuida.



Se a determinado que la relación C/N más eficiente para iniciar el proceso de compostaje es de 30, pues los microorganismos consumen aproximadamente 30 partes de carbono por una de nitrógeno.

Con respecto a la descomposición aeróbica, el ciclo del nitrógeno se explica en forma simple de esta manera:

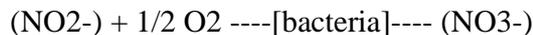
Cuando los organismos vivos mueren, las bacterias amonificantes (descomponedoras), transforman los compuestos orgánicos actuando sobre las proteínas y liberando al suelo amoniaco ( $\text{NH}_3$ ). El amoniaco es un gas incoloro, con un olor característico y soluble al agua. Este compuesto es tomado por bacterias especiales llamadas Nitrosomas. Los Nitrosomas toman el amoniaco del ambiente (la pila de compost en nuestro caso), y lo oxidan, transformándolo en nitrito, el cual representa la primera escala de desintegración del amoniaco. Los nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) son captados por otro tipo de bacterias llamadas Nitrobacter. Estas bacterias oxidan los nitritos trasformándolos en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) el cual es la sustancia nitrogenada más importante del suelo y es la principal fuente de nitrógeno para las plantas.

En forma resumida el proceso químico se puede describir de la siguiente manera:

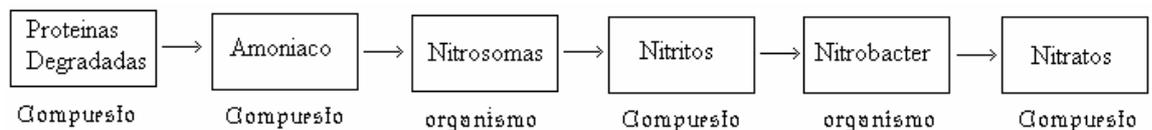
Mediante las Nitrosomas



Mediante las Nitrobacter



A continuación un cuadro explicativo del ciclo del nitrógeno:



Fuente: Elaboración Propia.

Como podemos observar, el proceso antes descrito se trata de la oxidación del amoniaco por intermedio de las bacterias mencionadas. Es por esto que la presencia de oxígeno es primordial para la transformación de los compuestos tóxicos antes mencionados, en nitratos. Si falta oxígeno el proceso se vuelve anaeróbico, con la consecuente liberación de malos olores (gas metano y amoniaco gasificado), y la imposibilidad de las bacterias de oxidar los nitritos a nitratos.



### 4.3.2. El oxígeno

El oxígeno es necesario para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica. Debe ser suficiente para mantener la actividad microbiana sin que en ningún momento aparezcan condiciones anaerobias, que, además de entorpecer el proceso, dan lugar a la aparición de olores y a un producto de inferior calidad. Un buen progreso del proceso requiere la aportación de aire y el mantenimiento de una porosidad adecuada en la masa.

Para conseguir un buen y rápido compostaje es necesario un buen aporte de O<sub>2</sub>. La base principal del proceso de fabricación del compost es una buena aireación de la masa. La demanda de aire está calculada en torno a 0.3-1 m<sup>3</sup>aire/ m<sup>3</sup>Compost/día, y depende de muchos factores, como el material, la textura, la humedad, o la manera de aeración de la pila.

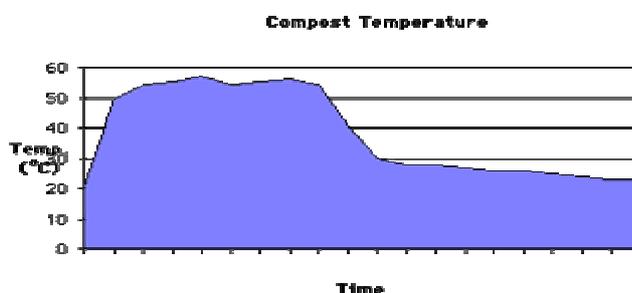
### 4.3.3. Temperatura

Es el parámetro que mejor indica el desarrollo del proceso. Debe mantenerse entre 35 y 60 °C para eliminar elementos patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. Cada grupo de microorganismos tiene 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 para obtener materia y energía, y en la operación se emitirá calor. Este calor puede hacer variar la temperatura de la pila de residuos, dependiendo del volumen de la pila y de las condiciones ambientales.

Con temperaturas demasiado elevadas, mueren determinadas especies buenas para el compostaje, mientras que otras no actúan por estar en forma de espora. Cuanto más caliente es la pila, más rápido es el compostaje.

A continuación gráfico de la curva típica de temperatura de la pila a través de tiempo.



Fuente: Cornell Composting



#### 4.3.4. Población Microbiana

La pila de compost es, realmente, una granja microbiológica. Las bacterias comienzan el proceso de fermentar la materia orgánica. A los hongos y bacterias, pronto se unen los actinomicetos, y después miriápodos e insectos hacen su trabajo.

En la primera etapa del compostaje aparecen las bacterias y hongos mesófilos, con predominio de las primeras. Cuando la temperatura llega alrededor de los 40 °C, aparecen las bacterias, los hongos termófilos y los primeros actinomicetos. Por encima de los 75 °C cesa la actividad microbiana. A lo largo del proceso van apareciendo formas resistentes de los microorganismos cuando las condiciones de temperatura hacen imposible su actividad. Al bajar de nuevo la temperatura, reaparecen las formas activas, detectándose también la actividad de protozoos, nemátodos, miriápodos, etc.

Las diferentes especies de microorganismos pueden sucederse o coincidir en el tiempo. Su procedencia puede ser a través de la atmósfera, del agua, del suelo o de los mismos residuos. Y por eso, una población comienza a aparecer mientras otros están en su máximo o ya están desapareciendo, complementándose las actividades de los diferentes grupos.

Los organismos de la descomposición son los implicados en la subdivisión del material orgánico. Las bacterias son el microorganismo primario de la descomposición. Llegan con los residuos, y comienzan el proceso descomponiendo el material orgánico para su propio alimento. Las bacterias crecen y se multiplican en condiciones favorables, y mueren cuando se crean las condiciones más favorables para otras. Las bacterias, los actinomicetos y los hongos consumen los residuos directamente y se conocen como compostadores de primer nivel, los cuales son ayudados por organismos más grandes (ácaros, escarabajos, larvas y moscas), que también consumen residuos directamente.

Los microorganismos de primer nivel de la descomposición, son comidos por los del segundo nivel, tales como tijeretas, ácaros, escarabajos, protozoos y rotíferos. Los del tercer nivel comen a los del primer y segundo nivel, e incluyen ciempiés, escarabajos, hormigas y ácaros.

Las bacterias son abundantes. Puede haber millones en un gramo, e invaden los residuos comiéndolos y digiriéndolos, rompiéndolos en formas más simples para que otras bacterias y organismos los consuman. Como grupo, las bacterias pueden comer casi cualquier cosa.



La temperatura es una variable importante en el compost, pues, en función de la temperatura, diferentes especies bacterianas serán más o menos activas. Los microorganismos criófilos, mesófilos y termófilos, funcionan mejor dentro de gamas de temperaturas específicas.

Los criófilos son los primeros en ir a trabajar. Pueden trabajar en temperaturas debajo de 0 °C (tan bajo como -18 °C), pero son muy activos alrededor 13 °C. Frecuentemente generan calor suficiente para crear condiciones óptimas para el próximo grupo de bacterias llamado mesófilos. Esta es la gama de bacterias que operan en temperaturas entre 15 y 40° C. El calor generado como un subproducto del trabajo de las mesófilas levantará la temperatura en la pila aún más, creando condiciones apropiadas para el compostaje termofílico.

Ellos comienzan a asumir la dirección cuando las temperaturas alcanzan 40 a 45 ° C, y continúan trabajando hasta los 70° C, cuando comienzan a declinar. Las termófilas trabajan rápidamente y no viven mucho tiempo, la mayoría de tres a cinco días. Se debe proveer oxígeno para permitir a las bacterias termófilas continuar su actividad. Cuando las temperaturas bajan y mueren, reaparecen los otros grupos.

Los actinomicetos son una forma parecido a hongos, y siguen en número a las bacterias. Asumen la dirección durante las etapas finales de descomposición, y son frecuentemente productores de antibióticos que inhiben crecimiento bacteriológico. Son especialmente importantes en la formación de humus, liberando carbón, nitrógeno de nitrato y amonio, haciendo alimentos disponibles a plantas.

Los hongos son menores en número que las bacterias o actinomicetos, pero con mayor masa. Los hongos son los organismos simples que carecen de pigmento fotosintético (clorofila). Las células individuales tienen un núcleo rodeado por una membrana y pueden agruparse en filamentos largos, llamados hifas. Los hongos viven sobre el material muerto y obtienen energía degradando el material orgánico.

Los macro organismos son los organismos visibles involucrados en transformar material orgánico en compost. Son más activos en las etapas maduras de compostaje, cuando las temperaturas descienden pero la descomposición no es completa. Los micro organismos descomponen la materia orgánica químicamente, y los macro organismos, que están más arriba en la cadena alimenticia, descomponen excavando, moliendo, masticando, digiriendo, mamando y batiendo.



Las hormigas son insectos y se alimentan sobre una variedad de materiales en el compost. Pueden traer hongos y minerales tal como potasio y fósforo al compost. Un milpiés es grueso, con segmentos rojos oscuros. Hay muchos segmentos, cada uno con dos de pares de patas, pero no los mil que su nombre indica. Comen vegetación en descomposición y se enrollarán en una pelota cuando están en peligro.

Los nematodos son los invertebrados más abundantes en el suelo. Algunos viven sobre la materia orgánica en descomposición, mientras otros son predadores sobre otros nematodos, bacterias, algas, protozoos y esporas de hongos.

Los ácaros de fermentación, también llamados ácaros de molde, son transparentes, y se alimentan sobre levaduras de materia orgánica. Estos ácaros son capaces de resistir las condiciones anaerobias por períodos moderados de tiempo, y pueden ser un indicador bueno de estas condiciones en el compost.

Insectos pequeños, distinguibles por su capacidad para saltar cuando se les perturba son principalmente comedores de hongos, aunque también comen nematodos y plantas.

Las moscas son insectos que se alimentan sobre casi cualquier tipo de material orgánico. También actúan como aereotransportadores de bacterias. Adondequiera que aterricen, depositan bacterias.

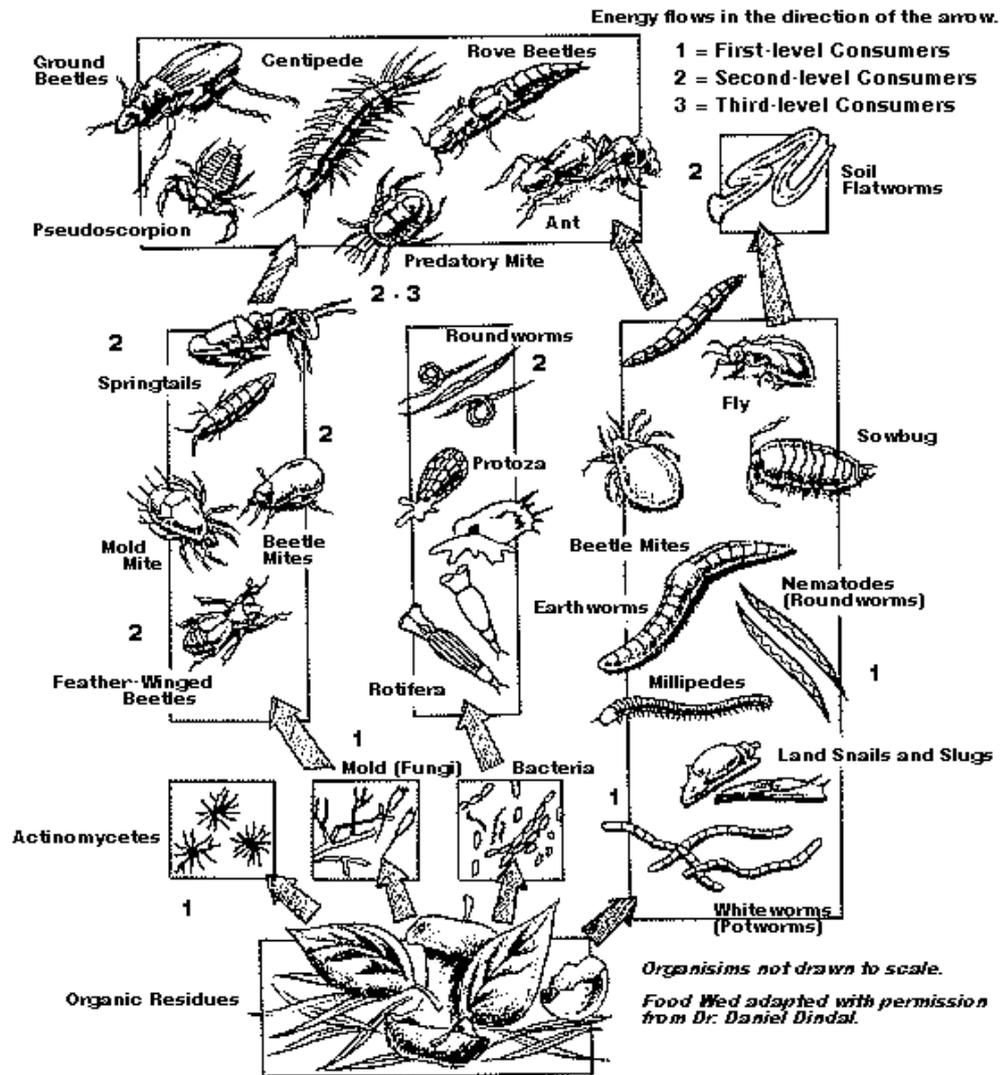
Como ya hemos comentado, el compostaje es un proceso dinámico debido a las actividades combinadas de una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos, ligados a una sucesión de ambientes.

Las bacterias se encuentran distribuidas por toda la pila, mientras que los hongos y los actinomicetos están situados a 5-15 cm de la superficie, dándole un aspecto grisáceo característico.

Un compost bien fermentado produce una esterilización de todo el residuo, tanto por la elevación de la temperatura, como por la propia producción de fermentos (antibióticos), y la competencia por los nutrientes, que llegan a eliminar los microorganismos patógenos llegados con los residuos.



Dibujo de los distintos entes que participan en la descomposición de materia orgánica:



Fuente: Cornell Composting



Tabla 8, Microorganismos Patógenos y Temperaturas de Destrucción:

Organismo	Temperatura y tiempo de exposición
Salmonella typhosa	Se elimina rápidamente en el montón de compost. Son suficientes 30 min a 55-60° C para su eliminación. No se desarrolla a temperaturas superiores a 46° C
Salmonella sp.	Se destruye al exponerse 1 hora a 55° C o 15-20 min a 60°C
Shigella sp.	Se destruye al exponerse 1 hora a 55° C
Escheirchia coli	La mayoría mueren con una exposición de 1 hora a 55° C o 15-20 min a 60° C
Taennia saginata	Se elimina en unos pocos minutos a 55°C
Larvas de Trichinella spiralis	Mueren rápidamente a 55°C e instantáneamente a 60° C
Brucella abortus	Se elimina con exposiciones a 62-63° C durante 3 min o a 55° C durante 1 hora
Micrococcus pyogenes var. aureus	Muere después de 10 min de exposición a 50° C
Streptococcus pyogenes	Muere después de 10 min a 54° C
Mycobacterium tuberculosis var. hominis	Muere después de 15-20 min a 66° C o instantáneamente a 67° C
Corynebacterium diphtheriae	Se elimina por exposición durante 45 min a 55° C
Huevos de Ascaris lumbricoides	Mueren en menos de una hora a temperaturas superiores a 55° C

Fuente: Cornell Composting

#### 4.3.5. Humedad

Los microorganismos necesitan agua. En teoría, los valores de humedad para que pueda darse una fermentación aeróbica están entre el 30 y el 70%, siempre que se asegure una buena aireación. En la práctica, se deben evitar valores altos, pues se desplazaría el aire de los espacios entre partículas del residuo, y el proceso pasaría a anaerobio. Si, al contrario, la humedad es demasiado baja, bajará la actividad de los microorganismos.



Los valores óptimos están entre el 40 y el 60%, dependiendo de la textura del material: para materiales fibrosos, la humedad máxima es del 75%, mientras que para residuos con papel o materia vegetal fresca está entre el 40 y el 60%.

Toda vida sobre la Tierra necesita calor, agua y aire. Los microbios en la pila de compost no son diferentes: funcionan mejor cuando los materiales a compostar están calientes, húmedos y se pueden proveer con suficiente aire.

Para conseguir la humedad adecuada, se pueden mezclar distintos tipos de residuos y triturar o desfibrar los materiales. La humedad adecuada es esencial para la actividad microbiológica. Una pila de compost seca no favorecerá para nada la descomposición.

#### **4.3.6. PH**

Influye en el proceso debido a su acción sobre los microorganismos. En general, los hongos toleran un pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5)

El pH varía a lo largo del proceso. En la primera fase, fase mesófila, puede bajar por la formación de ácidos, para volver a aumentar posteriormente. Aumentos fuertes de pH pueden facilitar la pérdida de nitrógeno en forma amoniacal.

Si se produce acidificación, se corrige con la adición de cal apagada, y, si por el contrario, se alcaliniza la masa, se añaden sales ácidas o azufre en polvo para la corrección.

Es difícil manipular el pH del residuo a no ser que se incorpore algún residuo de pH complementario.

#### **4.3.7. Grado de Trituración**

La descomposición de la materia orgánica por los microorganismos tiene lugar, preferentemente, en la superficie en contacto con el aire. Cuanto mayor sea la superficie de los residuos en que deban trabajar los microorganismos, más rápidamente se descomponen los materiales. Es como un bloque de hielo en el sol, que tarda en derretirse cuando es grande, pero se derrite muy rápido si se tritura.



#### 4.4. Medidas Higiénicas

Debido a la naturaleza del proceso productivo, existen una serie de microorganismos y gases que podrían resultar tóxicos para los trabajadores, es por esto que en este tipo de procesos más que en cualquier otro, es imprescindible desarrollar una política higiénica para minimizar los riesgos de los empleados.

Para prevenir y cuidar posibles daños para los trabajadores, hemos diseñados un cuidadoso plan de higiene, que será implementado dentro de la planta, el cual pasamos a detallar a continuación:

- No se permitirá comer, beber o fumar en las zonas de trabajo.
- Los empleados deberán lavarse las manos antes de comer.
- Se proveerá a los trabajadores de ropa y calzado de trabajo adecuado y se determinara, según las condiciones de trabajo, que se recojan en la evaluación de riesgos, la periodicidad de cambio de estas prendas.
- Se proporcionara protección mediante gorro o similares para evitar la deposición y cúmulo de polvo en el pelo de los obreros.
- Se construirán zonas de aseo apropiadas y adecuadas para uso de los trabajadores, que incluyan productos para la limpieza ocular y antisépticos para la piel.
- Los empleados dispondrán de lugares para guardar la ropa de trabajo separados de la ropa u otras prendas personales.
- Se dispondrá de lugares adecuados para guardar los equipos de protección y se verificara que éstos sean limpiados y mantenidos correctamente.
- Existirá una prohibición expresa a los trabajadores de llevarse la ropa y el calzado de trabajo a su domicilio.
- Al salir de la zona de trabajo, el trabajador deberá quitarse la ropa de trabajo y los equipos de protección personal que puedan estar contaminados por agentes biológicos y deberá guardarlos en lugares que no contengan otras prendas.
- Se proporcionaran guantes impermeables en operaciones que impliquen la manipulación de residuos y operaciones de limpieza.
- Los trabajadores en la primera parte del proceso deberán usar mascarillas auto filtrantes apropiadas contra bioaerosoles
- Además de vacunar a los trabajadores contra la hepatitis A-B y el Tifus, se capacitará a los estos acerca de los riesgos potenciales para su salud, las vías de entrada de los distintos agentes, las precauciones que deben tomar para prevenir esta exposición, las disposiciones en materia de higiene, y la utilización de ropa de trabajo y equipos de protección individual.



## 5. ESTUDIO TÉCNICO

### 5.1. El Compost como Fertilizantes

El grado de mecanización logrado en la agricultura, y la modernización generalizada, han provocado la desaparición de numerosas actividades, tales como trabajo con animales que tradicionalmente se venían desarrollando en la tercera región, a partir de las cuales se reincorporaban importantes cantidades de materia orgánica al suelo.

El empleo de semillas seleccionadas y el mejor conocimiento de técnicas de cultivo ha permitido obtener mayores rendimientos en las cosechas. Este incremento de la producción exige una mayor demanda de abonos, con lo cual se va incrementando el grado de mineralización de los suelos que sufren una disminución de su contenido en materia orgánica y humus.

Además, la quema de residuos de cosechas son factores que inciden negativamente en el mantenimiento de la materia orgánica del suelo.

El compost actúa aportando nutrientes directamente asimilables por la planta y mejorando las condiciones del suelo, aportando humus y materia orgánica que será mineralizada.

Concretamente, según los exámenes realizados a la muestra de compost en base a lodos de la tercera región, el nitrógeno aportado por este, constituye un 1,05%, el doble del 0,5 % declarado como mínimo en NCh2880.

La relación Carbono / Nitrógeno es de 8,72 superando con creces la recomendación de la NCh2880 en la cual se pide para un compost de alta calidad que la relación final de C/N sea menor a 25

El compost, es una enmienda orgánica de características importantes, que lo sitúan en un lugar destacado en la fertilización, tanto por la mejora del suelo como soporte fisicoquímico, como en relación con la capacidad de retención de agua, y otras características que aumentan su fertilidad inicial.

Los ácidos resultantes de los procesos de degradación de la materia orgánica, disuelven parte de los productos minerales del suelo y los hacen aprovechables para la nutrición de las plantas. La acción microbiana favorece la desaparición del efecto residual de la aplicación de herbicidas y otros productos fito sanitarios.

El nitrógeno contenido en el compost se encuentra en forma asimilable por las raíces, con la ventaja de ser retenido en el horizonte A - B (capa cultivable del suelo), evitando ser arrastrado por las aguas de riego a capas más profundas, fuera del alcance del sistema radicular. La modificación que produce en la población microbiana del suelo la hace más apta para la asimilación del nitrógeno.



El contenido en fósforo y potasio del compost no es elevado, pero, la modificación de las características físico - químicas del terreno, hace que se incremente el grado de disponibilidad de estos elementos para la planta. El compost incorpora al terreno micro elementos (cobre, magnesio, cinc, manganeso, hierro, boro, etc.) que son muy necesarios para la actividad y desarrollo vegetativo de las plantas.

También reduce la necesidad de pesticidas químicos al producir plantas saludables que son menos susceptibles a plagas de insectos y enfermedades. Proporciona además, un saludable entorno biológico por el alimento que provee para microorganismos beneficiosos, gusanos e insectos de suelo.

El compost reduce la erosión y mejora la estructura del suelo. Aquellos arenosos retendrán mejor el agua, mientras que las arcillas desaguarán más rápido. El mejor drenaje permite al agua fluir a capas más profundas en vez de encharcar la superficie y correr por la línea de pendiente. También ayuda al crecimiento de raíces que retienen el suelo.

La incorporación de compost, principalmente en terrenos con riego por goteo, permite bajar el grado de conductividad eléctrica de estos, lo que se traduce en palabras simples, que permite bajar la salinidad del suelo.

Todas estas características hacen del compost un producto muy atractivo para los agricultores de la tercera región.

## **5.2. Caracterización De la Zona de Estudio:**

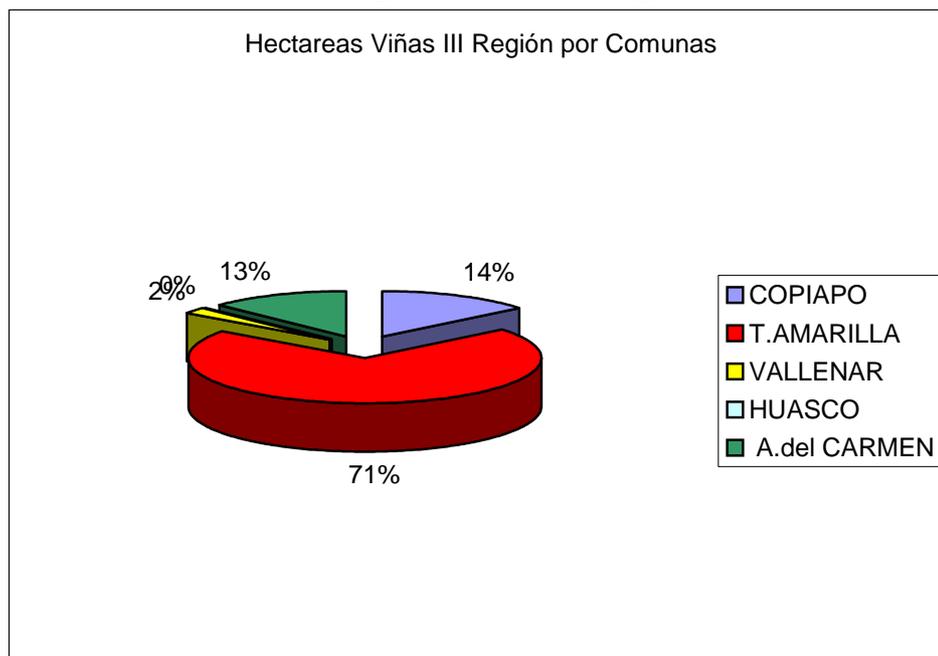
El proyecto del montaje de una planta de compostaje se realizara en un predio situado en Los Loros, provincia de Copiapó, en la comuna de Tierra Amarilla, a 75 KM de la Ciudad de Copiapó, en la III región de Atacama. Esta zona se caracteriza por la disponibilidad de agua debido principalmente a la existencia de napas subterráneas, permitiendo el uso de pozos, y del río, lo que a favorecido la gestación de una fuerte industria agrónoma con extensas plantaciones de viñas aprovechando también sus ocho horas de sol en promedio.

La zona elegida para la instalación de la planta se encuentra a una altura de 291 metros sobre el nivel del mar, presenta una amplitud térmica entre el mes más cálido y el más frío de 7° a 8° C mientras que la amplitud térmica diaria puede alcanzar del orden de 10° a 12° C. Los totales anuales de precipitación en Copiapó alcanzan a 12mm y. ( Dirección Meteorología de Chile).



En esta zona se plantan principalmente uvas destinadas a el consumo de mesa y para la fabricación de piscos. Según el catastro del año 2003 existen 8.300 hectáreas plantadas con uvas en la III región. Concretamente en la comuna Tierra Amarilla hay 5877 hectáreas de viñas.

Grafico 1: Hectáreas de viñas por comunas en la región de Atacama.



Fuente: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)

### 5.3. Localización

#### 5.3.1. Proximidad de Materias Primas

Los Loros y sus alrededores cuenta con extensas plantaciones de uvas tanto para consumo fresco como para pisco ( 5877 Hectáreas ), de modo que al ubicar la planta en esta zona, se pretende minimizar el costo de transporte tanto del Compost como de la materia prima vegetal ( restos de poda).

Con respecto a las PTAS se presenta una tabla con la distancia aproximada de a la planta de compostaje.

Tabla 9, distancia aproximada de cada PTAS a planta de Compost

PLANTAS	DISTANCIA [km]
Vallenar	65
Freirina	90
Copiapó	70
Caldera	135
Diego de Almagro	150

Fuente: Elaboración Propia.



### **5.3.2. Proximidad de Suministro de Servicios**

Por ser esta una zona en donde se ubica pueblos e importantes viñas, se puede disponer fácilmente de servicios de electricidad, teléfono, agua potable y alcantarillado.

### **5.3.3. Vías de Comunicación y Proximidad del Mercado**

La comuna de Tierra Amarilla está ubicada en las proximidades de la ciudad de Copiapó y se encuentra en “ la ruta del vino” que va directamente hacia las grandes viñas del sector.

### **5.3.4. Disponibilidad del Terreno**

En esta zona existe una gran disponibilidad de terreno, para este proyecto el terreno ya a sido escogido y se a detallado con mayor claridad en el punto 5.2.

### **5.3.5. Costo y Disponibilidad de la Mano de Obra**

La disponibilidad de mano de obra calificada en esta zona, para este tipo de trabajo, es amplia pues no es necesario conocimientos específicos por parte de los obreros, los cuales además serán capacitados una vez contratados.

### **5.3.6. Estructura Legal e Impositiva**

Ya que las instalaciones se ubican en una zona rural, no existen impedimentos legales para su funcionamiento exceptuando los medioambientales donde no existe ningún problema tanto para la construcción como para el funcionamiento de la planta mientras se cumplan las normativas ambientales vigentes.

### **5.3.7. Impacto Ambiental**

Debido a la gran preocupación que se a tenido para no causar impactos en el medio ambiente, cumpliendo todas las normas tanto de manejo de lodos como de compost, además del uso de tecnologías, el proceso de elaboración contempla niveles casi nulos de emisión de gases tóxicos, efluentes líquidos o contaminación acústica.



#### **5.4. Determinación de la capacidad de la Planta**

La planta es determinada para ser capaz de producir más de 10 mil m<sup>3</sup> de Compost anuales, esto para poder satisfacer un futuro incremento en la cantidad de lodos a tratar, o un futuro aumento de demanda.

Para el proceso de mezcla, hemos determinado una losa de cemento de 400 m<sup>2</sup> la cual contara con canaletas en todo su borde junto con una leve inclinación con el objetivo de recoger todo el liquido sobrante del proceso de la mezcla de los lodos y el material vegetal.

Para la primera parte de proceso de compostaje, la mezcla será vertida en una losa de más de 1600 m<sup>3</sup> sobre 4 tuberías agujereadas dispuestas en paralelo, con una línea de agujeros de 2 cm de diámetro en cada tubo con una separación de por 2m entre tuberías ( ver anexo 5).

Todos los tubos están conectados a aspiradores, los cuales succionaran aire induciendo un vacío en la base de la pila, provocando que esta absorba aire del medio ambiente, oxigenándose. Por otro lado también succionara gases, los cuales irán directamente al biofiltro por medio de cañerías de 160 mm de diámetro.

Para la segunda parte del compostaje se a determinado una zona similar a la anterior sin losa de cemento, con seis sopladores que inyectaran aire a las dos pilas. (ver anexo 6).

Para el proceso de maduración, tamizado y chipiado se cuentan con más de 10000 m<sup>2</sup> de terreno, por lo que no existe problema de espacio para estas instalaciones.

Además se a tomado en cuenta el acceso fácil de camiones tanto de transporte de insumos como de clientes que vengán a recoger el producto.



## 5.5. Determinación de la Maquinaria

Para determinar todo el sistema de aireado ( punto 4.2 de esta tesis), tanto como el diámetro de las tuberías, la potencia de los sopladores, válvulas, etc. se contó con el asesoramiento de Robinsón Soto (Ingeniero Químico), Félix Miranda (Ingeniero Mecánico) y del **experto Ricardo Reyes, Ingeniero Mecánico( Curriculum y carta en anexo 13 y 11 respectivamente) quien finalmente certifico los sistemas de aireación.**

Se ocuparan tuberías de PVC de 90 mm de diámetro para la aireación tanto negativa como forzada, principalmente porque ya están probadas en terreno (Agroindustrial Pulligue), soportan eficazmente la presión que se requiere, su vida útil es prolongada y la diferencia de costo entre éstas con respecto a tuberías de cobre, las cuales son “eternas” bajo estas condiciones, son exageradas, tomando en cuenta el periodo de 10 años en que se estudia el proyecto.

Las demás tuberías, características y otros como válvulas se explican con mayor detenimiento en el punto 4.2.de esta tesis.

Los sopladores (que también funcionan como aspiradores) determinados con la ayuda del experto como los idóneos para el proceso, corresponden a cuatro sopladores de canal lateral con capacidad de bombear 35 m<sup>3</sup>/h de aire.

Concretamente se utilizaran 12 sopladores marca MAPRO de procedencia italiana los cuales tienen un consumo de potencia de 0.55 Kw, 220 Volts, 50 Hz, con un nivel de ruido de 74 dB y entrada y salida de 1 ¼”.

También se utilizaran válvulas antirretorno, válvulas controladoras de presión y filtros de aire según corresponda, todos están montados sobre tuberías de cobre de 160 mm para un mejor control de las fuerzas de torque localizadas, propias del uso de válvulas ( ver anexo 5 y 6).

Respecto a las bombas de agua, estas se encuentran estandarizadas según los metros de elevación y la fuerza de empuje.

La bomba de lixiviados del pozo es resistente al material particulado en suspensión en el agua y a la corrosión. Las metros máximos de elevación de esta bomba es de 5 metros, suficiente pues el pozo tiene una profundidad de 2 metros, lo que proporcionara suficiente fuerza de empuje para reutilizar los lixiviados en la mezcla.

El tromel es marca Emison, sus dimensiones son de 2m de largo y 80cm de diámetro, accionado por un motor de 0.5 CV de potencia con malla de 5mm.

Para el chipiado de los restos de poda, se comprara una maquina chipiadora marca Bear Cat modelo 72928, con una boca de entrada de 9 pulgadas.

Se Compraran dos camiones marca Mercedes Benz doble puente, con equipo ampliroll, con contenedores de 16 m<sup>3</sup> adaptados para el transporte de lodos.

Los mini cargadores son Bobcat S185 serie G.



---

## 6. ANÁLISIS ECONOMICO

### 6.1. Hipótesis Consideradas en el Estudio Económico de este Proyecto

- **Horizonte de Proyección:** Se tomo un horizonte de proyección de 10 años, debido al tipo de contrato con Aguas Chañar el cual tiene la misma duración.
- **Precio del Producto:** el precio del producto se considerará constante en este estudio para efectuar la evaluación en la forma más conservadora posible, considerando que la probabilidad de que el precio suba es mayor a la de que baje debido principalmente a la cantidad de demanda insatisfecha que se esta creando principalmente por los estudios de la conveniencia de la utilización de compost en las viñas.
- **Cantidad de Demanda:** se considera la venta de todo el compost producido debido al hecho de la demanda creciente e insatisfecha en esta región y a el porcentaje que representa toda la producción del año de la planta, comparada con la necesidad solo de las viñas por este producto.(la cantidad producida por la planta solo alcanza a satisfacer el 5 % del total de la demanda potencial solo de las viñas, sin contar con la demanda de otros cultivos de la región y la mantención de áreas verdes).
- En la evaluación económica no se considero el hecho de que existe una curva de aprendizaje en este tipo de proyectos, es decir que a medida que el proyecto sobrevive a través de los años, va ganando experiencia y, por lo tanto, el precio y la calidad del producto mejoran. Este hecho se neutralizo para seguir el carácter conservador de la evaluación económica.



---

## **6.2. Inversiones**

El detalle del total de las inversiones se encuentra en el anexo 7 de esta tesis.

### **6.2.1. Inversión en Terreno**

Este proyecto necesita una superficie de 1.5 hectáreas para la adecuada disposición tanto de las losas, zonas de acopio, zonas de maduración, oficinas, recepción y salida de camiones, etc. El valor del terreno es de 675 UF.

TOTAL: \$12.280.876

### **6.2.2. Inversión en Maquinaria**

la inversión tanto en maquinaria, camiones, mini cargadores, y una camioneta asciende a \$155.750.500

Con respecto a las bombas de agua y sopladores, la inversión es de \$ 11.292.541

TOTAL: 167.043.041

### **6.2.3. Inversión en Equipos e Instrumentos**

la compra de balanza digital, termómetros especiales, ph-metro e girómetro (censor de humedad) corresponde a:

TOTAL: \$133.000

### **6.2.4. Inversión en Infraestructura**

La inversión en losas de cemento, tuberías, poso, enrejado e infraestructura en general es:

TOTAL: \$72.073.585

Las tuberías de 90mm deben ser reemplazadas cada 5 años.



### 6.2.5. Inversión en Capital de Trabajo

La inversión en capital de trabajo constituye el conjunto de recursos necesarios, en forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo.

Debido a la naturaleza del negocio, donde la mayor parte del producto terminado se vende en un periodo de 4 meses (Marzo, Abril, mayo y Junio) y que la entrada de capital debido a el servicio de tratamiento de lodos que se presta, no alcanza para cubrir todos los costos, fue necesario hacer una carta Gantt para calcular el monto del capital de trabajo necesario para cubrir los costos de los primeros meses con el objetivo de tener la “liquides” suficiente hasta que los ingresos por venta de compost puedan solventar los costos del periodo.

Del estudio realizado, la variación de capital de trabajo necesario en cada periodo se presenta a continuación:

Tabla 10, Variación de Capital de Trabajo Flujo con inversión 50% financiada.

AÑO	AÑO	CAPITAL DE TRABAJO
0	2006	4,630,648
1	2007	27,888,628
2	2008	29,037,004
3	2009	30,242,799
4	2010	31,508,884
5	2011	32,838,273
6	2012	34,234,131
7	2013	35,699,783
8	2014	37,238,717
9	2015	38,854,597
10	2016	40,551,272

Fuente: Elaboración Propia.

Estas cantidades permiten solventar en cada periodo tanto el crédito de 50% de la inversión inicial, como los salarios, gastos en insumos, etc. Hasta que los ingresos por venta puedan cubrir los costos.



### 6.3. Costos Fijos

#### 6.3.1. Personal Operacional

A continuación un cuadro que refleja los sueldos del personal operacional:  
Tabla 11, Sueldos del Personal Operacional.

Numero	Personal Operacional	mensual	anual
2	Operador Minicargador	180,000	4,320,000
2	cuidador	180,000	4,320,000
2	obrero	150,000	3,600,000
3	chofer camion (Clase A2)	400,000	14,400,000
3	peoneta camion	250,000	9,000,000
1	capataz	300,000	3,600,000
1	vendedor (base)	500,000	500,000
1	Ingeniero	2,000,000	24,000,000

Fuente: Elaboración Propia.

TOTAL ANUAL \$ 63.740.000

Los sueldos tienen un reajuste del 5% anual.

#### 6.3.2. Asesorías

A continuación un cuadro con el sueldo del personal que presta asesorías a la planta  
Tabla 12, Sueldos de Personal que presta asesorías

Numero	Asesorías	Mensual	anual
1	Biólogo	200,000	2,400,000
1	secretaria contador	200,000	2,400,000
1	Legal	200,000	2,400,000
1	Prevención Riesgos	150,000	1,800,000

Fuente: Elaboración Propia.

TOTAL: \$ 9.000.000

Los sueldos tienen un reajuste del 5% anual.

#### 6.3.3. Mantenición

La mantención tanto de los equipos, maquinaria, tuberías y general de la planta asciende a:

TOTAL \$ 4.120.015

El costo de mantención tiene un aumento del 5% anual



#### 6.3.4. Ropa Obrero

El equipamiento del personal directamente relacionado con la producción consta de mascarillas, botas, traje impermeable, casco y guantes.

TOTAL \$276.000

Este costo aumenta 5% anualmente

#### 6.3.5. Exámenes de Compost

Estos exámenes, a pesar de que están directamente ligados a la producción, se pueden considera un costo fijo, lo examinado es la pila (lote). Debido a que se producen solo dos pila al mes de compost terminado el gasto mensual en exámenes de \$300.000

TOTAL \$3.600.000

Este costo tiene un aumento del 5% anual.

#### 6.4. Depreciación

Se utilizara la depreciación de tipo lineal.

A continuación el listado de ítem y la depreciación anual.

Tabla 13, Depreciaciones

ITEM	VIDA UTIL	VALOR RESIDUAL	DEPRECIACION
mini cargador bocat	10	0	3,245,000
Camión	10	0	8,496,000
Tromel	10	0	1,650,000
Chipiadora	10	0	1,357,000
Camioneta	10	0	827,050
Sopladores	10	0	766,621
Bomba	10	0	21,590
container	10	0	450,000
Duchas y vestidores	10	0	120,000
computador	5	0	90,000
Tuberías	5	0	760,240
bomba empuje agua	10	0	86,043
bomba extracción agua	10	0	255,000

Fuente: Elaboración Propia.



## **6.5. Costos Variables**

Estos costos varían según la producción por lo tanto se entregara el costo por m<sup>3</sup> de compost. Los totales anuales estimados se pueden ver en el flujo de caja financiado en el anexo 3.

### **6.5.1. Diesel**

Los camiones gastan en promedio 4.5 litros de diesel por kilómetro recorrido. El promedio de distancia entre viñas es de 25 km.

La relación entre el diesel y los insumos (lodo y restos de poda) con camiones trabajando a plena capacidad da como resultado un gasto aproximado de 2.9 litros/m<sup>3</sup> de compost.

Los mini cargadores trabajando con un nivel de producción promedio de 4000 m<sup>3</sup> anuales gastan 60 litros de diesel al mes.

El valor del litro de diesel para este estudio es de \$503

### **6.5.2. Agua**

El agua para la producción es sacada de un pozo, por lo tanto no representa un gasto en si misma pero si consume electricidad debido a las bombas que se usan para extraerla. Por lo tanto se calculo el consumo de agua por m<sup>3</sup> de compost con un nivel de evaporación de agua aproximado del 8% diario de la mezcla.

Para el proceso de elaboración se a calculado que se necesitan 10.8 m<sup>3</sup> de agua por cada m<sup>3</sup> de compost.

### **6.5.3. Electricidad**

Tomando en cuenta tanto el consumo de electricidad de los sopladores como el consumo de esta energía para proveer el agua que necesita cada m<sup>3</sup> de compost se calculo que se gastan en el proceso de elaboración 3.29 Kwh/m<sup>3</sup> de Compost.

El valor de Kwh en la zona de Copiapó es \$65.5

### **6.5.4. Lodos y Restos de Poda**

El costo de estos insumos para la planta se considera \$0 pero se tomaron en cuenta para el calculo del consumo de diesel.

### **6.5.5. Bono por Ventas Vendedor**

Aunque no es propiamente un costo variable , siguiendo la hipótesis de que se vende todo lo que se produce y para efectos de la evaluación, este ítem se incorporara en estos costos.

El vendedor recibirá un 3% de los m<sup>3</sup> de los ingresos por venta de los m<sup>3</sup> de compost.



## **6.6. Costos Generales**

### **6.6.1. Vacunas**

Todo el personal que este directamente relacionado a la producción será vacunado contra el tífus \$12.000pp y la hepatitis \$34.000 pp.

TOTAL \$690.000 (Primer año)

### **6.6.2. Promoción**

Para ayudar a introducir el producto se mandaran a imprimir folletos donde se señalen las ventajas del uso del compost en los viñedos.

También se harán visitas de clientes a la planta para acercar el cliente a la empresa.

TOTAL \$1.500.000

### **6.6.3. Seguros**

El costo estimado de los seguros representa un 5% de la inversión.

TOTAL \$ 10.106.227

### **6.6.4. Otros**

Este ítem representa los gastos de electricidad, Agua potable, productos de higiene, papelería y teléfono.

TOTAL \$ 1.140.000

Todos estos costos aumentan un 5% todos los años



## 6.7. Precio

### 6.7.1. Precio del servicio de tratamiento de lodos

Este precio a sido fijado después de conversaciones con Rolando Torres, el cual es la persona a cargo de disponer de los lodos de las plantas de tratamiento de aguas servidas.

El precio acordado es 1 UF por m<sup>3</sup> de lodo tratado.

### 6.7.2. Precio del Compost

El precio promedio del Compost en la tercera region se eleva a \$110.000 por m<sup>3</sup>. (HOMECENTER-SODIMAC, ciudad de Copiapó).

Este precio se explica principalmente por el costo de transporte de el producto y la demanda de este en la región. ( en Santiago el precio promedio es de \$40.000 el m<sup>3</sup>).

El precio en que se venderá el compost producido en la planta para objeto de la evaluación es de **\$ 40.000 m<sup>3</sup>** el cual es el precio promedio del compost vendido en la **región metropolitana** donde se observa una adecuada competencia y menos distorsiones en el mercado.

El precio de cuarenta mil pesos el m<sup>3</sup> de compost se explica por el afán de una evaluación moderada del proyecto y en ningún caso se pretende iniciar una guerra de precios en la región.



## 6.8. Tasa de Descuento

La tasa de descuento no se desprende del CAPM, sino de la rentabilidad mínima que nos exigimos para llevar a cabo el proyecto.

**La tasa de descuento que se aplicara al proyecto es 15%**

A pesar de esto, se calculara el CAPM con el objetivo de tener una tasa de descuento de referencia.

CAPM (Capital Asset Pricing Model). La fórmula consiste en:

$$E(I) = R_f + (E(M) - R_f) * \text{Beta industria}$$

- **Beta:** este valor representa el riesgo no diversificable propio de la industria en la que se encuentra el negocio. Específicamente, el beta corresponde al utilizado en los proyectos de la banca y es de un 0,94.
- **R<sub>f</sub>** : La Tasa libre de Riesgo se estimó en un 4,5% (Para la estimación de la Tasa Libre de Riesgo se utilizó el retorno del PRC a 8 años.( [www.bcentral.cl](http://www.bcentral.cl))
- **E(M) - R<sub>f</sub>** : El Premio por Riesgo es un 6,73% (Para nuestro país, el Premio por Riesgo se estima en un 6,73% ya que la clasificación de riesgo internacional es relativamente baja debido a la estabilidad económica que presenta. Se calcula con la evolución de los retornos del IGPA. ([www.bolsantiago.cl](http://www.bolsantiago.cl)))

Aplicando estos datos al modelo CAPM, se tiene:

$$E(I) = 10,83\%$$

(Datos proporcionados por Juan Pablo Cruz Torres, Gerencia de Medios de Pago, División Comercial Personas, BANCO CORP BANCA. El 18 de julio del 2006)

## 6.9. Impuestos

El valor destinado a este ítem cada año corresponde al 17% de las utilidades antes de impuestos si dicha utilidad es mayor que cero, en caso contrario este valor se igualara a cero.

## 6.10. Valor residual

Para calcular el valor residual se utilizó el método del flujo perpetuo futuro, que no es otra cosa que la utilidad neta después de impuestos del último periodo, actualizada como una perpetuidad. A esta utilidad se le descontó la depreciación como compensación por las reinversiones que necesariamente deberán hacerse a futuro por reposición de activos.



---

## **6.11. Flujo de Caja**

### **6.11.1. Flujo de Caja Puro**

Una vez determinados todos los componentes de la evaluación económica se puede establecer el valor actual neto de todos los flujos futuros que generará la planta de Compost. El resultado final de esta evaluación es un VAN de **\$ 885.178.583** y una TIR del **63%**.

El flujo de caja puro se presenta en el anexo 1

### **6.11.2. Flujo de Caja Financiado**

A pesar que la inversión del proyecto se **pretende financiar en un 50%** se estimaran los valores actuales netos con financiamiento del 25% y del 75% para tener una visión global del comportamiento del VAN y de la TIR a distinto de financiamiento.

Los detalles de las cuotas amortización e intereses por periodo para cada porcentaje de financiamiento, se encuentran en el anexo 8 de esta tesis.

#### **6.11.2.1. Financiamiento del 25% de la Inversión**

El crédito corresponde al 25% de la inversión inicial con una tasa de interés constante del 9% anual y mensualidades constantes a un periodo de 10 años.

Con este financiamiento se obtiene un VAN de **\$ 851.001.304** y una TIR del **73%**  
( flujo en anexo 2 de esta tesis)

#### **6.11.2.2. Financiamiento del 50% de la Inversión**

El crédito corresponde al 50% de la inversión inicial con una tasa de interés constante del 9% anual y mensualidades constantes a un periodo de 10 años.

Con este financiamiento se obtiene un VAN de **\$ 856.847.250** y una TIR del **99%**  
( flujo en anexo 3 de esta tesis)

#### **6.11.2.3. Financiamiento del 75% de la Inversión**

El crédito corresponde al 75% de la inversión inicial con una tasa de interés constante del 9% anual y mensualidades constantes a un periodo de 10 años.

Con este financiamiento se obtiene un VAN de **\$862.693.197** y una TIR del **178%**  
( flujo en anexo 4 de esta tesis)



## 6.12. Análisis de Sensibilidad

Se procederá a hacer distintos análisis de sensibilidad con el objetivo de ver cuales son los parámetros que inciden más en el valor actual neto del proyecto.

El flujo de caja utilizado para los análisis es el financiado en un 50%, pues es este el financiamiento que tendrá el proyecto.

### 6.12.1. Sensibilización del Precio del Producto

En este análisis se vera cuan sensible es el VAN y la TIR a la variación del precio del Compost.

Se hará variar el precio en distintos porcentajes y además se presentara el precio mínimo del compost para que el proyecto sea viable.

El precio de referencia es el utilizado en la evaluación del proyecto, es decir **\$40.000** el m3 de compost.

Tabla 14, Sensibilización del precio el producto

Precio [pesos/m3]	VAN	TIR
60,000	1,615,369,594	173%
50,000	1,236,108,422	136%
<b>40,000</b>	<b>862,693,197</b>	<b>178%</b>
35,000	667,216,664	80%
30,000	477,586,079	63%
25,000	287,955,493	45%
20,000	98,324,907	26%
17,500	3,509,614	15%
17,000	<b>No Viable</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

**De este estudio se desprende que el precio puede sufrir caídas de hasta un 57.5% manteniendo el proyecto viable.**



### 6.12.2. Sensibilización de la Cantidad de Demanda de Compost

En este análisis se vera cuan sensible es el VAN y la TIR a la variación de la demanda del Compost manteniendo todo los otros factores constantes.

Se hará caer la demanda en distintos porcentajes y además se presentara la demanda mínima de compost para que el proyecto sea viable.

Tabla 15, Sensibilización de la demanda por Compost

Disminución de Demanda [%]	VAN	TIR
0%	856,847,250	99%
5%	779,849,920	91%
10%	701,586,477	84%
15%	623,323,034	76%
20%	545,059,590	69%
25%	466,796,147	62%
30%	388,532,704	54%
35%	310,269,260	47%
40%	232,005,817	40%
45%	153,742,374	32%
50%	75,478,930	24%
54%	12,868,176	17%
55%	No Viable	

Fuente: Elaboración Propia.

**De este análisis se desprende que la demanda llegar hasta un 46% de lo esperado, manteniendo el proyecto viable.**

### 6.12.3. Sensibilización de la cantidad de lodos Tratados

Debido a que los lodos constituyen la principal materia prima para la fabricación de compost y además un ingreso para el proyecto, es interesante analizar como se comporta el proyecto bajando el porcentaje de lodos tratados.

Tabla 16, Sensibilización del porcentaje de lodos tratados

Sensibilidad [% del nivel esperado]	VAN	TIR
90	662,008,158	79%
80	467,169,066	61%
70	272,329,974	42%
60	77,490,881	23%
57	19,039,154	15%
56	No Viable	

Fuente: Elaboración Propia.

Para que el proyecto sea viable, la cantidad de lodos tratados no puede baja más del 57% de la cantidad esperada a tratar por año.



#### 6.12.4. Sensibilización Tasa de Descuento

A continuación una tabla donde se analiza el proyecto a distintas tasas de descuento para observar que sucede con el VAN de éste.

Tabla 17, Sensibilización tasa de descuento.

Tasa de Descuento	VAN (Pesos)
50%	141,031,065
40%	221,692,166
30%	361,380,416
25%	471,915,504
<b>15%</b>	<b>856,847,250</b>
11%	1,118,915,116
9%	1,287,472,508

Fuente: Elaboración Propia.

#### 6.12.5. Sensibilización del precio del Diesel

Debido a las constantes distorsiones en el precio de este insumo, es importante analizar que sucede con el proyecto variando el precio del diesel.

Tabla 18, Sensibilización precio Diesel

Precio [pesos/L]	VAN
800	824,731,349
750	830,138,067
700	835,544,784
650	840,951,501
600	846,358,219
550	851,764,936
<b>503</b>	<b>856,847,250</b>
450	862,578,371
400	867,985,088

Fuente: Elaboración Propia.

Del análisis se desprende que por cada variación de \$50 del precio del diesel, el VAN cambia en 4 millones aproximadamente, lo que indica que a pesar de la sensibilidad del proyecto al cambio del precio en el diesel, este es capaz de soportar los continuos cambios de precios en el mercado.



## 7. CONCLUSIONES

Una vez realizado el Estudio de Evaluación Técnico-Económica y de Mercados para la implementación de una planta de compost, se obtuvieron las siguientes conclusiones.

- ✓ Debido a la desertificación y grado de erosión de los suelos de la tercera región, a la escasez de oferta de recomponedores de suelo en la zona, unida a la gran cantidad de hectáreas plantadas en la región, se está generando una gran demanda por buenos reestructuradores de suelo (enmienda orgánica), que en estos momentos está insatisfecha y es justo el momento para responder a esa demanda.
- ✓ La necesidad de las plantas purificadoras de agua de la tercera región por tratar sus lodos, constituye una buena oportunidad para obtener ganancias extras, prestándoles el servicio de tratarlos y al mismo tiempo, obteniendo insumos gratis para la fabricación de compost.
- ✓ Se requiere de un alto capital de trabajo en cada periodo debido al desfase entre la primera producción y la venta de esta.
- ✓ Del estudio económico se desprende que el proyecto estudiado es rentable, con un VAN de \$856,847,250 y una TIR de 99% (proyecto financiando el 50% de la inversión)
- ✓ Del estudio de sensibilidad se desprende que el proyecto resiste muy bien la caída en el precio (hasta un 57.5%) y demanda (hasta un 54%) de Compost, como bajas en el tratamiento de lodos de hasta un 43% y es capaz de soportar la volatilidad del precio del Diesel.

Finalmente se concluye que debido a la gran demanda potencial, el bajo nivel de participación de mercado que se pretende, (5% del total del mercado potencial solo en viñedos, lo que protege al proyecto de bajas en la demanda), a la alta probabilidad de aumentar el precio, al alto grado de rentabilidad de la inversión, y al gran beneficio ambiental que traerá esta planta para la zona, se lleve a cabo el proyecto.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

- CONAMA, Anteproyecto de Reglamento para el Manejo de Lodos
- CONAMA, Compost-Clasificación y Requisitos (NCh.2880)
- Cristi Larrucea Homero, Compostaje
- SAG, Evaluación Ecotoxicológica de Lodos para su Aplicación en Suelo Agrícola
- Cierra Carlos, Manejo de Compost en Suelo Cultivado con Vides Pisqueras.
- Hax y Majluf, Estrategias Para el Liderazgo Competitivo
- Sapaj Reinaldo, Preparación y Evaluación de Proyectos
- [www.sag.cl](http://www.sag.cl)
- [www.inn.cl](http://www.inn.cl)
- [www.conama.cl](http://www.conama.cl)
- [www.compostnetwork.info](http://www.compostnetwork.info)
- [www.vinasdechile.cl](http://www.vinasdechile.cl)
- [www.environmental-expert.com](http://www.environmental-expert.com)
- [www.uvademesa.cl](http://www.uvademesa.cl)



# ANEXOS



### ANEXO 1: FLUJO DE CAJA PURO

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
ingresos tratamiento lodos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ingresos por venta de compost	79,143,422	79,934,986	80,734,204	81,541,546	82,366,962	83,180,531	84,012,337	84,852,460	85,700,986	86,557,996	
total ingresos	0	232,000,000	234,320,000	236,640,000	243,739,200	253,488,768	266,163,206	282,132,999	301,882,309	326,032,893	366,375,854
Costos fijos	-80,736,015	-84,772,815	-89,011,456	-93,462,029	-98,135,130	-103,041,887	-108,193,981	-113,603,680	-119,283,864	-125,248,057	
Costos variables	-15,973,769	-16,644,287	-16,864,117	-17,227,322	-17,670,039	-18,200,501	-18,829,824	-19,572,533	-20,447,280	-21,477,799	
costos Generales y Administrativos	-11,936,227	-12,633,039	-13,159,691	-13,817,675	-14,508,569	-15,233,987	-15,996,686	-16,796,471	-17,636,244	-18,517,006	
Depreciación	-18,124,544	-18,124,544	-18,124,544	-18,124,544	-18,124,544	-18,124,544	-18,124,544	-18,124,544	-18,124,544	-18,124,544	
Utilidades antes de Impuestos	184,372,886	182,180,170	180,214,397	182,649,176	187,407,468	194,742,819	205,001,299	218,638,541	236,242,945	268,666,442	
Impuestos(17%)	0	30,970,629	30,636,447	31,050,360	31,869,268	33,106,279	34,860,221	37,168,552	40,161,301	43,966,295	
Utilidades despues de impuestos	184,372,886	151,209,541	149,577,949	151,598,816	155,548,190	161,636,540	170,151,079	181,469,989	196,081,645	214,610,147	
Depreciación	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	
Capital de trabajo	-4,630,649	-26,428,076	-26,676,462	-27,782,247	-29,048,332	-30,377,721	-31,773,579	-33,239,231	-34,778,165	-36,394,045	-38,090,720
Recuperación del Capital de Trabajo										318,119,217	
Valor Residual										1,065,966,884	
Inversiones		-262,666,686					-3,801,200				
Flujo de caja	-262,666,686	177,089,334	142,757,633	139,920,246	140,675,028	139,493,813	147,987,504	155,036,392	164,816,388	177,812,143	1,568,729,072
VAN		\$866,500,155									
TIR		64%									
Tasa de descuento		15%									



**ANEXO 2: FLUJO DE CAJA FINANCIANDO EL 25% DE LA INVERSIÓN**

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Ingresos tratamiento lodos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por venta de compost	79.143.422	79.934.856	80.734.204	81.541.546	82.366.952	83.180.531	84.012.337	84.852.460	85.700.955	86.557.995	
total ingresos	311.143.422	314.254.856	315.054.204	325.280.746	335.845.730	349.343.739	366.145.335	386.734.769	411.733.878	441.933.848	
Costos fijos	-80.736.015	-84.772.815	-89.011.456	-93.462.029	-98.135.130	-103.041.887	-108.193.961	-113.603.680	-119.283.864	-125.248.057	
Costos variables	-15.973.789	-16.644.287	-16.864.117	-17.227.322	-17.670.039	-18.200.501	-18.829.824	-19.572.533	-20.447.280	-21.477.799	
costos Generales y Administrativos	-11.936.227	-12.533.039	-13.159.891	-13.817.675	-14.508.569	-15.233.987	-15.995.886	-16.795.471	-17.635.244	-18.517.006	
Depreciación	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	
Intereses Crédito	-5.684.753	-5.310.582	-4.902.736	-4.458.183	-3.973.621	-3.445.449	-2.889.740	-2.242.218	-1.558.218	-812.659	
Utilidades antes de Impuestos	178.688.113	176.869.588	172.991.661	178.190.983	183.433.837	191.297.371	202.131.560	216.396.323	234.684.727	257.753.782	
Impuestos(17%)	30.376.979	30.067.830	29.408.582	30.292.469	31.183.752	32.520.553	34.362.365	36.787.375	39.896.404	43.818.143	
Utilidades despues de impuestos	148.311.134	146.801.758	143.583.079	147.898.524	152.280.085	158.776.818	167.769.195	179.608.948	194.788.323	213.935.639	
Depreciación	18.124.544	18.124.544	18.124.544	18.124.544	18.124.544	18.124.544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	
Capital de trabajo	-4.630.648	-25.428.076	-26.576.452	-27.782.247	-29.048.332	-30.377.721	-31.773.579	-33.239.231	-34.778.165	-36.394.045	
Recuperacion del Capital de Trabajo										313.488.669	
Valor Residual										1.051.469.169	
Inversiones	-252.655.686										
Crédito	63.163.921										
Amortización Total de la Deuda		-4.157.455	-4.531.626	-4.939.472	-5.384.025	-5.868.587	-6.396.760	-6.972.468	-7.599.990	-8.283.989	
Flujo de caja	-189.491.764	136.860.147	133.818.224	128.985.903	131.590.711	128.314.736	138.731.022	145.682.040	155.355.337	168.234.833	1.549.897.653
VANI	851.001.304										
TIR	73%										
Tasa de descuento	15%										

Interes	9%
Periodo	10 años
Financiamiento	25%



### ANEXO 3: FLUJO DE CAJA FINANCIANDO EL 50% DE LA INVERSIÓN

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Ingresos tratamiento lodos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por venta de compost	232.000,000	234.320,000	234.320,000	243.739,200	253.488,768	266.163,206	282.132,999	301.882,309	326.032,893	355.375,854	
total ingresos	0	311.143,422	314.254,856	315.054,204	325.280,746	335,845,730	349,343,738	366,145,335	386,734,769	411,733,878	441,933,848
Costos fijos	-80.736,015	-84.772,815	-89.011,456	-93.462,029	-98.135,130	-103.041,887	-108.193,981	-113.603,680	-119.283,864	-125.248,057	
Costos variables	-15.973,769	-16.544,287	-16.864,117	-17.227,322	-17.670,039	-18.200,501	-18.829,824	-19.572,533	-20.447,280	-21.477,799	
costos Generales y Administrativos	-11.936,227	-12.533,039	-13.159,691	-13.817,675	-14.508,559	-15.233,987	-15.995,686	-16.795,471	-17.635,244	-18.517,006	
Depreciación	-18.124,544	-18.124,544	-18.124,544	-18.124,544	-18.124,544	-18.124,544	-18.124,544	-18.124,544	-18.124,544	-18.124,544	
Intereses Crédito	-11.369,506	-10.621,164	-9.805,471	-8.916,366	-7.947,242	-6.890,896	-5.739,479	-4.484,435	-3.116,437	-1.625,319	
Utilidades antes de Impuestos	173.003,360	171.559,007	168.088,926	173.732,810	179.460,216	187,851,923	199,261,820	214,154,105	233,126,508	256,941,123	
Impuestos(17%)	29.410,571	29,165,031	28.575,117	29.534,578	30.508,237	31,934,827	33.874,509	36.406,198	39.631,506	43.679,991	
Utilidades despues de Impuestos	143.592,789	142,393,975	139,513,808	144,198,232	148,951,979	155,917,096	165,387,311	177,747,908	193,495,002	213,261,132	
Depreciación	18.124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	18,124,544	
Capital de trabajo	-4.630,648	-27,889,628	-29,037,004	-30,242,799	-31,508,884	-32,838,273	-34,234,131	-35,699,783	-37,238,717	-38,854,997	-40,551,272
Recuperacion del Capital de Trabajo										338,094,089	
Valor Residual										1,030,568,774	
Inversiones	-252,655,686					-5,813,585					
Crédito	126,327,843										
Amortización Total de la Deuda		-8,314,910	-9,063,252	-9,878,945	-10,768,050	-11,737,174	-12,793,520	-13,944,936	-15,199,981	-16,567,979	-18,069,097
Flujo de caja	-126,327,843	125,513,795	122,418,263	117,516,609	120,045,843	116,687,491	127,013,999	133,867,136	143,433,754	156,196,970	1,541,438,169
VANI	856,847,250										
TIR	99%										
Tasa de descuento	15%										

Interes	9%
Periodo	10 años
Financiamiento	50%



**ANEXO 4: FLUJO DE CAJA FINANCIANDO EL 75% DE LA INVERSIÓN**

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Ingresos tratamiento lodos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por venta de compost	79.143.422	79.934.866	80.734.204	81.541.546	82.366.962	83.180.531	84.012.337	84.852.460	85.700.966	86.567.995	
total ingresos	311.143.422	314.254.866	315.054.204	325.280.746	336.845.730	349.343.738	366.145.335	386.734.769	411.733.878	441.933.848	
Costos fijos	-80.736.015	-84.772.815	-89.011.456	-93.462.029	-98.135.130	-103.041.887	-108.193.981	-113.603.680	-119.283.864	-125.248.057	
Costos variables	-15.973.769	-16.644.287	-16.864.117	-17.227.322	-17.670.039	-18.200.501	-18.829.824	-19.572.533	-20.447.280	-21.477.799	
costos Generales y Administrativos	-11.936.227	-12.533.039	-13.159.691	-13.817.675	-14.508.569	-15.233.987	-15.995.666	-16.795.471	-17.635.244	-18.517.006	
Depreciación	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	-18.124.544	
Intereses Crédito	-17.064.259	-15.931.746	-14.708.207	-13.374.549	-11.920.863	-10.336.344	-8.609.219	-6.726.653	-4.674.655	-2.437.978	
Utilidades antes de Impuestos	167.318.608	166.248.425	163.186.190	169.274.627	175.486.595	184.406.474	196.392.080	211.911.888	231.568.290	256.128.464	
Impuestos(17%)	28.444.163	28.262.232	27.741.662	28.776.667	29.892.721	31.349.101	33.386.654	36.025.021	39.366.609	43.541.839	
Utilidades despues de impuestos	138.874.444	137.986.192	135.444.528	140.497.940	145.663.874	153.057.374	163.005.427	175.886.867	192.201.681	212.586.625	
Depreciación	18.124.544	18.124.544	18.124.544	18.124.544	18.124.544	18.124.544	18.124.544	18.124.544	18.124.544	18.124.544	
Capital de trabajo	-4.630.648	-30.349.180	-31.497.556	-32.703.361	-33.969.436	-35.298.625	-36.694.683	-38.160.335	-39.699.289	-41.315.149	
Recuperacion del Capital de Trabajo										362.699.609	
Valor Residual										1.009.668.379	
Inversiones	-252.655.686										
Crédito	189.491.764										
Amortización Total de la Deuda	-12.472.366	-13.594.878	-14.818.417	-16.152.074	-17.605.761	-19.190.280	-20.917.405	-22.799.971	-24.661.968	-27.088.646	
Flujo de caja	-63.163.921	114.177.443	111.018.302	106.047.314	108.600.974	105.080.247	115.296.955	122.052.231	131.512.171	144.159.107	
										1.532.978.686	

VANI	862.693.197
TIR	178%
Tasa de descuento	15%

Interes	9%
Periodo	10 años
Financiamiento	75%



---

## **ANEXO 5: SISTEMA DE AIREADO METODO Beltsville (PRESIÓN NEGATIVA)**



---

## **ANEXO 6: SISTEMA DE AIREADO METODO Rutgers (AIREACIÓN FORZADA)**



## ANEXO 7: INVERSIONES

**Tabla 19, Inversiones en Maquinaria, Vehículos e Instrumento**

ITEM	PRECIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
mini cargador bodcat	16,225,000	2	32,450,000
Camión Contenedor cerrado con sist. Hidráulico	28,320,000	3	84,960,000
Soplador	589,708	13	7,666,208
bomba de agua para los lixiviados de poso	215,900	1	215,900
tromel (para tamizado)	16,500,000	1	16,500,000
termómetro	15,000	2	30,000
pH metro	21,000	1	21,000
balanza digital	70,000	1	70,000
censores de humedad (higrometro)	12,000	1	12,000
chipeadora (Bear)	13,570,000	1	13,570,000
camioneta (chevrolet liv cargo 2.5D)	8,270,500	1	8,270,500
impresora HP	65,000	1	65,000
computador intel celeron	450,000	1	450,000
Válvula antirretorno	39,576	8	316,608
Válvula control presión	29,022	8	232,176
filtro de Aire lavable	15,350	4	61,400
bomba de empuje agua	860,433	1	860,433
bomba extracción poso agua	2,550,000	1	2,550,000
<b>TOTAL</b>			<b>168,301,225</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 20, Infraestructura**

ZONA	LARGO [M]	ANCHO [M]	M2	PRECIO	ALTO [M]
Losa de mezcla	20	20	400	7,200,000	0.6
Losa 1 etapa	100	16	1,600	28,800,000	0.6
Poso Lixiviados	0	0	0	1,200,000	2

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 21, Tuberías**

<b>Tuberías</b>		
tub PVC 90 mm diámetro		
costo metro lineal	4,472	Pesos
metros a utilizar	850	Metros
tub PVC 160 mm diámetro		
costo metro lineal	5,833	Pesos
metros a utilizar	345	Metros
Tub Cobre 160mm diámetro		
costo metro lineal	70,000	
metros a utilizar	48	
<b>COSTO TOTAL TUBERIAS</b>	<b>9,173,585</b>	<b>Pesos</b>

Fuente: Elaboración Propia.



**Tabla 22, Terreno**

<b>Terreno</b>	
precio terreno Los Loros (Copiapó)	450 UF/Ha
Terreno	1.5 Ha
<b>TOTAL INVERSION TERRENO</b>	<b>12,280,876 pesos</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 23, Oficinas**

<b>Oficinas</b>			
item	costo	cantidad	costo final
container y habilitación	1,500,000	3	4,500,000
Duchas y vestidores	1,200,000	1	1,200,000

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 24, Enrejado**

<b>Enrejado</b>		
tipo	precio	
reja malla (metro lineal)	2,000	pesos
total de metros necesarios	10,000	Metros
costo enrejado	20,000,000	pesos

Fuente: Elaboración Propia.



## ANEXO 8: CUOTAS, AMORTIZACIÓN E INTERES POR PERIODO

Tabla 25, financiamiento 25% de la inversión, tasa de interés 9%

periodo	cuota	amortizacion	interes
1	-\$9,842,208	-\$4,157,455	-\$5,684,753
2	-\$9,842,208	-\$4,531,626	-\$5,310,582
3	-\$9,842,208	-\$4,939,472	-\$4,902,736
4	-\$9,842,208	-\$5,384,025	-\$4,458,183
5	-\$9,842,208	-\$5,868,587	-\$3,973,621
6	-\$9,842,208	-\$6,396,760	-\$3,445,448
7	-\$9,842,208	-\$6,972,468	-\$2,869,740
8	-\$9,842,208	-\$7,599,990	-\$2,242,218
9	-\$9,842,208	-\$8,283,989	-\$1,558,218
10	-\$9,842,208	-\$9,029,549	-\$812,659

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 26, financiamiento 50% de la inversión, tasa de interés 9%

periodo	cuota	amortizacion	interes
1	-\$19,684,416	-\$8,314,910	-\$11,369,506
2	-\$19,684,416	-\$9,063,252	-\$10,621,164
3	-\$19,684,416	-\$9,878,945	-\$9,805,471
4	-\$19,684,416	-\$10,768,050	-\$8,916,366
5	-\$19,684,416	-\$11,737,174	-\$7,947,242
6	-\$19,684,416	-\$12,793,520	-\$6,890,896
7	-\$19,684,416	-\$13,944,936	-\$5,739,479
8	-\$19,684,416	-\$15,199,981	-\$4,484,435
9	-\$19,684,416	-\$16,567,979	-\$3,116,437
10	-\$19,684,416	-\$18,059,097	-\$1,625,319

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 27, financiamiento 75% de la inversión, tasa de interés 9%

periodo	cuota	amortizacion	interes
1	-\$29,526,624	-\$12,472,365	-\$17,054,259
2	-\$29,526,624	-\$13,594,878	-\$15,931,746
3	-\$29,526,624	-\$14,818,417	-\$14,708,207
4	-\$29,526,624	-\$16,152,074	-\$13,374,549
5	-\$29,526,624	-\$17,605,761	-\$11,920,863
6	-\$29,526,624	-\$19,190,280	-\$10,336,344
7	-\$29,526,624	-\$20,917,405	-\$8,609,219
8	-\$29,526,624	-\$22,799,971	-\$6,726,653
9	-\$29,526,624	-\$24,851,968	-\$4,674,655
10	-\$29,526,624	-\$27,088,646	-\$2,437,978

Fuente: Elaboración Propia.



## ANEXO 9: RESULTADO DE EXAMENES MUESTRA COMPOST DE LODOS COPIAPO

 <b>Silob Chile</b>	<b>INFORME DE ENSAYO SEDIMENTOS, LODOS Y OTROS (RS14.17)</b>	Revisión	2
		Fecha de emisión	19/04/05
		Número de páginas	1 de 1

**FECHA EMISIÓN INFORME** : 04 de agosto de 2006  
**ENTIDAD** : Silob Chile Laboratorios  
**SEDE** : Javiera Carrera 839, Valparaíso, V Región

**INFORME NÚMERO** : 1846.1.2006  
**IDENTIFICACIÓN** : 1 Original  
**CLIENTE** : Percy Rendic  
**DIRECCIÓN CLIENTE** : Los Carrera 02409, Quilpué

**CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS**  
 Muestras : Compost  
 Tamaño de la muestra : 1  
 Identificación de las muestras : M1 = Compost Copiapo

Fecha y hora de muestreo : No corresponde  
 Lugar de toma de muestra : Muestra proporcionada por el cliente  
 Fecha y hora de ingreso al laboratorio : 20 de julio de 2006 / 10:50 hrs.  
 Fecha y hora inicio ensayos : 20 de julio de 2006 / 10:56 hrs.  
**Fecha obtención resultados** : 04 de agosto de 2006  
 Tipo de envase : Vidrio y Plástico según corresponda

Desviación al procedimiento especificado en esta Norma 
 SI  NO

Metodología empleada:
 

- Manual de Métodos de análisis Físico Químico de alimentos, aguas, y suelos ISP.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edición
- Norma Chilenas Oficiales

Parámetros Examinados:

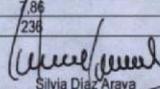
PARAMETRO	IDENTIFICACIÓN MÉTODO DE ANÁLISIS	PRESERVANTE	Condición Acreditación INN según NCh ISO 17025 of 2001según LE 043
<b>QUÍMICOS</b>			
Cobre (ppm) (*)	EAA.	S/P	NO
Arsénico (ppm)	EAA. Generación de hidruro	S/P	NO
Cadmio (ppm)	EAA.	S/P	NO
Cromo (ppm)	EAA.	S/P	NO
Mercurio (ppm)	EAA. Vapor frío	S/P	NO
Níquel (ppm)	EAA.	S/P	NO
Plomo (ppm)	EAA.	S/P	NO
Zinc (ppm)	EAA.	S/P	NO

**RESULTADOS**

ENSAYOS	M1
<b>QUÍMICOS</b>	
Arsénico (ppm) (▲)	0,090
Cobre (ppm) (▲)	164
Cadmio (ppm) (▲)	<0,05
Cromo (ppm) (▲)	45,7
Mercurio (ppm) (▲)	0,239
Níquel (ppm) (▲)	4,65
Plomo (ppm) (▲)	7,86
Zinc (ppm) (▲)	238

(▲) Análisis en base seca



  
 Silvia Diaz Araya  
 Laboratorio de aguas  
 SILOB CHILE  
**SILVIA DIAZ ARAYA**  
**LABORATORIO DE AGUAS**  
**SILOB CHILE**

Silob Chile es responsable sólo por los análisis de las muestras realizadas.  
 Este informe no puede ser reproducido sin la autorización escrita del Laboratorio.

OFICINAS: VALPARAISO - CASILLA 1225 - FONOS (56) (32) 498177 - VALPARAISO - CHILE  
 OFICINAS: COQUIMBO - SANTIAGO - PUERTO MONTT - CHILOE - PUERTO AYSÉN - PUNTA ARENAS  
 E-mail: siloblaboratorio@silobchile.cl - www.silobchile.cl



**INFORME DE ENSAYO  
SEDIMENTOS, LODOS Y OTROS  
(RS14.17)**

Revisión	2
Fecha de emisión	19/04/05
Número de páginas	2 de 2
Número de informe	1846.2006

**RESULTADOS**

GRANULOMETRIA % que retiene la malla	
Tamiz	M1
4	15,21
8	11,01
16	32,11
30	32,47
50	2,65
100	1,36
200	3,85
< 200	1,36

ENSAYOS	M1
<b>QUÍMICOS</b>	
Arsénico (ppm) (▲)	0,090
Cobre (ppm) (▲)	164
Cadmio (ppm) (▲)	<0,05
Carbono orgánico total (%)	9,16
Conductividad eléctrica (µS/cm)	1.830
Cromo (ppm) (▲)	45,7
Humedad (%)	28,91
Materia Orgánica total (%)	16,59
Mercurio (ppm) (▲)	0,239
Níquel (ppm) (▲)	4,65
Nitrógeno Total (%) (▲)	1,05
pH a 20 °C	6,20
Plomo (ppm) (▲)	7,86
Relación Carbono/Nitrógeno	8,72
Zinc (ppm) (▲)	236
<b>MICROBIOLÓGICO</b>	
Coliformes fecales (NMP/g)	<3
Salmonella (Ausencia/ Presencia)	A

(▲) Análisis en base seca



*Silvia Diaz Araya*  
Silvia Diaz Araya  
Laboratorio de aguas  
SILOB CHILE

**SILVIA DIAZ ARAYA**  
LABORATORIO DE AGUAS  
SILOB CHILE

SILOB Chile es responsable sólo por los valores analíticos de las muestras analizadas.  
Este informe no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización escrita del Laboratorio.  
JAVIER CARRETERO 89 - CASILLA 125 - FONOS FAX (56) (32) 498177 - VALPARAISO - CHILE  
OFICINAS COQUIMBO - SANTIAGO - PUERTO MONTT - CHILOE - PUERTO AYSÉN - PUNTA ARENAS  
E-mail: siloblaboratorio@silobchile.cl - www.silobchile.cl



## ANEXO 10: CARTA DE CERTIFICACIÓN TÉCNICO BIOLÓGICA



Quillota, diciembre de 2005.-

Sr.  
**Percy Rendic**  
Presente

Ref. **Tesis Compostaje**

De mi consideración:

Sr. Rendic, por medio de la presente vengo a expresar mi opinión en relación con lo solicitado, cual es, informar a Ud. la verificación de la propuesta de compostaje de lodos de plantas de aguas servidas utilizando para ello los residuos provenientes de podas de patronales principalmente, mediante el método de pila estática con aireación forzada.

Dicho método es conocido y aplicado para variados residuos orgánicos, dando buenos resultados principalmente en aquellos que presentan una granulometría uniforme y un porcentaje importante de espacio intersticial entre las partículas orgánicas a compostar.

De acuerdo a vuestra propuesta, al efectuar el análisis operacional del diseño, debe tenerse en consideración los aspectos relevantes para lograr que el proceso entregue un compost de calidad capaz de cumplir norma NCh 2880 a partir de lodos y restos vegetales de parronales a saber:

- Control de humedad y mezcla
- Razón de ingreso y extracción de aire según sea la etapa de proceso
- Homogeneidad de la materia prima y material de aporte carbonoso
- Control de temperatura
- Tiempo de aireación y/o volteo en caso necesario
- Seguimiento de parámetros de control a fin de garantizar uniformidad de proceso
- Disponibilidad de materia prima.

Los factores críticos de vuestra propuesta corresponden a control de humedad y mezcla de residuos. Lo anterior pues por la zona de ubicación de proyecto, la humedad óptima para el proceso es un punto clave a fin de producir compostaje y no deshidratación, y a su vez evitar la combustión

Mac-Iver 125 - Of. 701 - Santiago Centro - Fono: (56-2) 420 1313 - Fax: (56-2) 377 9452

Loteo Parq. Industrial Apiasmontt, Sitio 22, Sector Lagunillas - Pto.Montt - Fono: (56-65) 434 193 Fax: (56-65) 282 890

Hijuela N° 12 La Capilla, San Pedro - Quillota - Fono-Fax: (56-33) 267 685



espontánea de la materia orgánica al lograr temperaturas elevadas a baja humedad.

Con todo, el proyecto, desde el punto de vista netamente técnico-operacional, presenta buenos términos de viabilidad, toda vez que los residuos de lodos y de restos de podas permiten, así lo hemos probado en nuestras instalaciones, generar compost de calidad. Lo anterior debe, como se indicó en párrafos anteriores, ser realizado bajo un proceso absolutamente controlado.

Esperando éxito en vuestra propuesta, saluda atentamente a Ud.

**RENE FLORES RAMOS  
CONSTRUCTOR CIVIL  
JEFE PROYECTO  
GRANJA COMPOSTAJE QUILLOTA**

Mac-Iver 125 · Of. 701 · Santiago Centro · Fono: (56-2) 420 1313 · Fax: (56-2) 377 9452

Loteo Parq. Industrial Apiasmontt, Sitio 22, Sector Lagunillas - Pto.Montt · Fono: (56-65) 434 193 Fax: (56-65) 282 890

Hijuela Nº 12 La Capilla, San Pedro · Quillota · Fono-Fax: (56-33) 267 685



## ANEXO 11: CERTIFICADO TECNICO SISTEMA DE AIREADO

### CERTIFICADO

**RICARDO REYES DÍAZ**, certifica que revisó el sistema propuesto de ventilación de las pilas y evacuación de gases, en lo que comprende bombas, filtros, tuberías y otros relacionados con este ítem, del proyecto realizado por la Sra. **BÁRBARA RENDIC CANALES** y el señor **PERCY RENDIC CANALES** titulado: "ESTUDIO Y EVALUACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOST EN LA REGIÓN DE ATACAMA", el que, de acuerdo a su conocimiento y experiencia, cumple con los requisitos técnicos y requerimientos del objetivo para el que fue diseñado, por lo que da su conformidad, con las siguientes indicaciones:

- 1.- Los dibujos presentados, deben estar ejecutados de acuerdo a dibujos de normas internacionales (ejemplo: norma ISO)
- 2.- Debe indicarse, de acuerdo a que norma internacional está clasificada la cañería de PVC usada en el proyecto.
- 3.- Debe indicarse en el informe, cual es el motivo de porque no se usó cañería de cobre en este diseño.

  
**RICARDO REYES DÍAZ**  
RUT 3391656-6  
Ingeniero E. Mecánico

Viña del Mar: 21/07/2006



---

## **ANEXO 12: CURRÍCULUM EXPERTO COMPOSTAJE**

### **ANTECEDENTES PERSONALES.-**

**NOMBRE** : René Iván Flores Ramos

**FECHA DE NACIMIENTO** : 09 de Julio de 1958

**ESTADO CIVIL** : Casado

**C. DE IDENTIDAD** : 7.732.599 - 9

**PROFESION** : Constructor Civil, Licenciado en Ciencias de la Construcción, U. Católica de Valparaíso.

**DIRECCION** : Av. Julio Montero Nº 2051, Villa El Señorial, San Felipe

**FONO** : (09) 889 53 38

**CORREO ELECTRONICO** : reneconstructor@yahoo.es

### **ANTECEDENTES ACADEMICOS.-**

1973 - 1974 : 1º y 2º año de enseñanza media, Liceo Municipal de La Cisterna.

1975 - 1976 : 3º y 4º año de enseñanza media, Liceo de Hombres Nº 14, La Cisterna.

1977 - 1978 : Licenciatura en Física, Pontificia Universidad Católica de Chile.

1979 - 1985 : Construcción Civil, Universidad Católica de Valparaíso.

**Título** : Constructor Civil.

**Grados Académicos** : Licenciado en Ciencias de la Construcción Universidad Católica de Valparaíso.

: Egresado de Magister en Educación Ambiental, Universidad Playa Ancha de Ciencias de la Educación.

: Diplomado en Gestión en Salud Ambiental, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Santiago de Chile



---

### **OTROS ESTUDIOS**

- 1986 : *Ciclo de perfeccionamiento profesional, “Tasación Comercial de Bienes Raíces”, Universidad Católica de Valparaíso.*
- 1993 -1994 : *Programa “Magister en Educación Ambiental” Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Valparaíso.*
- 1997 : *Curso “ Evaluación de Riesgos en Salud por la Exposición a Residuos Peligrosos, MINSAL, ATSDR, OPS, Talcahuano , Chile.*
- 2000 : *Diploma Gestión en Salud Ambiental, Facultad de Medicina USACH-ISP*
- 2000 : *Curso Evaluación de Impacto Ambiental para funcionarios públicos, Universidad de Chile – Conama.*

### **ANTECEDENTES LABORALES**

- 1977 : *Oficina técnica, Empresa Constructora Luis Prieto Vial, Conjunto Habitacional Banco del Estado, Colón 9000, Santiago.*
- 1982 : *Supervisor Técnico, Empresa Constructora Marco Ltda., Edificio Marco, Padre Mariano, Providencia, Santiago*
- 1985 - 1986 : *Escuela de Ingeniería Informática, U. Católica de Valpo., Ayudante de Programación.*
- 1986 - 1987 : *Catastro Nacional de Microcentrales Hidráulicas, Cetal, Centro de Estudios en Tecnologías Apropriadas para América Latina.*
- 1987 - 1994 : *Encargado Técnico en proyectos de Vivienda y Energía, CETAL*
- 1988 : *Diseño y Construcción Microcentral Hidráulica, Quillagua, II Región.*
- 1989 - 1990 : *Supervisión Técnica y Evaluación, Programa de Autoconstrucción San Antonio, Proyecto CETAL - NOVIB.*
- 1990 : *Desarrollo Construcción en Barro, técnicas de tabiquería rellena, CETAL*
- 1991 : *Encargado Técnico 3ª Feria Latinoamericana de Energías Alternativas, CETAL.*
- 1991 - 1994 : *Encargado Técnico proyecto “Capacitación para el ahorro, manejo eficiente y masificación del uso de las energías renovables en sectores populares”, Area Energías Renovables, CETAL*



- 1991 - 1992 : Integrante del equipo de trabajo de la Agrupación de ONG's por el Uso Eficiente de la Energía, Proyecto de Capacitación en Educación, CNE.
- 1992 : Diseño e Instalación sistema de Abastecimiento de agua, Proyecto Reñihue, Parque Pumalin, Inmobiliaria 40º Sur.
- 1992 - 1993 : Coordinador del Area de Energías Renovables de CETAL., Integrante de Secretariado Coordinador e Integrante del Consejo Técnico y de Proyectos.
- 1994 1995 : Encargado Técnico del proyecto "Abastecimiento de agua en zonas rurales, mediante la utilización de energía solar", en la localidad de Quebrada de Cárcamo, Provincia del Choapa, IV Región
- 1996 : Contraparte técnica del Servicio de Salud San Felipe Los Andes, en Diagnóstico y Determinación de la Producción de Residuos Sólidos Industriales e Impacto Ambiental de su Disposición Final, V Región, Ministerio de Hacienda, Conama V Región, Cade Consultores.
- 1996 : Asesor Educación Ambiental, Proyecto " Catemu y Limpio", Ciem Aconcagua - Fondo de las Américas, Comuna de Catemu, Prov. San Felipe, V Región.
- 1998 : Asesor Educación Ambiental y Capacitación proyecto " Activación Ecológica de Microempresas y Optimización de Procesos Económicos Sustentables en el Valle del Aconcagua", CIEM- Aconcagua Fondo de las Américas, San Felipe
- 1999 : Relator Taller Eficiencia Energética en la Vivienda, Corporación Municipal de Santiago, Centro de Formación Técnica Gylania.
- 1997- 2004 : Coordinador del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental del Servicio de Salud Aconcagua.
- 1998- 2004 : Integrante del Comité Operativo de Fiscalización del SEIA, Conama V Región en representación del Servicio de Salud Aconcagua.
- 2003 : Contraparte técnica del Servicio Salud Aconcagua en proyecto "Seguimiento Residuos Industriales Peligrosos", PUC- Conama.
- 1995- 2004 : Asesor de Saneamiento Básico, Departamento Programas Sobre el Ambiente, Dirección Servicio de Salud Aconcagua.
- 2004 a la fecha : Elaboración y gestión de proyectos Ambientales y Sistemas de tratamiento de Aguas Servidas y Riles, FNP Profesionales Consultores Ltda
- 2004 a la fecha : Elaboración y gestión de proyectos Ambientales y Sistemas de tratamiento de Aguas Servidas y Riles, Asesorías Ambientales Particulares.
- 2004 a la fecha : Gerente V Región Gestión Ambiente S.A.



---

2004 a la fecha : Administrador Contrato “ Manejo, Transporte, Tratamiento y Disposición de Lodos de Aguas Servidas Esval V Región”, Gestión Ambiente S.A.

2004 a la Fecha : Jefe Proyecto “ Granja de Compostaje Quillota”, Gestión Ambiente S.A.

### **OTROS ANTECEDENTES**

1983 - 1985 : Beca “ Camilo Pérez de Arce “, Cámara Chilena de la Construcción.

1988 : Beca Servicio Universitario Mundial para Investigadores Jóvenes

### **PARTICIPACION EN EVENTOS, SEMINARIOS Y TALLERES**

1985 : 1º Encuentro Nacional de Grupos de Trabajo en Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos, expositor del “Catastro Nacional de Microcentrales Hidroeléctricas”, Valparaíso, Chile .

1986 : Seminario Internacional de Recursos Hidráulicos, Viña del Mar, Chile.

1987 : Reunión Comité Nacional de Microcentrales Hidroeléctricas, Temuco Chile.

1987 : Participación en la Tercera Semana de la Energía , U. de la Frontera Temuco Chile.

1988 : Relator, III Encuentro Latinoamericano en Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos Valparaíso, Chile.

1990 : Primer Congreso Nacional de Energía, Santiago, Chile.

1990 : Expositor, Seminario Energía y Medio Ambiente, organizado por GREENPEACE, Santiago, Chile.

1991 : Expositor, III Encuentro Latinoamericano Anti-Nuclear, noviembre, Santiago, Chile.

1991 : Expositor, Segundo Encuentro Nacional de Estudiantes de Ingeniería, U. Católica de Chile, noviembre, Santiago, Chile.

1992 : Expositor, Seminario Internacional, “Pequeña Empresa y Desarrollo Regional, La Serena, Chile. “ Tema, Energía Solar, perspectivas de utilización.

1992 : Participación en Foro Global de ONG's Río de Janeiro, Brasil.

1992 : Expositor, Seminario Internacional, “Arquitectura y Medio Ambiente” U. de la República, Montevideo, Uruguay.

1992 : Expositor, SENESE VII, Séptimo Seminario de Energía Solar y Eólica, U. de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Valparaíso, Chile.



- 
- 1993 : *Relator Escuela Latinoamericana de Tecnologías Apropriadas y Medio Ambiente.*  
Valparaíso, mayo 1993.-
- 1993 : *Relator curso “Utilización de Energía Solar a Nivel Doméstico”,* Montevideo, Uruguay.
- 1994 : *Ciclo de Conferencias, Asociación de Ex- alumnos Universidad Santa María*  
Tema: *Utilización e Impactos Ambientales de la Producción de Energía.*
- 1994 : *Relator , Taller de Construcción y Arquitectura bioclimatica”,* Universidad de La República , Salto, Uruguay.
- 1995 : *Taller de Autoayuda en las relaciones personales en el trabajo, SSSFLA.*
- 1995 : *Seminario Políticas Públicas en el Manejo de Residuos Sólidos, Mideplan.*
- 1996 : *Seminario Evaluación de Impacto Ambiental , MINSAL- CONAMA, Santiago Chile.*
- 1996 : *Taller de Formación de Equipos de trabajo, Unidad de Capacitación, Servicio de Salud San Felipe Los Andes.*
- 1997 : *Curso Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, AIDIS Chile y Water Environment Federation, XII Congreso Chileno de Ingeniería Ambiental, Copiapó, Chile.*
- 1998 : *Taller Supervisión Eficaz, Unidad de Capacitación, Servicio de Salud San Felipe Los Andes.*
- 1999 : *Taller Administración eficaz del tiempo. Servicio Salud Aconcagua.*
- 1999 : *Taller Evaluación Impacto Ambiental, Minsal – OPS*
- 2000 : *Curso Capacitación en Evaluación de Impacto Ambiental para funcionarios Públicos, Conama – U. De Chile.*
- 2000 : *Curso taller “Planificación Estratégica”, Disam, Minsal*

### **PUBLICACIONES**

- 1989 “*Catastro Nacional de Mocr centrales Hidroeléctricas en Chile*”, *Actas III Encuentro Latinoamericano en Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos.* R. Flores, J. Singer, Editor J. Espinoza, UTFSM.
- 1989 *Traducción y Adaptación Manual de Uso, “Medidor de Velocidad para la Determinación de Caudales”, SIT, CETAL.* R. Flores.
- 1989 “*Despertando un Potencial. Revalorización del Potencial Micro-hidráulico del Valle del Río Aconcagua*”, *Serie Alternativas Tecnológicas, SIT, CETAL.* R. Flores.
- 1992 “*Energía Solar, Perspectivas de Utilización*”, *Actas Seminario Internacional Pequeña Empresa y Desarrollo Regional, Editor SUR Profesionales, L. Parra, R. Flores*
- 1993 “*Energía y Medio Ambiente. Estrategia para un Desarrollo Sustentable*”, *Serie Alternativas Tecnológicas, SIT CETAL, L. Parra, R. Flores.*



## **ANEXO 13: CURRICULUM EXPERTO SISTEMA DE AIREADO**

**Nombre:** Ricardo Prudencio Reyes Diaz

**Fecha de Nacimiento:** 02 de Noviembre de 1936

**RUT:** 3.391.656 – 6

**Dirección:** 14 Norte 1165 casa 15, Viña del Mar, Chile

**Teléfonos:** (32) 472819 –(09)0000227

**EMAIL:** ricardoreyes@vtr.net

### **TÍTULO PROFESIONAL**

**Ingeniero de Ejecución Mecánico, Universidad Técnica del Estado.**

### **EXPERIENCIA**

#### **(1962) Empresa Carbonífera de Lota**

**Cargo: Jefe de turno, Area de Mantenimiento Electro – Mecánico en el interior de la mina.**

En este cargo, se disponía de personal eléctrico y mecánico, para ejecutar la mantención de todos los equipos eléctricos y mecánicos del interior de la mina, incluyendo la lubricación, mantención de las bombas de agua, instalación de piping en general, además del control de todas las protecciones eléctricas de los equipos de transporte de carbón.

#### **(1965) Compañía Chilena de Electricidad (CHILGENER), Central Termoeléctrica Ventanas – Quinta Región.**

**Cargo: Sub – Jefe del Area de Mantención Mecánica.**

En este cargo se disponía de personal mecánico, soldadores torneros, gásfister y albañiles en refractarios de aislación y mampostería, para efectuar las labores de mantención de los equipos mecánicos para la generación de la energía eléctrica en una Central Térmica.

En estas labores estaban incluidos todos los trabajos de soldaduras en plancha y cañerías de aleación, efectuados de acuerdo a las normas internacionales AWS y la reparación de los tubos de presión de las calderas de generación de vapor de acuerdo al Código ASME, además, se era responsable de la Maestranza y de la supervisión directa de los trabajos efectuados con empresas contratistas externas.

#### **(1970 – 1989) Compañía Chilena de Electricidad (CHILGENER), Central Termoeléctrica Ventanas – Quinta Región.**

**Cargo: Jefe del Área de mantención Mecánica de la Central.**

labor que incluía entre otras cosas, efectuar programas de mantención preventiva y predictiva, con monitoreo de análisis de vibraciones, ensayos no destructivos con partículas magnéticas. También efectuaba trabajos de modificaciones para mejorar el rendimiento de las centrales, efectuar entrenamiento al personal mecánico, efectuar solicitudes de repuestos de importación, efectuar ingreso codificado de materiales y repuestos al almacén de las centrales.



**(1990) Compañía Chilena de Electricidad (CHILGENER), Central Termoeléctrica Ventanas – Quinta Región.**

**Cargo: Planificador de Mantenimiento.**

La labor desempeñada en este cargo, consistía en efectuar programas de mantenimiento de los equipos en periodos que no afectaban la disponibilidad de las centrales para la generación de la energía eléctrica, además, se era responsable de trabajos de mantenimiento especial de los equipos mecánicos de las otras centrales termoeléctricas de la empresa ubicadas en: Laguna Verde, al sur de Valparaíso y Central Renca, ubicada en Santiago.

**(1992 – 1993) Compañía Chilena de Electricidad (CHILGENER).**

**Cargo: Asesor de Mantenimiento Mecánico.**

Siendo enviado en este periodo por la empresa, junto a otros diez ingenieros, a la ciudad de Buenos Aires, República Argentina, a trabajar por un período de dos años, en las centrales térmicas con combustible de gas natural, que se adjudicó la empresa por licitación internacional, adquiriendo experiencia en instalaciones de gas.

**(1994) Compañía Chilena de Electricidad (CHILGENER).**

Cargo: Inspector Técnico de la Gerencia de Ingeniería y Obras de Chilgener.

De regreso a Chile desde Buenos Aires, es trasladado a la Gerencia de Ingeniería y Obras de la empresa, participando directamente como Inspector Técnico de Obra en todo el montaje de las nuevas centrales termoeléctricas construidas en Constitución y Laja en la octava región y que pertenecen a la Gerencia de Energía Verde de Chilgener.

Estas centrales tienen como característica principal, que usan aserrín como combustible, para alimentar las calderas de vapor.

**(1995) Termoeléctrica Guacolda.**

Cargo: Ingeniero Asesor de Mantenimiento.

En Mayo de 1995, es trasladado a la central Termoeléctrica Guacolda, ubicada en la tercera región del país (Huasco), que tiene dos unidades de generación eléctrica de 150 Mw cada una.

La labor principal desempeñada en este puesto, era asesorar al personal de mantenimiento en los equipos mecánicos de estas unidades, además de efectuar algunos trabajos de modificación de los equipos instalados y que presentaban problemas de operación.

**(1998) Dueño de una Distribuidora de Gas Licuado en la ciudad de Colina**

Esta distribuidora operaba con seis vehículos, para el reparto de gas licuado y posteriormente fue vendida a la empresa LIPIGAS S.A. por una buena oferta económica que hizo esta empresa al suscrito.

**(1999) Escuela Naval Arturo Prat de Valparaíso.**

**Cargo: Profesor Civil en la asignatura de Automatización y Refrigeración a contar del segundo semestre del año hasta la actualidad.**



**(2000 hasta 2002) Escuela Naval Arturo Prat.**

**Cargo: Profesor Civil titular en la en las asignaturas de Fundamentos de Ingeniería Metalurgia y Resistencia de Materiales.**

**(2000 hasta 2003) Escuela Naval Arturo Prat.**

**Cargo: Profesor Civil titular en la asignatura de Mecánica de Fluidos.**

## **OTROS**

- Ingeniero autorizado por la **Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC)**, desempeña la labor de Ingeniero instalador de gas licuado y gas natural asesorando a las empresas de instalaciones de gas **JR LTDA, BERTINO FUENZALIDA LTDA** y **NORMAGAS INGENIEROS LTDA**, ubicadas en la Quinta Región.
- Actualmente se desempeña como **Ingeniero Perito Judicial**, designado por la excelentísima Corte de Apelaciones de Valparaíso.

## **CURSOS Y SEMINARIOS EFECTUADOS**

- Metalurgia física – Universidad de Chile
- Soldaduras – Universidad Católica de Valparaíso
- Análisis de Vibraciones
- Control de Pérdidas – IST
- Diplomado en Evaluación de Proyectos – U. de Atacama
- Ensayos no Destructivos de Materiales
- Cursos de Lubricación – ESSO
- Cursos de Lubricación – COPEC
- Curso de Mantenimiento Motores Diesel – Caterpillar
- Curso de Computación Word, Excel
- Curso de Multimedia Tool Book 3.0 CBT Edition