

VCH-FC
G. Ambiental
T172
c.1



FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

**“PLAN DE CONTROL Y MANEJO DE COMPOST CON RESIDUOS
VITIVINÍCOLAS EN VIÑA UNDURRAGA”**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título:

Químico Ambiental

Marcela Carolina Tapia Ortiz

Director de Seminario de Título: Sr. Roberto Pinto
Profesor Patrocinante: M. Cs. Sylvia Copaja Castillo

Septiembre de 2011
Santiago – Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el candidato:

MARCELA CAROLINA TAPIA ORTIZ

“PLAN DE CONTROL Y MANEJO DE COMPOST CON RESIDUOS
VITIVINÍCOLAS EN VIÑA UNDURRAGA”

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental

COMISIÓN DE EVALUACIÓN

Sr. Roberto Pinto
Director Seminario de Título

pp. Copaja

M. Cs. Sylvia Copaja Castillo
Profesor Patrocinante

Copaja

Dr. Antonio Galdámez Silva
Corrector

A. Silva

M. Cs. Ximena Molina Paredes
Corrector

X. Molina



Santiago de Chile, septiembre de 2011

BIOGRAFÍA



Marcela Tapia nació un primaveral día 17 de octubre de 1986, desde muy pequeña demostró preocupación y un gran cariño por los animales y la naturaleza, cuando más grande no tenía muy claro que estudiar, le llamaba la atención la meteorología, por otro lado le gustaba veterinaria pero la medicina no le llamaba mucho la atención y sólo unos días antes de postular se decidió por Química Ambiental en la Universidad de Chile. Entrar a estudiar esta carrera era un desafío, pero nunca pensó que le llegaría a interesar tanto. No fue un camino fácil, muchas horas de estudio y sacrificio que la formaron como una persona capacitada para enfrentar conflictos ambientales, no solo desde la perspectiva científica sino también ética.

Sus años en la universidad no solo le entregaron conocimientos sino que también un pequeño pero muy consolidado de amigos.

Ya el penúltimo año Marcela se vio más interesada por ciertas ramas, como remediación y restauración de ecosistemas terrestres y la gestión ambiental. Realizó su primer trabajo de investigación en el laboratorio de Química Ambiental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas sobre contaminación de metales pesados en suelos de la Región Metropolitana, probando un nuevo método de extracción secuencial.

A la hora de buscar un seminario de título no dudo con salir de la Universidad e ir a empresas e industrias para encontrar un trabajo que le entregara no sólo conocimientos sino experiencia laboral. La búsqueda fue compleja, y luego de varios meses, encontró en Viña Undurraga un lugar para poder realizar su seminario de título, pero necesitaba la ayuda de un laboratorio para realizar los análisis, ahí es donde se acercó a su Jefa de Carrera, Sylvia Copaja, quien muy amablemente y sin dudarlo la ayudó y le facilitó todas sus dependencias para que pudiera realizar su trabajo de la mejor forma.

Luego de un año de haber egresado Marcela se titula de Químico Ambiental, preparada para enfrentar el mundo laboral y los desafíos que vendrán.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar doy gracias a la Facultad de Ciencias por entregarme los conocimientos necesarios para poder titularme en esta carrera. En cuanto a la realización de mi seminario de título, agradezco a Roberto, Jefe técnico depto. viticultura productores de Viña Undurraga, por darme la oportunidad de ayudarlos a mejorar su sistema de compostaje, que no hubiera sido posible gracias a la ayuda de mi profesora Patrocinante y Jefa de Carrera, Sylvia Copaja, que amablemente y sin dudar me facilitó las dependencias de su laboratorio, incluyendo reactivos y materiales.

Agradezco a mis profesores correctores, Antonio Galdámez, Ximena Molina y Sylvia Copaja, que me dieron sugerencias e indicaciones para poder tener un mejor trabajo.

También me gustaría darle las gracias a mis amigas de carrera, Ale, Stefy, Teté, Tamara y Dalila, aunque nos dejamos de ver tan seguido siempre me apoyaron y dieron fuerzas para seguir y no atrasarme, en especial a Alejandra que desde la distancia siempre estuvimos muy comunicadas y ayudándonos en lo que pudiéramos. Mis amigas de toda la vida, Valeria y Michelle, siempre me apoyaron e insistieron en que trabajara mucho y sacara adelante este proyecto lo antes posible

Otra persona que es muy importante en mi vida y un gran apoyo en la realización de este trabajo es Matías, al cual le agradezco por estar siempre a mi lado. Por último y no menos importante, a mi Familia, a mis padres Vicky y Jaime que me dieron la posibilidad de estudiar lo que yo quería y nunca se negaron a darme lo que necesité, a mi hermano Rodrigo, que aunque seamos muy distintos siempre está en mi corazón y sé que encontrará la forma de ejercer responsablemente con el medio ambiente.



El primer paso para la solución de los problemas es el optimismo. Basta creer que se puede hacer algo para tener ya medio camino hecho y la victoria muy cercana.

John Baines

Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para entrar en el bello y maravilloso mundo del saber.

Abert Einstein

ÍNDICE DE CONTENIDOS



I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes generales del compost	4
1.1.1 Control del proceso	4
1.2 Organismos asociados al proceso	5
1.3 Métodos de Compostaje	9
1.3.1 Pilas pasivas	9
1.3.2 Pilas de volteo	10
1.3.3 Pilas aireación pasiva	10
1.3.4 Pilas aireación forzada	11
1.3.5 Biodigestores	11
1.4 Proceso de compostaje	12
1.4.1 Parámetros de seguimiento	12
1.4.2 Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato	17
1.5 Calidad y madurez del compost	20
1.6 Problemas asociados al compostaje	23
1.6.1 Contaminación atmosférica	23
1.6.2 Contaminación de suelos	26

1.6.3	Contaminación de aguas	26
1.7	Beneficios del compostaje	26
1.7.1	Efectos físicos	28
1.7.2	Efectos químicos	29
1.7.2	Efectos biológicos	31
1.8	Problemática	32
1.9	Antecedentes generales de la empresa	33
1.10	Hipótesis	34
1.11	Objetivos	35
1.11.1	Objetivo General	35
1.11.2	Objetivos específicos	35
II.	MATERIALES Y MÉTODOS	37
2.1	Materiales y métodos en laboratorio	40
2.1.1	Determinación de pH	41
2.1.2	Determinación de conductividad eléctrica	44
2.1.3	Determinación de sólidos totales y humedad	47
2.1.4	Determinación densidad aparente y real	50
2.1.5	Determinación de materia orgánica	53
2.1.5	Determinación de Nitrógeno	56

2.1.6 Determinación de Índice de Germinación	60
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
3.1 Monitoreo	66
3.1.1 Diagnóstico	66
4.1.2 Temperatura	70
4.1.3 pH y conductividad eléctrica	73
4.1.4 Humedad	76
4.1.5 Densidad Aparente	79
4.1.6 Materia orgánica	82
4.1.7 Prueba de germinación	85
4.1.8 Razón Carbono/Nitrógeno	89
4.1.9 Test de madurez	90
3.2 Plan de Control y Manejo	92
3.2.1 Planta de Compostaje	92
3.2.2 Requerimientos operacionales	103
3.2.3 Plan de Manejo	107
Recepción de materias primas	107
Armado de pilas	111
Riego y volteo de pilas	111

Monitoreo _____	114
Limpieza de pilas _____	122
Determinación de la madurez _____	122
Estabilización _____	128
Tamizado _____	129
Aplicación a los suelos _____	129
En caso de abandono o cierre _____	130
Seguridad Ocupacional _____	130
3.2.4 Recomendaciones _____	133
Té de compost _____	133
Vermicompostaje _____	138
IV. DISCUSIÓN GENERAL _____	140
V. CONCLUSIONES _____	145
VI. REFERENCIAS _____	147
ANEXO _____	151

ÍNDICE DE TABLAS



Tabla 1. Características compost buena calidad _____	22
Tabla 2. Parámetros más importantes para el manejo compost _____	39
Tabla 3. Determinaciones realizadas en laboratorio _____	40
Tabla 4. Determinación fitotoxicidad de compost _____	64
Tabla 6. Pilas de compost estudiadas _____	68
Tabla 7. Clasificación compost según NCh-2880 _____	68
Tabla 8. Parámetros a analizar _____	69
Tabla 9. Resultados de razón C/N _____	89
Tabla 10. Resultados test de madurez _____	90
Tabla 11. Registros asociados al Plan de control y manejo _____	102
Tabla 12. Características de materias primas para compost _____	107
Tabla 13. Determinación en terreno (<i>in-situ</i>) de humedad _____	115
Tabla 14. Determinación toxicidad según porcentaje de germinación _____	127
Tabla 15. Temperaturas (°C) de pilas de compost 1 _____	153
Tabla 16. Temperaturas (°C) de pilas de compost 2 _____	154
Tabla 17. Temperaturas (°C) de pilas de compost 3 _____	155
Tabla 18. Valores de pH en muestras de compost _____	156

Tabla 19. Resultados de Conductividad Eléctrica (mS/cm) en muestras compost	156
Tabla 20. Porcentaje de humedad (%) en muestras estudiadas	157
Tabla 21. Densidad aparente y real (Kg/m ³)	158
Tabla 22. Porcentaje de materia orgánica (%) en muestra estudiadas	159
Tabla 23. Prueba de germinación a compost en etapa avanzada	159
Tabla 24. Resultados de carbono, nitrógeno y razón C/N	160
Tabla 25. Resultados en test de madurez	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Posibilidades de aplicación compost _____	3
Figura 2. Organismos en el compost _____	5
Figura 3. Fotografía actinomicetos en racimo _____	7
Figura 4. Reacciones asociadas al proceso de compostaje _____	8
Figura 5. Clasificación métodos compostaje _____	9
Figura 6. Proceso general de compostaje _____	22
Figura 7. Factores que influyen en la estructura del suelo _____	28
Figura 8. Fotografía sistema compostaje septiembre 2010 _____	33
Figura 9. Imagen satelital ubicación Fundo Santa Ana _____	34
Figura 10. Fotografía primer plano pila compost, octubre 2010 _____	36
Figura 11. Fotografía compost toma muestra _____	38
Figura 12. Método para medir pH _____	43
Figura 13. Método medición conductividad eléctrica _____	46
Figura 14. Método para determinar humedad y sólidos totales _____	49
Figura 15. Método para determinar densidad aparente y densidad real _____	52
Figura 16. Método para determinar materia orgánica _____	55
Figura 17. Determinación de nitrógeno _____	59

Figura 18. Distribución de semillas _____	62
Figura 19. Método para determinar Índice de germinación _____	65
Figura 20. Gráfico temperatura compost _____	71
Figura 21. Gráfico conductividad eléctrica _____	73
Figura 22. Gráfico pH compost _____	74
Figura 23. Grafico humedad compost _____	76
Figura 24. Gráfico densidad aparente _____	79
Figura 25. Gráfico materia orgánica _____	82
Figura 26. Fotografía pila compost, septiembre 2010 _____	84
Figura 27. Fotografía pila compost, septiembre 2010 _____	84
Figura 28. Gráfico Pruebas de germinación _____	85
Figura 29. Fotografía resultado prueba germinación 7 octubre 2010 _____	87
Figura 29. Fotografía prueba de germinación 7 octubre 2010 _____	87
Figura 30. Fotografía resultado prueba de germinación noviembre 2010 _____	88
Figura 31. Fotografía resultado prueba de germinación diciembre 2010 _____	88
Figura 32. Fotografía compost inmaduro, septiembre 2010 _____	91
Figura 33. Fotografía compost maduro, diciembre 2010 _____	91
Figura 34. Plano general planta compostaje _____	93
Figura 35. Distribución materias primas _____	94

Figura 36. Separación pilas de compost _____	96
Figura 37. Medidas de pilas compost _____	97
Figura 38. Fotografía pilas compost _____	98
Figura 37b. Fotografía pilas compost) _____	98
Figura 38. Zona de estabilización _____	99
Figura 39. Fotografía zona de estabilización _____	100
Figura 39. Fotografía lixiviados en canchas compost _____	101
Figura 40. Máquina volteadora de compost _____	103
Figura 41. Metodología de volteo _____	104
Figura 42. Retroexcavadora para volteos _____	105
Figura 43. Proceso general de compostaje _____	113
Figura 44. Variación de la razón C/N a lo largo del proceso de compostaje _____	121
Figura 45. Distribución de semillas en bandeja _____	126
Figura 46. Criterios útiles para determinar madurez compost _____	128
Figura 47. Procedimiento para producción de compost _____	132
Figura 48. Producción té de compost _____	135
Figura 49. Reactores para producción té de compost _____	137

GLOSARIO

Borra: Parte orgánica del vino que decanta por precipitación. Corresponde a un sedimento espeso que se obtiene de las etapas de descube, desborre, estabilización y filtración.

Celulosa: Es un polisacárido compuesto por unidades de glucosa. Es la molécula orgánica más abundante ya que es el componente principal de las paredes celulares vegetales.

Compost: Producto de una degradación aeróbica de la materia orgánica, características muy similares al humus del suelo. Sus características químicas, físicas y biológicas permiten mejorar la calidad y fertilidad de los suelos.

Compostaje: Se refiere a la técnica utilizada para elaborar compost. Es un procedimiento controlado basado en la oxidación bioquímica de los residuos sólidos orgánicos.

Enmienda orgánica: Se refiere a cualquier sustancia orgánica capaz de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Escobajo: Corresponde a los restos de racimo luego de quitarle todas las uvas. Es de estructura leñosa, está constituido por los tallos y pecíolos, posee altas cantidades de carbono orgánico.

Lignina: Es un polímero complejo, sin estructura definida, se encuentra en la pared celular de los vegetales.

Orujo: Conjunto de hollejos y semillas de uva exprimidas. Es una masa muy húmeda, posee algunas sustancias como aldehídos, ésteres y alcoholes, tiene un pH ácido.

Radícula: Corresponde a la raíz de la planta.

ABREVIATURAS

CE: Conductividad Eléctrica

FAS: Free Space Aire

IG: Índice de Germinación

MO: Materia Orgánica

PGR: Porcentaje de Germinación Relativa

ST: Sólidos Totales

RESUMEN

El aumento de residuos, tanto sólidos como líquidos, es parte de nuestro desarrollo como sociedad, y el control y adecuado tratamiento también debe serlo. Las características de los residuos sólidos orgánicos permiten reutilizarlos y darles un valor, obteniendo un producto capaz de ser utilizado como enmienda orgánica para los suelos, mejorando sus características físicas, químicas y biológicas. Este producto conocido como compost se produce a partir de una descomposición aeróbica controlada de la materia orgánica, este proceso es de bajo costo y debe ser adecuadamente controlado.

En este Seminario de Título se realizó un diagnóstico y posterior monitoreo de las pilas de compost de residuos vitivinícolas seguido de un Plan de Control y Manejo para la Viña Undurraga, que permitirá vigilar todas las actividades asociadas a la producción de compost.

Los primeros análisis de laboratorio fueron en dos pilas, Guano I y Guano II que contenían orujo/escobajo y un 25% de guano, posteriormente se recomendó utilizar el lodo proveniente de la planta de tratamiento de RILES, formándose dos nuevas pilas, Lodo I y Lodo II, teniendo un 50% y un 20% de lodo respectivamente.

El monitoreo entregó información sobre la calidad de las pilas de compost Guano I y Guano II, determinando su estado de madurez y alta calidad (Clase A según NCh 2880). La pila Lodo I fue desarmada debido a que no se observó un avance favorable y Lodo II no llegó a término porque por error fue destruida, por lo que se utilizó una fórmula matemática que considera las cantidades de carbono orgánico y nitrógeno total

para determinar la proporción de lodo con orujo/escobajo, obteniendo un 8% de lodo, por lo que este valor se utilizará este año 2011 para hacer las nuevas pilas.

Los análisis se realizaron cada 15 días, con el fin de llevar un control del proceso, no se observó una relación directa entre ellos. Para poder determinar si existe una relación, por ejemplo, entre los aumentos de temperatura y humedad, las mediciones deben ser efectuadas en un intervalo de tiempo menor al realizado en este trabajo.

En cuanto al Plan de Control y Manejo entregado a la empresa, se incluyeron todas las actividades desde el ingreso de los residuos hasta la aplicación a los suelos, así como todos los registros asociados a cada una de las actividades. Se incluyen Test de fácil realización y bajo costo para determinar la madurez del producto de forma certera.

ABSTRACT

The increase of waste is part of our development, and monitoring and appropriate treatment should be too. The characteristics of organic solid waste reuse and allow them a value, getting a product that can be used as fertilizer for soil, improving their characteristics physical, chemical and biological. This product is produced from a controlled aerobic decomposition of organic matter, this process is cheap and must be controlled.

This work was diagnosed and monitored the compost piles with wine waste which permitted make a Control and Management Plan for Viña Undurraga, that will monitor all activities associated with the production of compost.

At first considered two compost piles: Guano I and Guano II, that containing stalk/seeds and 25% of guano, the we make a compost pile with biosolid from the treatment plant liquid waste. We made two compost piles, one with 50% biosolid (Lodo I) and other with 20% biosolid (Lodo II).

The monitoring provides information on the quality of the compost piles Guano I y Guano II, properly determined maturity and high quality (type A, NCh2880). The compost pile Lodo I was destroyed because there is no positive progress. The compost pile Lodo II was destroyed by mistake and could not make the analysis, so we used a formula that considers the amount of organic carbon and total nitrogen to determine the proportion of biosolid, and obtained a rate of 8% mixture of biosolids.

Because the parameters were measured every 15 days, there was no direct relationship between them.

In the Control and Management Plan includes the income of the waste until the application to soils. This includes all records associated with each activity and easy and cheap test to determine the maturity of compost.

I. INTRODUCCIÓN



El crecimiento demográfico y aumento de actividades económicas lleva consigo la producción de todo tipo de desechos, por lo que es preocupante su acumulación y eliminación.

Según información entregada por la Comisión Nacional de Medioambiente (CONAMA) en el año 2000 cada ciudadano generaba 329 Kg de basura al año, el 2009 esa cifra aumento a 384 Kg, lo que significa un aumento 20% en el volumen de residuos sólidos.

Un mal manejo de los residuos trae asociado una alteración del medioambiente y una inestabilidad en el ecosistema afectado, un mecanismo para evitar una contaminación es la reutilización de los residuos sólidos, especialmente en actividades que producen residuos orgánicos, que en su mayoría van a rellenos sanitarios o plantas de tratamiento, sin aprovechar las características que tienen, algunos residuos orgánicos pueden ser tratados y estabilizados mediante un sistema de compostaje, definido como un proceso aeróbico-biológico que bajo ciertas condiciones de temperatura, humedad y aireación permite la descomposición de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos propios del residuo utilizado, obteniéndose un producto rico en nutrientes, libre de patógenos y homogéneo (Laos, 2000) llamado compost. El compostaje es de bajo costo pero necesita una inversión inicial, es un método sencillo,

que debe ser regulado y controlado para asegurar la obtención de un producto de calidad óptima capaz de mejorar las características físicas y químicas de los suelos, como también recuperar suelos infértiles (O’Ryan). En la figura 1 se plantean los principales usos que puede tener el compost. Debido al destino que se le da al compost es necesario limitar y restringir las materias primas a utilizar, ya que residuos con altas concentraciones de metales pesados no pueden ser utilizados para compost ya que afectaría negativamente la calidad de los suelos y su vegetación.

Un mal manejo de los residuos orgánicos durante el compostaje produce efectos negativos, debido que aumento de vectores portadores de enfermedades, lo que produce una contaminación de suelos, agua y aire (INTEC, 1999).

Calidad del compost: Es un concepto bastante relativo, donde se toman en cuenta múltiples aspectos, como el tipo de mercado al que vaya destinado y el suelo en donde será aplicado. La calidad del compost viene determinada por la suma de distintas propiedades y características, donde los criterios más relevantes son el destino del producto, protección del medio ambiente y los requerimientos del mercado (Soliva y col., 2004). En nuestro país, desde el año 2004 existe una norma que establece la calidad del compost (NCh 2880 of.2004), clasificándolo como clase A o clase B, siendo el primero de una mejor calidad, pudiendo ser utilizado como sustrato en macetas.

De forma sencilla se puede describir que un producto de calidad debe tener características como: olor no desagradable, textura homogénea, libre de impurezas, al menos un 25% de materia orgánica y la temperatura, densidad, pH y C.E se deben relativamente mantener constantes en el tiempo.

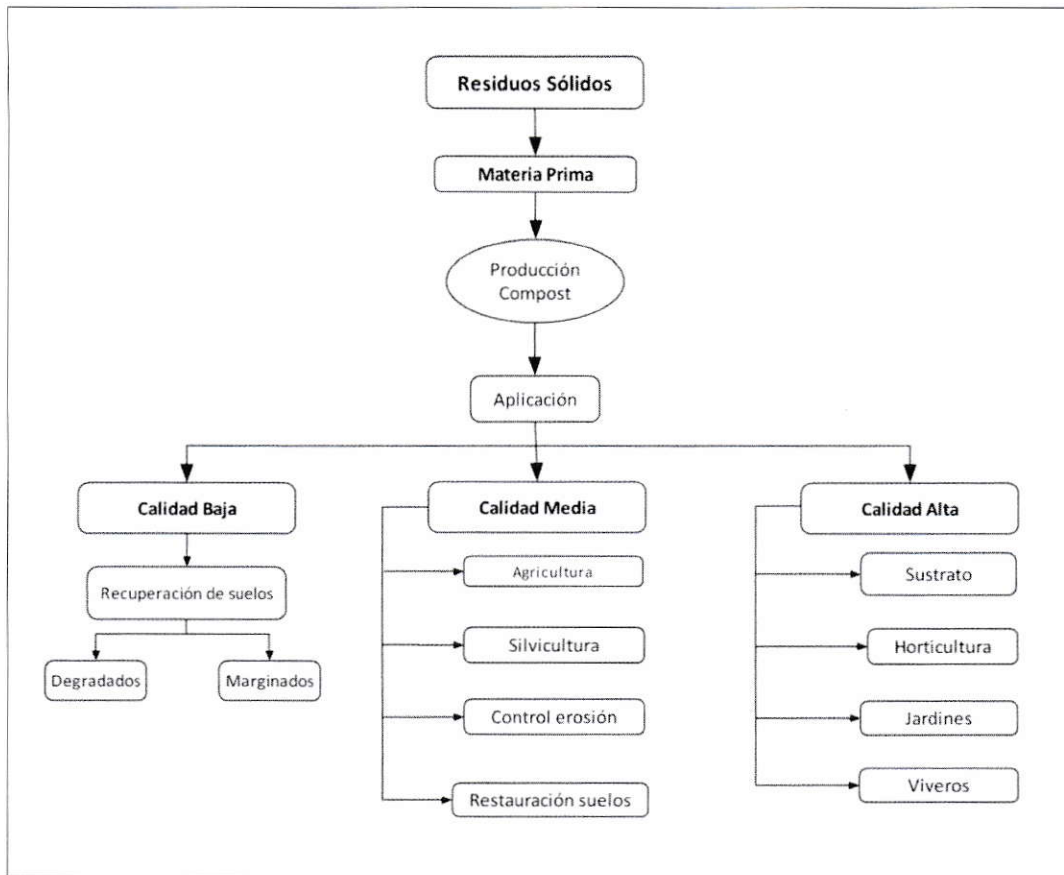


Figura 1. **Posibilidades de aplicación compost** (Adaptación Soliva y col, 2004)

Los beneficios del compostaje son varios, por un lado es un mecanismo efectivo de tratamiento de residuos sólidos, además de la obtención de un producto capaz de mejorar la calidad del suelo. El uso de compost mejora las características físicas del suelo, disminuyendo su compactación debido al aumento de la porosidad, las propiedades químicas también se ven beneficiadas ya que mejora la capacidad de intercambio iónico, regula el pH y aporta nutrientes.

1.1 Antecedentes generales del compost

Los residuos orgánicos se pueden aprovechar como recurso debido a sus características químicas y biodegradables, dentro de este grupo están los restos de animales, excretas, restos de vegetales, aguas servidas, algunos efluentes de la industria alimentaria, residuos forestales y domiciliarios, entre otros.

Una forma rentable de tratar estos residuos es mediante la degradación biológica aeróbica, conocida como compostaje, utilizado por agricultores desde el siglo I D.C (Holgado y col., 1988). Este sistema permite obtener un producto estable y sanitizado, que no tendrá variaciones en cuanto a sus características fisicoquímicas y está libre de agentes patógenos.

1.1.1 Control del proceso

Los desechos orgánicos se deben mezclar proporcionadamente manteniendo un equilibrio entre el carbono orgánico y el nitrógeno total para así asegurar la adecuada reproducción y funcionamiento de los microorganismos (Brinton, 2000), según varios estudios es adecuado mantener una proporción C/N de 30:1. Otro de los parámetros que debe estar controlado es la humedad, ésta debe estar entre un 40%- 60%, un exceso tapanía los poros del compost con agua y no permitiría una adecuada aireación, lo que llevaría a que se produjeran mayoritariamente reacciones del tipo anaeróbica, haciendo más lenta la descomposición junto a la emanación de malos olores (Starbuck, 2001). La temperatura es otro indicador importante, para evitar cualquier agente patógeno y la posterior germinación de malezas, se debe lograr llegar a una

temperatura sobre los 55°C por al menos 3 días (NCh 2880 of.2004 “Compost-Clasificación y Requisitos”).

1.2 Organismos asociados al proceso

En el proceso de compostaje existen una serie de organismos (ver figura 2) que actúan de acuerdo a las condiciones de temperatura, humedad, oxígeno y pH (O’Ryan, 2007).

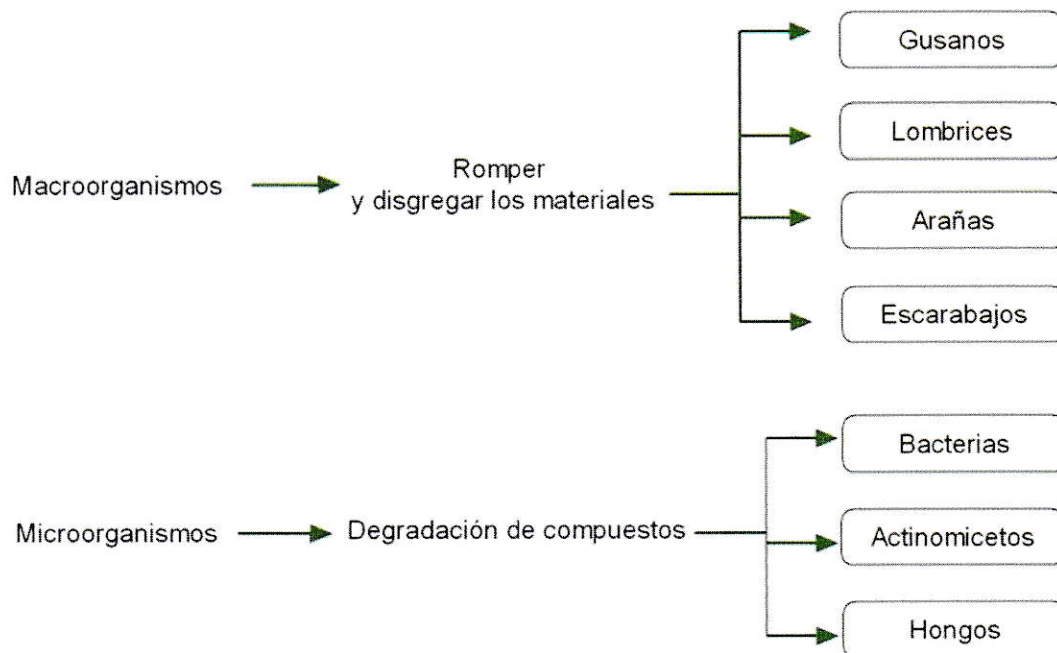
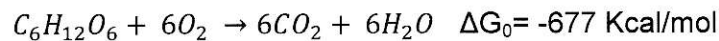


Figura 2. Organismos en el compost

Existe una gran cantidad de microorganismos que influyen en el proceso de compostaje, algunos de forma positiva y otros de forma negativa, los primeros corresponden a organismos que transforman la materia orgánica, los degradadores de compuestos contaminantes y los que atacan a patógenos. Los microorganismos que pueden afectar negativamente el proceso son los que generan olores desagradables y organismos patógenos.

Los microorganismos utilizan los sustratos orgánicos como fuente de energía a través de distintas rutas metabólicas que terminan en el ciclo de Krebs, donde parte de la energía liberada es en forma de calor, esto ocurre sólo cuando el sustrato es sólido.



Los principales microorganismos que participan en el proceso de compostaje son (Trautmann y col., 2000):

- **Bacterias:** Organismos unicelulares, que presentan una distribución irregular y son el grupo mayoritario, alrededor de un 80% (Trautmann y Olynciw, 2000). Están presentes en la primera fase de descomposición, produciendo el aumento de la temperatura, siendo en su mayoría las bacterias mesófitas y luego sobre los 40°C predominan las bacterias termófilas. Estas últimas son capaces de degradar y mineralizar las sustancias orgánicas, pero son poco eficientes frente a sustancias húmicas. Entre los géneros más frecuentes están *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Cellulomas*, *Streptococcus* y *Agrobacterium*.
- **Actinomicetos:** Organismos heterótrofos y aeróbicos. Se consideran como bacterias filamentosas, que pueden ser apreciados durante el proceso, debido

que son de color blanco y de textura suave. Componen entre el 10 y 30% del número total de bacterias en el suelo. Estos microorganismos están presentes en los primeros 10 a 25 centímetros de profundidad en la pila de compost (Trautmann y Olynciw, 2000) y degradan los compuestos orgánicos complejos y las sustancias húmicas. Los géneros más comunes son *Notocardia* y *Streptomyces*.

- **Protozoos:** Organismos heterótrofos y aeróbicos. Necesitan cantidades altas de oxígeno y humedad. Tienen la capacidad de degradar sustancias como la lignina y son consumidores de bacterias, hongos y actinomicetos. No resisten pH ácidos y se encuentran mayoritariamente en el horizonte superficial del suelo o en los primeros 15 cm.
- **Hongos:** Organismos heterótrofos y aeróbicos. Están presentes en los horizontes superficiales ricos en materia orgánica. Este grupo ataca el material más resistente como la celulosa y la lignina, especialmente en la etapa de maduración.



Figura 3. **Fotografía actinomicetos en racimo**

En el proceso de compostaje van relacionado muchos factores y elementos que permiten obtener un producto capaz de mejorar la fertilidad de los suelos, en la figura 4 se muestran las principales reacciones asociadas a este proceso.

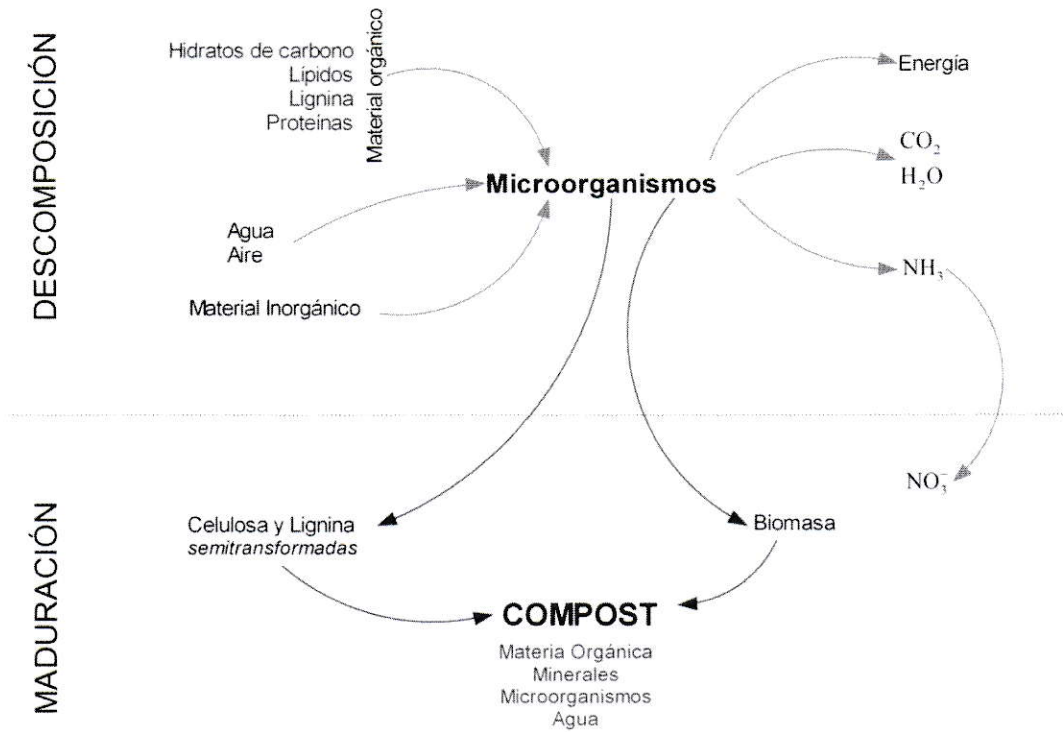


Figura 4. Reacciones asociadas al proceso de compostaje (Adaptación Moreno y col., 2007)

1.3 Métodos de Compostaje

Existen distintas formas de tratar y estabilizar los residuos mediante la degradación biológica, algunas técnicas son más económicas y sencillas, y otras más costosas y eficientes. De manera general se puede realizar una clasificación según su funcionamiento y la superficie que utilizan (ver figura 5).



Figura 5. Clasificación métodos compostaje

1.3.1 Pilas pasivas

Las pilas pasivas corresponden a un sistema de compostaje del tipo estático-extensivo según la clasificación anteriormente descrita. Consiste en formar hileras o montones con los residuos orgánicos sin una forma determinada, no se realiza ningún tipo de control para regular aireación y humedad, los materiales se descomponen en forma lenta y dispareja, la aireación ocurre de manera natural, sin intervención humana. En este tipo de pilas generalmente se producen problemas durante el proceso, se eliminan gases mal olientes y lixiviados, el producto no es de calidad, no se garantiza la correcta

higienización del compost. Es de muy bajo costo y largo tiempo (más de 10 meses), no necesita ningún conocimiento técnico (INTEC, 1999; Haug,1993).

1.3.2 Pilas de volteo

Las pilas de volteo es un sistema de compostaje de carácter dinámico-extensivo. Se forman hileras de forma triangular o trapezoidal con un ancho entre los 2 y 4 metros y una altura entre 1 y 2 metros, la longitud de la pila o hilera es determinada por la extensión del terreno. Es un proceso controlado, donde se realizan periódicamente volteos para permitir la aireación, estos se realizan con maquinaria adecuada, y van disminuyendo a lo largo del proceso. Con este sistema se evita la compactación, se permite el intercambio gaseoso y la homogenización del material. Los costos son bajos, se requiere una inversión inicial para adquirir la maquinaria adecuada y es necesario al menos un técnico a cargo del control y manejo (Moreno y col., 2007; Haug,1993).

1.3.3 Pilas aireación pasiva

Las pilas de compost del tipo aireación pasiva corresponden a un sistema estático-extensivo. Se forman hileras de residuos orgánicos a lo largo del terreno con las mismas alturas recomendadas para las pilas de volteo, previamente bajo las pilas se arma una red de tuberías perforadas que permitirán la entrada de aire. Estas pilas no necesitan volteo y la aireación es más lenta pero constante. Es necesario colocar una cubierta sobre la pila de compost que puede ser turba, paja, etc. (Sztern, 1999; O’Ryan, 2007; Haug,1993).

1.3.4 Pilas aireación forzada

Este tipo de pilas de compost son del tipo estático-extensivo. Al igual que las pilas anteriormente descritas se forman hileras con el material, estas se colocan sobre un sistema de tuberías conectadas a una bomba que suministra aire. Debido a que continuamente se abastece con el aire necesario para una adecuada descomposición, el proceso es más eficiente y requiere menor tiempo para su madurez y el tiempo de estabilización se mantiene, unas 4 semanas aproximadamente sin aireación. Es un sistema más costoso debido a que se debe adquirir mayor equipamiento para realizar el sistema de tuberías (compresor de aire, red de tuberías, válvulas, entre otros) (O’Ryan, 2007).

1.3.5 Biodigestores

Los biodigestores corresponden a un sistema estático-intensivo. El residuo utilizado se dispone dentro de un contenedor cerrado, el cual tiene inyectores de agua y aire que mantienen las condiciones óptimas para hacer eficiente el proceso. Es un sistema aeróbico acelerado, evita la producción de malos olores y los lixiviados son reutilizados inmediatamente. El costo de implementar un reactor biológico es muy alto y se debe tener la maquinaria adecuada para triturar y mezclar previamente el material a compostar (O’Ryan, 2007; Trautmann y col., 2000).

1.4 Proceso de compostaje

Debido a que el proceso de compostaje se rige bajo reacciones biológicas, requiere un tiempo mínimo, por lo que no se puede pretender que sea un trabajo rápido y sencillo. Para asegurar un proceso eficiente, la proliferación de microorganismos, la adecuada mineralización de la materia orgánica y la calidad del producto final se han de controlar distintos factores (Diego-Garzón y col., 2008). Estos se pueden agrupar en parámetros de seguimiento y relativos a la naturaleza del sustrato (Madejón y col., 2001; Moreno y col., 2007).

1.4.1 Parámetros de seguimiento

- **Temperatura:** Es un indicador de la actividad microbiana por ende permite monitorear la evolución y el comportamiento del compost. Las moléculas orgánicas contienen energía almacenada en sus enlaces que se libera al momento de ser degradada y transformada a moléculas más sencillas. Esta liberación de energía se realiza en forma de calor, lo que aumenta la temperatura del material. Las altas temperaturas por un periodo de tiempo determinado aseguran la sanitización del producto. El control de la temperatura está muy relacionado con la humedad y aireación (riego y volteos). Existen cuatro etapas bien características del proceso:

- Fase Mesófila: Esta etapa ocurre al comienzo del compostaje, puede durar entre 1 a 7 días, los microorganismos comienzan a desarrollarse utilizando hidratos de carbono y proteínas fácilmente asimilables, la temperatura se eleva alcanzando unos 40°C. Las sustancias fácilmente degradables, como

azúcares, lípidos y almidón, en general moléculas de baja masa molar, son rápidamente consumidas y la mayoría de los patógenos son destruidos; en un comienzo se produce una fermentación ácida lo que hace disminuir el pH que luego se va alcalinizando al liberar amoníaco (Soliva y col., 2006).

- Fase Termófila: La temperatura alcanza valores cercanos a 60-70°C, los organismos mesófilos son reemplazados por los termófilos que comienzan a degradar proteínas, carbohidratos superiores como la celulosa y parcialmente lignina, liberando grandes cantidades de energía, aumentando la temperatura. A partir de los 60°C los hongos termófilos cesan su actividad y aumentan los actinomicetos. En esta fase se destruyen los microorganismos patógenos, semillas de maleza y esporas de hongos. La pila no debe superar los 70°C, a esta temperatura se comienza a inhibir toda actividad microbiana y aumenta considerablemente la probabilidad de incendio.
- Fase de enfriamiento: La temperatura comienza a disminuir debido a la reducción de la actividad de los microorganismos. Los niveles deben llegar cercanos a la temperatura ambiente y mantenerse por al menos 7 días. Cuando la temperatura se mantiene constante es un indicador de que el compost se encuentra en un estado maduro.
- Fase de estabilización: En este periodo se producen reacciones de condensación y polimerización del humus, se degradan algunos ácidos grasos, y luego de un tiempo el compost está listo para su utilización. La temperatura sigue en niveles cercanos a la ambiente.

Por lo anterior, el seguimiento adecuado de la temperatura durante todo el proceso de compostaje es una buena manera de controlar el proceso, siempre y cuando se sepa que significa cada uno de los cambios que se observan. Si durante el proceso no se aprecian claramente las distintas fases es un indicador de que el proceso no se está llevando a cabo de la mejor manera, y se hace necesario revisar los otros parámetros para evaluar en donde está el problema.

- **Humedad:** Los microorganismos necesitan cierta cantidad de agua para vivir, debido a que sólo consumen las moléculas orgánicas disueltas, además la presencia de agua favorece la migración y colonización microbiana, como también la difusión de los residuos metabólicos (Soliva y col., 2004), a valores menores a 40% de humedad la actividad biológica decrece considerablemente y a excesivas cantidades de agua (>70%) esta desplaza al aire dentro del material y la reacción se vuelve de un carácter aeróbico a un anaeróbico, reduciéndose la circulación de oxígeno produciendo malos olores, lixiviados y pérdidas de nutrientes. Algunos autores consideran que esta es la variable más importante para la optimización del proceso de compostaje, ya que bien controlada permite tener un proceso más eficiente y un producto maduro en menor tiempo.

- **pH:** Influye directamente en la actividad de los microorganismos y en la disponibilidad de los nutrientes (Sztern y col., 1999). De forma general en un comienzo el pH desciende debido a la formación de ácidos orgánicos, luego el pH va aumentando llegando a valores óptimos entre 6,5 y 8,5. Una variación en los valores de pH indica un mal manejo del compost, debido que pH ácidos indican condiciones anaerobias y pH alcalinos se relacionan con el contenido de nitrógeno amoniacal, debido al proceso

de nitrificación, (se detalla en la sección 1.6.1) y carbonatos solubles. Este parámetro es más útil en la evaluación del proceso que en la aplicación del compost a los suelos. Lo óptimo es obtener un producto con un pH cercano a la neutralidad.

- **Conductividad eléctrica:** Es una medida que permite evaluar la concentración de sales solubles en la fase líquida del compost. Esta se utiliza como un criterio de calidad. La salinidad afecta negativamente a la mineralización, debido a que se inhiben los procesos de amonificación y nitrificación. Una gran cantidad de sales también afecta al crecimiento de las plantas y puede indicar un inadecuado control del proceso, con materiales contaminados o agua de riego con alta salinidad (concentración > 75 mS/cm según NCh 1333).

- **Aireación:** Esta es una condicionante del proceso, debido que la reacción de degradación es aeróbica y se debe garantizar una adecuada oxigenación, por lo que es necesario mantener un espacio poroso. Las principales funciones de la aireación son: suministrar oxígeno, regular el exceso de humedad y mantener la temperatura. Si no existe la cantidad suficiente de aire comienzan a prevalecer las reacciones anaeróbicas y la posterior emanación de malos olores (ej. sulfuro de hidrógeno). El exceso de aire tampoco es bueno, lo que provocaría que el material se desecara.

Esta condición está muy ligada a las variaciones de temperatura, ya que un aumento de la aireación significa un incremento de la actividad microbiana aeróbica, por ende la temperatura es mayor, la aireación favorece el enfriamiento, debido que renueva el aire caliente por el frío, todo el proceso funciona cíclicamente.

La aireación puede producirse por fenómenos naturales como la difusión y por la porosidad del material, pero no son suficientes para garantizar la adecuada incorporación de oxígeno, por lo que una forma sencilla y de bajo costo de incorporar aire es realizar volteos, que tiene otros beneficios como reducir el tamaño de partículas, homogenizar el material, redistribuir los microorganismos, la humedad y los nutrientes; exponiendo así nuevas superficies al ataque microbiano. Cuando hay un exceso de temperatura es adecuado realizar volteos debido a que se disipa la energía calorífica.

- **Espacio libre:** Este término toma en cuenta la estructura física del material relacionando la humedad, la porosidad, la densidad aparente y la densidad real. El espacio libre se define como el volumen de aire disponible, siendo el volumen que no está ocupado por el sustrato sólido ni por agua. Se conoce como FAS (Free Air Space).

$$\text{FAS} = \text{Porosidad} (1 - \text{humedad}/100)$$

$$P = 100(1 - D_a/D_r)$$

$$\text{FAS} = 100(1 - D_a/D_r) (1 - H/100)$$

Donde:

D_a = Densidad aparente, kg/m^3 . Masa de muestra fresca en un determinado volumen, la muestra se utiliza sin ningún tipo de tratamiento, este parámetro permite conocer en nivel de compactación del material y su aireación.

D_r = Densidad real, kg/m^3 . Masa de la muestra seca en un determinado volumen.

Según estudios de Jris y Regan (1973) se determinó que el proceso de compostaje ocurriría con mayor rapidez cuando FAS = 30-35%.

1.4.2 Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato

- **Tamaño de partícula:** Es importante que las partículas sean de menor tamaño, de una longitud entre 2 a 6 cm y un diámetro no mayor a 1 cm, debido que así es mayor la superficie expuesta a la acción de los microorganismos, aumentando así la velocidad de degradación. Las partículas no deben ser extremadamente pequeñas, porque disminuye el espacio poroso y por ende la cantidad de aire y oxigenación dentro de la pila de compost. Si es posible es recomendable picar y disminuir el tamaño de las partículas antes de compostar.

- **Relación C/N:** El carbono orgánico tiene relación con la cantidad de materia orgánica y es la fuente de energía para los microorganismos, el nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento y funcionamiento celular. La razón de Carbono y Nitrógeno se utiliza para evaluar el estado del compost, un rango entre 25-35 es adecuado, debido a que los microorganismos utilizan aproximadamente 30 partes de carbono por una de nitrógeno. Cuando la razón es demasiado alta la actividad microbiana disminuye y el proceso se vuelve lento e ineficiente. Si esta razón es muy baja puede significar dos cosas: que las cantidades de nitrógeno en el compost son excesivas y éste se pierde mayoritariamente por volatilización de amoníaco provocando desagradables olores, o que estamos frente a un producto maduro, pero para ello debe haber un monitoreo previo en donde se aprecie la disminución de la razón C/N llegando a valores cercanos a 15 (o menores), siendo esto signo de una

menor actividad microbiana y por ende del término de la reacción biológica y finalización del proceso de compostaje (Trautman y col., 2000; Moreno y col., 2007; Soliva y col.,2004; INTEC, 1999).

Los materiales altos en nitrógeno son aquellos provenientes de recortes de plantas, restos de frutas y verduras y césped, en cambio los materiales leñosos como hojas secas, madera y ramas tienen una alta cantidad de carbono. Por lo que si la razón C/N no es la adecuada, ésta se puede controlar adicionando distintas cantidades del material ausente.

- **Materia orgánica:** Es uno de los parámetros más importantes para determinar la calidad del compost especialmente cuando su uso será en actividades agrícolas. La materia orgánica disminuye a lo largo del proceso debido a que se mineraliza, en un principio disminuyen rápidamente los carbohidratos formándose algunos compuestos húmicos, los que serán degradados en una siguiente etapa (Moreno y col., 2007), por lo que el contenido final será consecuencia del valor inicial de materia orgánica. La MO influye sobre todas las propiedades del suelo, físicas, químicas y biológicas. Para evaluar la estabilidad o la transformación sufrida por el residuos desde la materia prima hasta el producto final es necesario estudiar los cambios de MO a lo largo de todo el proceso, evaluarlo sólo por el contenido final de materia orgánica no es suficiente.

- **Fitotoxicidad:** Los efectos fitotóxicos han sido atribuidos a la emisión de amoníaco (Wong, 1985), especialmente cuando se compostan sustratos con una baja razón C/N, otros compuestos fitotóxicos son el óxido de etileno, ácidos orgánicos como el ácido acético, y fenoles. Estos suprimen la germinación de las semillas, la proliferación de las

raíces y el rendimiento de los cultivos (Zucconi y col., 1981). Esta producción de tóxicos es intensa al inicio del proceso y disminuye considerablemente con la humificación y mineralización de la materia.

La prueba de germinación corresponde a un bioensayo con semillas sensibles a fitotóxicos y se determina a partir de la relación entre las semillas germinadas en el compost y en un suelo de referencia, también se puede considerar el crecimiento radicular y obtener el índice de germinación (Varnero y col, 2007). La determinación del porcentaje de germinación es importante debido a que el compost será utilizado en una producción agrícola (Varnero y col., 2007).

- **Densidad aparente:** Este parámetro físico permite evaluar la compactación, se mide en unidades de masa/volumen y es útil para el cálculo de la porosidad. Según estudios la adición de compost a los suelos puede disminuir su densidad aparente del 5 al 45% con relación a un suelo de referencia sin la aplicación de esta enmienda, también se observan aumentos entre un 5,5% y un 46,9% en la porosidad, con menos incrementos a medida que el suelo es más arcilloso (Albaladejo y Díaz, 1990; Felton, 1995). Este parámetro está relacionado con los materiales tratados y la forma en que se llevo a cabo el proceso. Otro parámetro es la densidad real que no considera el estado fresco del material, sino que se determina a partir del compost seco.

1.5 Calidad y madurez del compost

Es importante asegurar la madurez del compost, un producto inmaduro puede causar daños a los suelos, inmoviliza el nitrógeno y otros nutrientes como el azufre, fósforo, calcio y magnesio. La producción de compuestos fitotóxicos es otra de las causas que provoca grandes daños a las plantas y la germinación de las semillas.

Para determinar la madurez del compost no existe un sólo método, sino que se debe realizar una combinación de varios (INTEC, 1999). La temperatura no puede ser considerada como un criterio único y convincente de estabilidad, pero cuando el compost se encuentra estabilizado térmicamente y este no aumenta luego de varios días y volteos, puede indicar cierta madurez del producto. El color y el olor también son indicadores válidos de madurez, el color debe ser marrón oscuro homogéneo y el olor no debe ser desagradable. Según la normativa chilena (NCh 2880 of.2004) un compost maduro debe tener un pH superior a 6 luego de estar sometido a 55°C por 24 h en condiciones anaeróbicas, esta prueba se puede realizar junto con el test de germinación y la medición de otros parámetros físicos como la densidad aparente, que en conjunto podrán determinar la calidad y madurez del compost.

La calidad del material compostado viene dada por la suma de distintas propiedades, como el grado de madurez y características químicas, la calidad no sólo depende del producto final, sino de los controles que se realicen a lo largo de todo el proceso. El compost debe tener un aspecto y olor aceptables, una higienización correcta (3 días consecutivos a 55°C) y no debe contener impurezas ni contaminantes.

Los parámetros que se establecen para determinar si el producto final tiene una buena calidad son los siguientes:

- **Humedad:** el contenido de agua debe estar dentro de los rangos óptimos a lo largo de todo el proceso, y antes de aplicarlo a los suelos no debe superar un 40% de humedad.
- **Razón C/N:** Al final del proceso esta razón debe ser menor a 20.
- **pH:** Debe estar cercano a la neutralidad (valores entre 7 y 8).
- **Contenidos de metales pesados:** En caso de no conocer con claridad la composición y/o la procedencia del material original se deben realizar análisis de metales pesados.
- **Impurezas:** Desde el comienzo del proceso se debe evitar la presencia de cuerpos extraños, como plásticos, vidrios y metales, entre otros.
- **Aspecto:** El apariencia del producto final debe ser similar a la tierra fresca, su color debe ser marrón oscuro, tener una textura suave y un olor agradable. No se distingue el material original.
- **Temperatura:** Esta debe ser controlada a lo largo de todo el proceso, con mediciones al menos cada 2 días. Se debe utilizar un termómetro de varilla y registrar los resultados. El material debe superar los 55°C durante 3 días consecutivos para garantizar su higienización.
- **Materia orgánica:** Los contenidos de materia orgánica pueden ser sobre un 25% para garantizar una adecuada fertilización a los suelos.

Tabla 1. **Características compost buena calidad**

Propiedad	Rango
Humedad	25-40
Materia orgánica	Mayor a 25%
pH	6-9
Tamaño máximo partículas (mm)	2-10
Conductividad eléctrica	Menor a 12 mS/cm

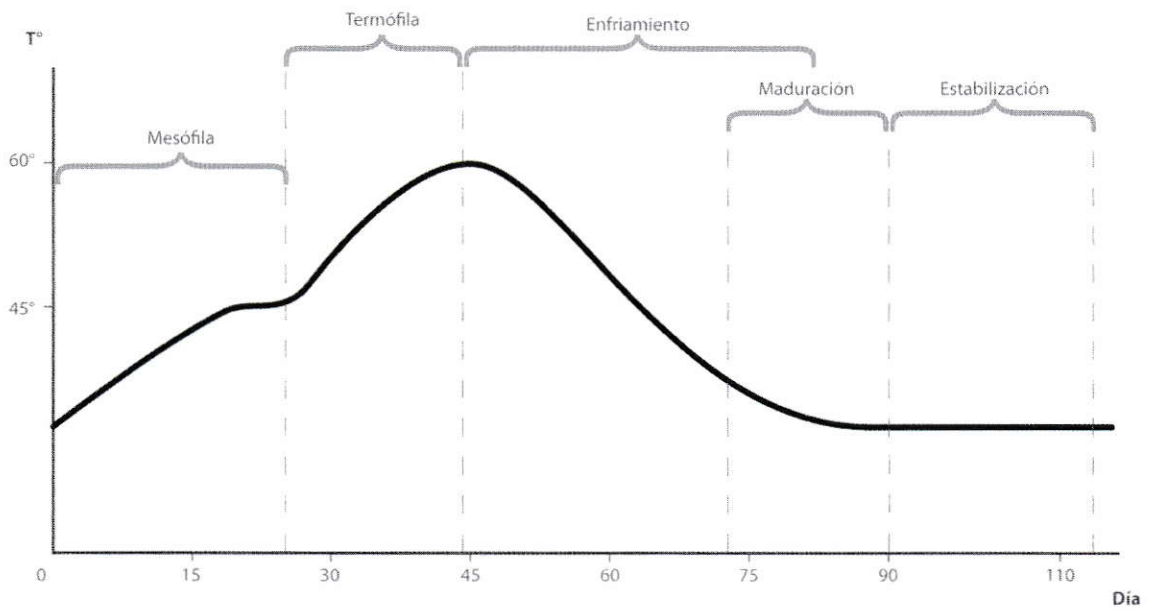


Figura 6. **Proceso general de compostaje**

1.6 Problemas asociados al compostaje

1.6.1 Contaminación atmosférica

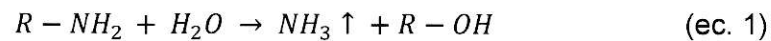
La generación de olores y gases contaminantes es uno de los mayores impactos ambientales del proceso de compostaje, siendo los de mayor importancia el amoníaco y los compuestos orgánicos volátiles (COV's).

La mayor parte del nitrógeno que está en los residuos orgánicos se encuentra unido a la fracción orgánica en las proteínas y péptidos. Las transformaciones que tiene el nitrógeno son reacciones de Amonificación, Nitrificación y Desnitrificación (Moreno y col., 2007).

El amoníaco producido a partir de la materia orgánica puede seguir distintos caminos, disuelto en agua formando amonio y ser inmovilizado por los microorganismos, o puede ser volatilizado a la atmósfera a pH y temperaturas elevadas y también puede ser transformado a nitrato cuando existe una adecuada cantidad de oxígeno y las temperaturas no son tan altas (Visionlearning, 2010).

- Amonificación

Es el comienzo de la descomposición de la materia orgánica, estos compuestos son degradados por bacterias y hongos liberando el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco y amonio.

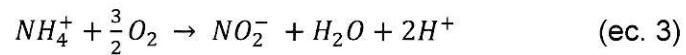


El nitrógeno es mineralizado a NH_3 mediante reacciones de amonificación, el amoniaco producido puede tener distintos caminos: puede ser disuelto en agua formando amonio y ser inmovilizado por los microorganismos que utilizan el nitrógeno como fuente de alimento, ser transformado a nitrato cuando existen buenas condiciones de aireación (nitrificación) o volatilizarse cuando el pH supera los 7,5 (ec. 1).

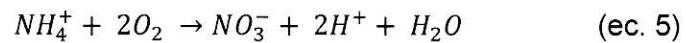
La volatilización de amoniaco es uno de los mayores inconvenientes en el compostaje debido a que produce muy malos olores. Por lo que se debe mantener el pH cercano a la neutralidad para evitar la producción de NH_3 (ec. 2).

- Nitrificación

La primera etapa de oxidación del amonio a nitrito la realizan las bacterias conocidas como *Nitrosomas* y *Nitrosococcus*, luego una segunda etapa la realizan bacterias del género *Nitrobacter* las cuales oxidan el nitrito a nitrato (ec. 4). Estas bacterias comienzan a actuar en la etapa mesófila donde las temperaturas no son muy altas. Esta etapa es fundamental debido a que el nitrato es la forma de nitrógeno que absorben las plantas.



Sumando ambas ecuaciones (ec. 3) y (ec. 4)



1.6.2 Contaminación de suelos

Si todo el proceso de compostaje se realiza bajo un control adecuado, siguiendo todas las pautas recomendadas: previa compactación del terreno y que este tenga una pequeña pendiente (<5%) para evitar que los lixiviados se estanquen, no se deberían provocar efectos negativos en los suelos. Uno de los objetivos principales de realizar compost es controlar y evitar la erosión y desertificación de ellos, por lo que su uso es parte de la solución para suelos contaminados.

1.6.3 Contaminación de aguas

Al igual que en la contaminación de suelos, se deben realizar algunas medidas de control para evitar contaminación a cuerpos de agua, ya sea superficiales y subterráneas. Algunas de las medidas mínimas para evitar una contaminación de aguas son: realizar una adecuada compactación del material base en donde se apilará la materia prima y formarán las pilas, que exista una distancia adecuada a cuerpos de agua superficiales (al menos 100 metros) y un adecuado control de los lixiviados son medidas que permiten evitar cualquier contaminación a las aguas.

1.7 Beneficios del compostaje

El compostaje es un mecanismo no convencional para el manejo de desechos orgánicos, que permite tratar de manera sustentable y a bajo costo los residuos sólidos. Permite valorar los residuos optimizando los recursos, también se producen ahorros en cuanto a la utilización de abonos químicos y al costo de tratamiento de residuos sólidos.

Los desechos orgánicos utilizados para compostaje son una fuente importante de nutrientes disponibles para las plantas y disminuye los problemas con sustancias tóxicas, debido a que éstas son eliminadas durante el mismo proceso, el compost es un producto higienizado (sin agentes patógenos).

En definitiva, agregar compost mejora la calidad de los suelos contribuyendo a su recuperación y aumentando significativamente su vida útil, junto con reutilizar de manera adecuada los residuos producidos y ahorrando costos.

Es importante saber que no todo en cuanto a la producción y utilización de compost es sencillo, se deben tener en cuenta varios aspectos como los problemas de contaminación y toxicidad. Todo el proceso debe estar regulado y controlado, desde la materia prima hasta el producto final maduro listo para su aplicación en los suelos.

Los residuos orgánicos no pueden ser aplicados directamente a los suelos, es necesaria su estabilización, para así disminuir los efectos negativos que la materia orgánica fresca de naturaleza residual puede ocasionar en el suelo (Sánchez Mondero y col., 2004).

La aplicación de compost a los suelos contribuye a mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Moreno y col., 2007; Nutrición Orgánica Suelos, 2000; INTEC, 1999), las que se detallan a continuación.

1.7.1 Efectos físicos

Muchos son los factores que influyen en la estructura del suelo, a continuación se presenta un diagrama (ver Figura7) que reúne e interrelaciona los principales influyentes en los procesos de suelo.

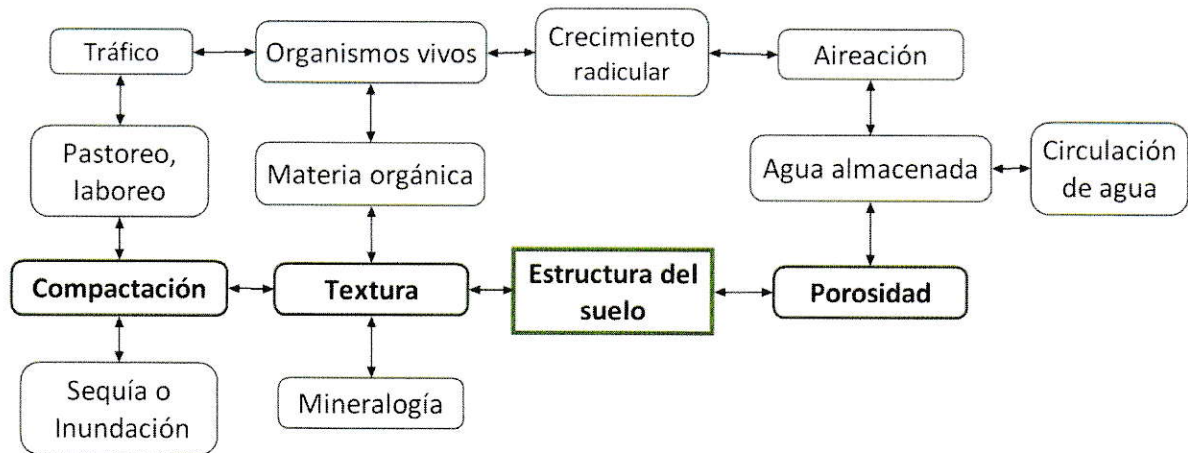


Figura 7. Factores que influyen en la estructura del suelo

La utilización de compost permite mantener y mejorar las características físicas de suelo. Contribuye a la disminución de la compactación de los suelos, aumentando la porosidad, permitiendo así que las raíces de las plantas puedan moverse y crecer con mayor facilidad. La estabilidad de los agregados es otro beneficio de la utilización de una enmienda orgánica, dándole a los suelos mayor resistencia a la erosión. Se ve aumentada la capacidad de retención de agua, por lo que permite un almacenamiento mayor del agua utilizable para las plantas.

Es importante tener en cuenta que para mejorar la estabilidad de los agregados se deben adicionar grandes cantidades de compost y por largo tiempo, debido que en

dosis bajas, aunque el compost sea de muy buena calidad, no se observan diferencias significativas comparándolos con suelos de referencia (Albiach y col., 2001). En relación al agua retenida, según varios estudios consultados, los suelos con adición de compost aumentan su capacidad de retención de agua, que se conoce como la capacidad de almacenar agua para la utilización de las plantas.

El efecto sobre las propiedades físicas se pueden resumir en:

- Soporte físico y matriz de intercambio de gases.
- Aumento de la porosidad facilitando la aireación y el drenaje, permitiendo una adecuada infiltración y permeabilidad.
- Mejora de la estructura de los suelos.
- Aumento de la capacidad de retención de agua.
- Disminución de la erosión.

1.7.2 Efectos químicos

Algunas de las propiedades químicas que se ven beneficiadas por la utilización de compost son la capacidad de intercambio iónico, la capacidad de amortiguación de compuestos contaminantes, la formación de compuestos quelantes, regulación del pH y una fuente de nutrientes.

El suelo, al igual que el compost, tiene un poder amortiguador, lo que permite una estabilidad microbiana y nutricional, esta característica se debe principalmente a la presencia de compuestos orgánicos y a las cantidades de arcilla. Un compost maduro tiene pH ligeramente alcalino, lo que su aplicación a suelos ácidos permite neutralizar

esta condición, mejorando la disponibilidad de nutrientes, en cambio si se aplica en suelos básicos no ocurren considerables cambios de pH, aunque por su composición si puede influir en la capacidad amortiguadora del suelo.

Uno de los nutrientes más importantes es el nitrógeno, y el compost posee las cantidades suficientes para mejorar un suelo. La utilización de fertilizantes nitrogenados trae consigo varios problemas, debido a que estos solubilizan rápidamente, lo que significa que se deben agregar en grandes cantidades lo que puede provocar problemas de contaminación en aguas superficiales y subterráneas produciendo una eutrofización. La utilización de una enmienda orgánica como fertilizante es ventajosa, debido a la lenta liberación de nitrógeno.

Los efectos en las características químicas se pueden resumir en:

- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- Aporte de macro y micro-nutrientes.

1.7.2 Efectos biológicos

La adición de compost a los suelo afecta las características biológicas de este debido a la riqueza microbiana del producto y a las modificaciones provocadas a nivel fisicoquímico. Se ha determinado que si el producto aplicado es de buena calidad, los microorganismos edáficos aumentan su población, en el número de comunidades y en los niveles de actividad (Albiach y col., 2000).

Se ha encontrado una dependencia en donde a mayor cantidad de compost adicionado a los suelos, aumenta la biodiversidad microbiana y la velocidad en la que esta se manifiesta (Saison y col., 2006).

Resumiendo los efectos en las características biológicas del suelo al aplicar compost:

- Sirve de sustrato para microorganismos.
- Se estimula la actividad biológica debido a los microorganismos del mismo compost.
- Estimula el crecimiento vegetal.

1.8 Problemática

Las pilas de compost estudiadas están en el Fundo Santa Ana, perteneciente a la Viña Undurraga, que actualmente tiene implementado un sistema de compostaje, en un principio una empresa externa se encargaba del control y manejo del compost, la viña decidió realizarlo por cuenta propia debido al alto costo económico que significaba. Hoy en día la empresa no tiene un adecuado manejo del compost debido a que las pilas se encuentran de forma desordenada, muy juntas entre si y no existe un registro adecuado de las temperaturas, además los volteos no se realizan con la frecuencia necesaria y no existen análisis que validen la madurez ni calidad del compost.

Debido a la necesidad de realizar un adecuado manejo del compost para poder utilizarlo en los viñedos y mejorar así la calidad de los suelos, la empresa requiere de un especialista medioambiental que pueda entregar un respaldo técnico sobre el manejo del Compost. Es importante recalcar que el Plan de Manejo que se implemente debe ser sencillo de realizar y de bajo costo.

Este Seminario de Título se fundamenta en la Gestión del sistema de compostaje de la Viña Undurraga, así como la realización de manuales informativos para los trabajadores encargados de manejar el compost. Para un mayor respaldo sobre la calidad del producto se realizarán mediciones quincenales para monitorear el proceso de compostaje, las toma de muestras y los análisis pertinentes también se incluyen en el trabajo de este seminario.



Figura 8. **Fotografía sistema compostaje septiembre 2010**

1.9 Antecedentes generales de la empresa

Viña Undurraga tiene más de 120 años de tradición, con cerca de 1.200 hectáreas ubicadas en los valles del Maipo, Colchagua y San Antonio. Este trabajo se realiza en el Fundo Santa Ana, ubicado en el Valle del Maipo en el kilómetro 34 de Camino a Melipilla en la comuna de Talagante, Provincia de Talagante, Región Metropolitana. Son 140 hectáreas en suelos de origen aluvial, una textura arcillosa y arenosa en un terreno plano de moderada fertilidad.

Coordenadas: 33°38'38" S, 70°53'20" O

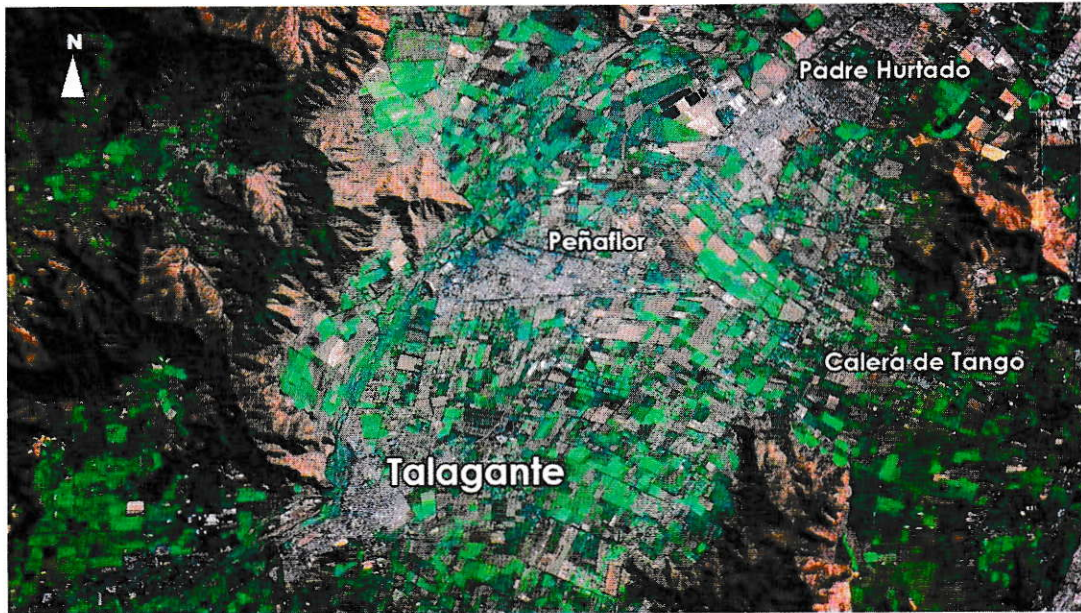


Figura 9. Imagen satelital ubicación Fundo Santa Ana

1.10 Hipótesis

Mediante la realización de análisis de laboratorio y una adecuada gestión ambiental, se mejorará el tratamiento de residuos vitivinícolas de Viña Undurraga implementando un Plan de manejo de compostaje, asegurando la madurez y calidad del producto final.

1.11 Objetivos

1.11.1 Objetivo General

Desarrollar un Plan de Manejo y Control para compostaje en Viña Undurraga que permita reciclar y reutilizar los residuos orgánicos de la producción del vino y los lodos provenientes de la planta de tratamiento de riles ubicada en el mismo predio, obteniendo un producto higienizado capaz de mejorar la calidad de los suelos.

1.11.2 Objetivos específicos

- Realizar un programa de muestreo cada 10-15 días.

- Mediante análisis de laboratorio determinar características físicas y químicas del compost, como pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, espacio poroso, humedad, densidad aparente, densidad real, materia orgánica, carbono y nitrógeno.

- Determinar la calidad del compost según normativa vigente.

- Determinar la humedad óptima.

- Realizar test de germinación, determinando el porcentaje relativo de germinación, el crecimiento de radícula relativo e índice de germinación.

- Confeccionar manuales instructivos para trabajadores de la viña sobre cómo manejar el compost y determinar con métodos *in-situ* su estado de madurez.
- Evaluar la utilización de otros productos para compostar, como borras y lodos desde la planta de tratamiento de la viña.



Figura 10. **Fotografía primer plano pila compost, octubre 2010**

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder determinar los pasos a seguir y qué tipo de análisis se debían realizar se hicieron visitas a terreno para evaluar el estado de las pilas de compost y el lugar donde eran acopiadas. Para comenzar con el trabajo se realizó un estudio bibliográfico encontrando los parámetros más importantes que deben ser considerados a la hora de controlar el proceso de compostaje, luego de 4 meses de análisis, se procedió a diseñar un Plan de Manejo que permitiera controlar el sistema de compostaje de manera más ordenada sin la necesidad de estar enviando muestras a laboratorios externos.

Según lo visto en las visitas a terreno, en un principio se analizaron tres tipos de compost:

- Orujo/escobajo.
- Orujo/escobajo más 25 % Guano.
- Orujo/escobajo más 50%Lodo (armado en oct. 2010).

Estos compost se encuentran apilados en el mismo terreno y serán volteados y humedecidos con la misma frecuencia, a no ser que los análisis indiquen lo contrario.

De las pilas de compost se tomará una muestra compuesta para asegurar una mayor representatividad en los resultados, éstas serán llevadas directamente al Laboratorio de Química Orgánica y Cromatografía de la Facultad de Ciencias, Universidad de Chile para comenzar con los análisis. De manera más esporádica se realizarán pruebas de germinación para evaluar la fitotoxicidad del compost y test de madurez.

Los análisis serán realizados bajo los métodos que exigen la normativa chilena (NCh 2880 of. 2004) y el INIA (Métodos de Análisis de Compost, 2005).

Los métodos para evaluar el compost en terreno se realizarán en las dependencias de la viña cada 20 días, se pretende utilizar pruebas de germinación con semillas sensibles a fitotóxicos y evaluar el porcentaje de germinación de éstas. Según los estudios bibliográficos realizados la semilla de Rabanito (*Raphanus Sativus*) es la más sensible a tóxicos (Varnero, 2007) y es la que se utilizará para los análisis de germinación.



Figura 11. Fotografía compost toma muestra

Los parámetros para poder realizar un adecuado control del sistema de compostaje fueron seleccionados de acuerdo a información bibliográfica estudiada, donde se priorizó los que entregaran resultados rápidos, en cuanto a la calidad y posibilidad de utilizar el compost en los suelos. En la siguiente tabla se detallan los parámetros a controlar.

Tabla 2. **Parámetros más importantes para el manejo compost**

	Parámetro	Indica
Físicos	Densidad Aparente	Origen, estabilidad.
	Color	Estabilidad, funcionamiento.
	Olor	Estabilidad, funcionamiento.
	Humedad	Control del proceso
	Capacidad de retención de agua	Efectos sobre el suelo
Químicos	pH	Origen, control.
	Conductividad Eléctrica	Origen, control.
	Materia orgánica	Desarrollo del proceso, estabilidad, control.
	Nitrógeno	Origen, desarrollo y control.
Biológicos	Índice de Germinación	Control, estabilidad, fitotoxicidad.

2.1 Materiales y métodos en laboratorio

Se realizaron una serie de análisis en el laboratorio, en la Tabla 3 se resumen los principios utilizados para determinar cada parámetro.

Tabla 3. **Determinaciones realizadas en laboratorio**

Parámetro	Principio
pH y C.E	Muestra se mezcla y agita con agua en una relación 1:5
Humedad y ST	La muestra se seca hasta masa constante, por diferencia de masa.
Densidad Aparente y Real	Masa muestra húmeda y diferencia de masa con muestra seca.
FAS	Calculo utilizando densidad aparente y real, para determinar humedad óptima.
Materia Orgánica	Perdida por calcinación a 550°C.
Carbono orgánico	Se considera que la MO contiene un 56% de carbono orgánico.
Nitrógeno Kjeldahl	Digestión, destilación de NH ₃ y titulación con HCl.
Índice de germinación	Porcentaje de semillas germinados en comparación a suelo referencia.

2.1.1 Determinación de pH

o Equipos y Materiales

- Frascos plásticos agitables con tapa, de 250 mL.
- Agitador Orbital OS-20, BOECO.
- Medidor de pH, Multi 340i/SET, WTW.
- Balanza, Acculab V-2400, max: 2.400g, readability: 0,1g.

o Reactivos

- Agua de clase 2 según NCh426/2 ($CE \leq 0,5$ mS/cm a 25°C) y con $\text{pH} > 5,6$.

o Procedimiento

- Se calcula la masa de la muestra húmeda equivalente a 40g de muestra seca a $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$

$$A = \frac{40}{ST} \cdot 100$$

Donde,

A= masa de muestra húmeda, en gramos.

ST= sólidos totales, en % en base a muestra húmeda.

- Cálculo del volumen de agua necesaria para una razón 1:5 = muestra:agua

$$B = 200 - (A - 40)$$

Donde,

B= volumen de agua, mL.

A= masa de muestra, en gramos

- Pesar la masa calculada (A) en un frasco 250 mL. Incluir un blanco.
- Agregar el volumen de agua calculado y tapar.
- Agitar durante 20 min a 180 rpm.
- Destapar los frascos.
- Introducir el electrodo y leer el pH una vez estabilizada la lectura.

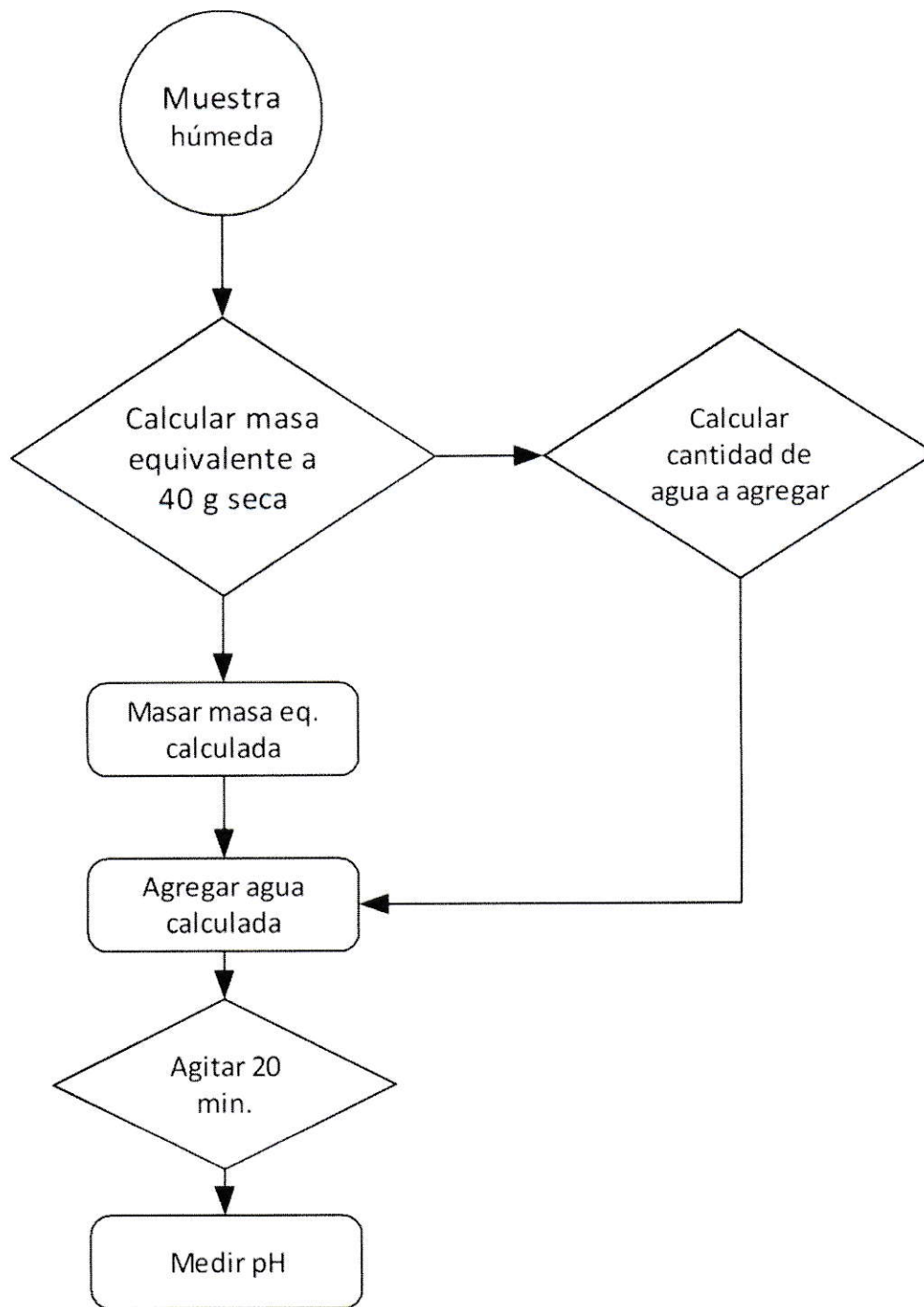


Figura 12. **Método para medir pH**

2.1.2 Determinación de conductividad eléctrica

o Equipos y Materiales

- Frascos plásticos agitables con tapa, de 250 mL.
- Agitador Orbital OS-20, BOECO.
- Medidor de conductividad, Multi 340i/SET, WTW.
- Pesa, Acculab V-2400, max:2.400g, readability:0,1g.

o Reactivos

- Agua de clase 2 según NCh426/2 ($CE \leq 0,5$ mS/cm a 25°C) y con pH>5,6.

o Procedimiento

- Se calcula la masa de la muestra húmeda equivalente a 40g de muestra seca a $70 \pm 5^\circ\text{C}$

$$A = \frac{40}{ST} \cdot 100$$

Donde,

A= masa de muestra húmeda, en gramos

ST= sólidos totales, en % en base a muestra húmeda

- Cálculo del volumen de agua necesaria para una razón 1:5 = muestra:agua

$$B = 200 - (A - 40)$$

Donde,

B= volumen de agua, mL

A= masa de muestra, en gramos

- Pesar la masa calculada (A) en un frasco 250 mL. Incluir un blanco.
- Agregar el volumen de agua calculado y tapar.
- Agitar durante 20 min a 180 rpm.
- Destapar los frascos.
- Centrifugar.
- Medir la conductividad eléctrica en el extracto.

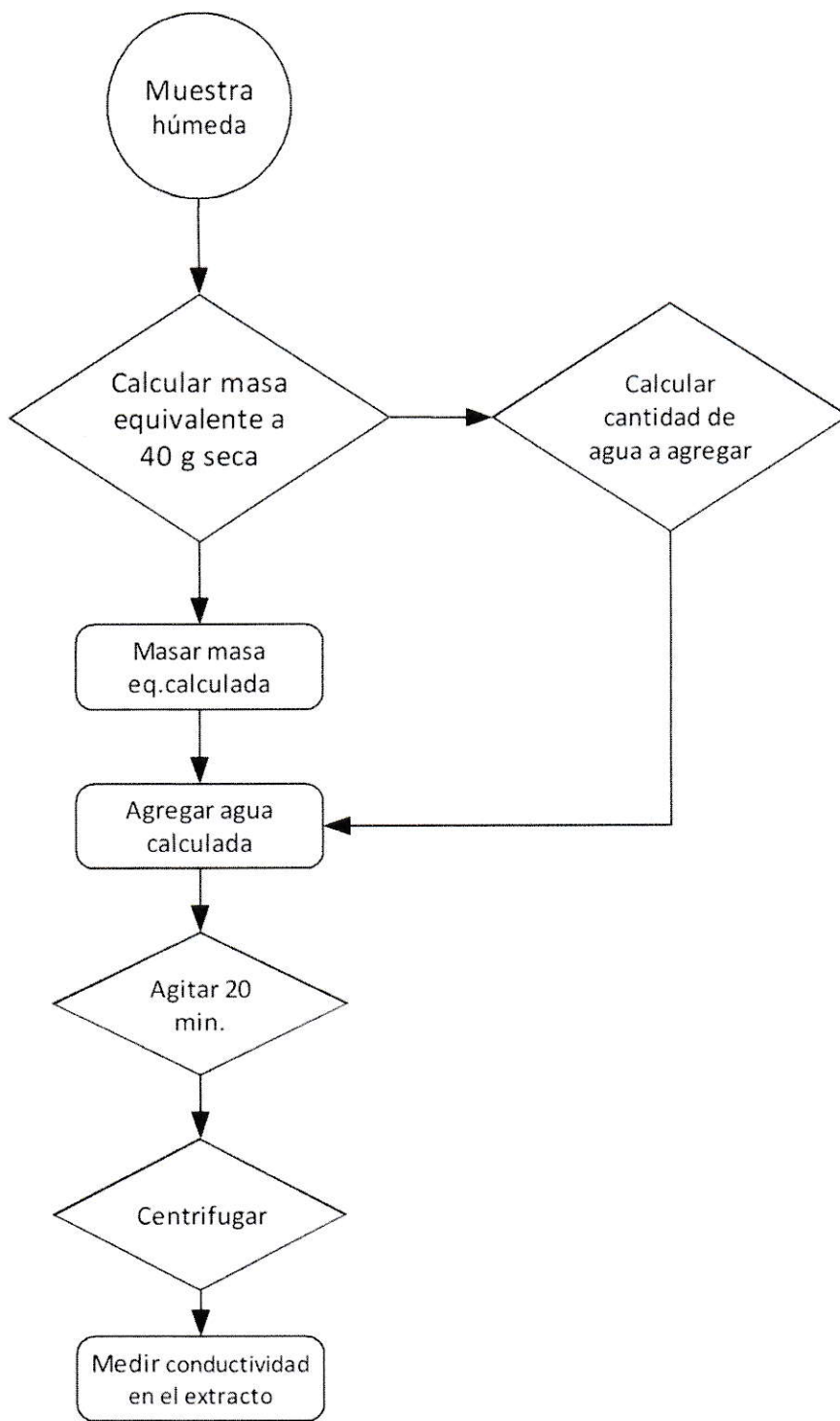


Figura 13. Método medición conductividad eléctrica

2.1.3 Determinación de sólidos totales y humedad

o Equipos y Materiales

- Balanza analítica, Shimadzu aux 220, max: 220 g, min:10 mg, e=1mg,d=0,1 mg.
- Vasos de vidrio de 150 mL.
- Estufa con circulación de aire capaz de mantener 70 ± 5 °C.
- Desecador.

o Procedimiento

- Masar vaso de vidrio.
- Agregar 1 g de muestra húmeda.
- Dejar en estufa a 70 ± 5 °C hasta masa constante (la masa no exceda más del 0,1% de la última medición).
- Colocar en el desecador y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Sacar del desecador y pesar inmediatamente.

o Cálculos

- Para calcular los sólidos totales, se expresan en base a muestra húmeda

$$ST(\%) = \frac{b}{a} \cdot 100$$

Donde,

ST= sólidos totales en base a muestra húmeda, %

a= masa de la muestra húmeda, en gramos

b= masa de la muestra seca, en gramos

- Para calcular el contenido de humedad en base a muestra húmeda

$$\text{Humedad}(\%) = \frac{a - b}{a} \cdot 100$$

Donde,

Humedad= contenido de agua en base a muestra húmeda

a= masa de la muestra húmeda, en gramos

b= masa de la muestra seca, en gramos

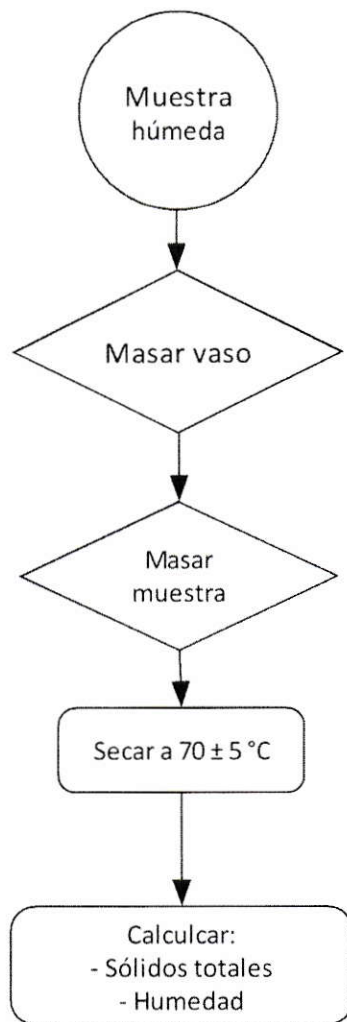


Figura 14. **Método para determinar humedad y sólidos totales**

2.1.4 Determinación densidad aparente y real

o Equipos y Materiales

- Probeta de 100 mL
- Vaso precipitado de 150 mL
- Balanza, Acculab V-2400, max:2.400g, readability:0,1g

o Procedimiento

- Masar probeta de 100 mL
- Agregar 100 mL de muestra húmeda a la probeta.
- Masar probeta con muestra húmeda.
- Sacar 50 mL de probeta y dejarlos en un vaso previamente pesado.
- A los 50 mL restantes en la probeta agregar 50 mL de agua.
- Mediante golpes sacar el aire de la muestra y dejar reposar 10 minutos.
- Anotar el volumen total (50 mL muestra + 50 mL agua).
- El vaso con 50 mL de muestra húmeda debe ser llevado a estufa hasta masa constante.

o Cálculos

- Determinación de la densidad aparente

$$Da (g/mL) = \frac{MH}{100 mL}$$

Donde,

MH= masa de muestra húmeda en probeta, en gramos

- Determinación de la densidad real

$$Dr(g/mL) = \frac{MS}{\Delta V}$$

Donde,

MS= masa de muestra seca en estufa, en g.

ΔV = volumen desplazado (volumen medido – agua agregada), en mL.

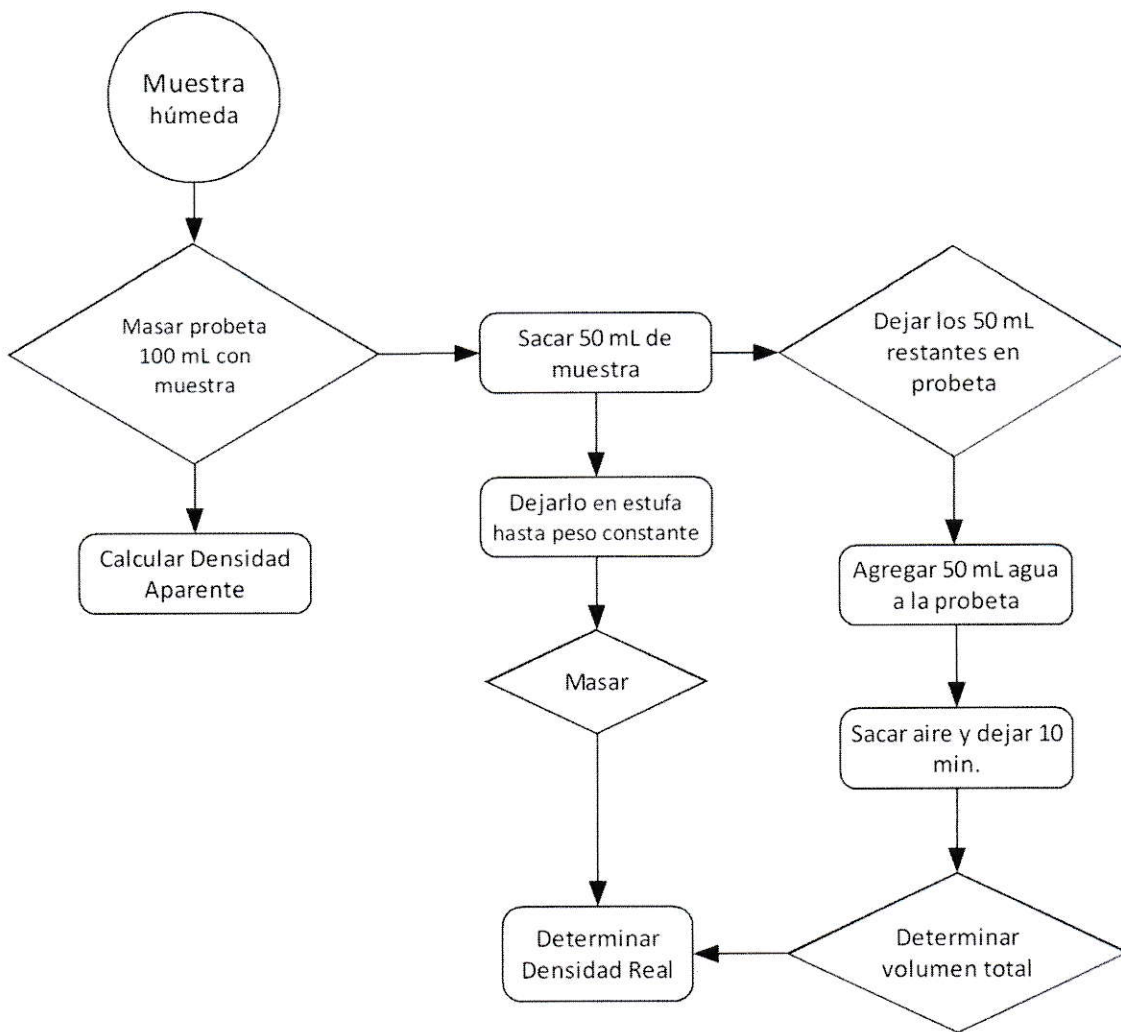


Figura 15. Método para determinar densidad aparente y densidad real

2.1.5 Determinación de materia orgánica

o Equipos y Materiales

- Balanza analítica, Shimadzu aux 220, max:220 g, min:10 mg, e=1 mg, d=0,1 mg
- Crisoles de cerámica libre de carbono.
- Estufa con circulación de aire capaz de mantener 70 ± 5 °C.
- Desecador.
- Mufla Furnace 1300, Barnstead Thermolyne.
- Mortero

o Reactivos

- Ácido clorhídrico, HCl, 0,05 mol/L

o Procedimiento

- El crisol lavado y seco se debe dejar una hora en la mufla, para asegurar limpieza.
- Traspasar a un desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
- Masar el crisol y registrar peso.
- Agregar 2 gramos de muestra húmeda previamente molida.
- Si la muestra contiene carbonatos eliminarlos con HCl hasta que cese burbujeo.
- Secar a 70 ± 5 °C hasta masa constante. Registrar masa de la muestra seca.

- Colocar en la mufla y lentamente subir la temperatura hasta los 550°C. mantener durante 2 horas y luego disminuirla alrededor de 200°C durante 30 min, apagar mufla y dejar enfriar.
- Sacar, colocar en el desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
- Pesar y registrar la masa.

o Cálculos

- Para determinar la materia orgánica, expresada en porcentaje, se utiliza la siguiente formula

$$\text{Materia orgánica (\%)} = \frac{a - b}{a} \cdot 100$$

Donde,

a= masa de la muestra seca a 70±5°C antes de la calcinación, en g.

b= masa de la muestra calcinada a 550°C, en g.

- Para determinar la cantidad de carbono orgánico

$$\text{Carbono orgánico(\%)} = \frac{MO}{1,8}$$

Donde

MO= materia orgánica, expresada en %.

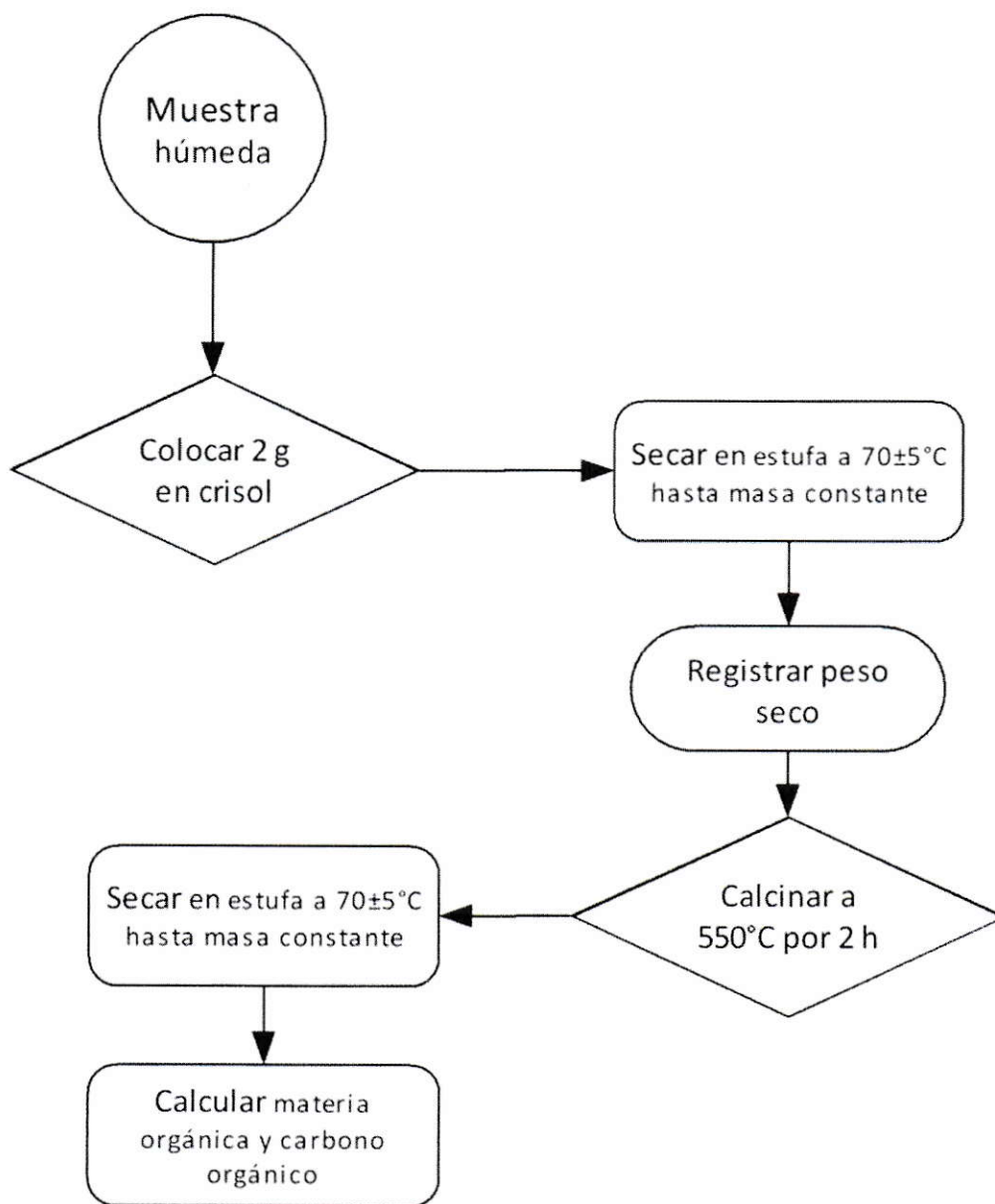


Figura 16. Método para determinar materia orgánica

2.1.5 Determinación de Nitrógeno

Se sigue el procedimiento de Kjeldahl, donde primero se digiere la muestra en ácido sulfúrico y el nitrógeno orgánico es convertido en sulfato de amonio. Luego la solución es alcalinizada, se destila el NH_3 , el cual es atrapado en ácido bórico y posteriormente titulado con ácido.

o Equipos y Materiales

- Digestor DK 6, VELP científica.
- Unidad de Destilación VDK 127, VELP científica.
- SMS Scrubber, VELP científica.
- Bomba VE-11, Lab.Companion.
- Balanza analítica, Shimadzu aux 220, max:220 g, min:10 mg, e=1 mg, d=0,1 mg
- Matraz erlenmeyer.

o Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado, H_2SO_4 96% p.a.
- Mezcla catalítica, aleación de Devarda.
- Hidróxido de sodio, NaOH 25%.
- Solución ácido bórico- indicador.
- Ácido clorhídrico, HCl, 0,01 mol/L.

o Procedimiento

Digestión

- Pesar 1 g de muestra más 1 g de mezcla catalítica, disponer en un tubo de digestión. Incluir un blanco.
- Mezclar bien y agregar 8 mL de H₂SO₄ 96% y mezclar.
- Colocar los tubos en el digestor y digerir a 420°C durante 90 minutos, luego dejar enfriar y volver a digerir durante otros 30 minutos a 420°C.
- Sacar los tubos del digestor, dejar enfriar.

Destilación

- Agregar 25 mL de solución de ácido bórico-indicador en un matraz de 150 mL y colocar éste bajo el extremo del condensador.
- Destilar por 4 minutos agregando 50 mL de NaOH al 25%.
- Sacar el matraz del destilador y titular el destilado con HCl 0,01 M hasta que cambie de color verde a rosado-purpura.

o Cálculos

- Para determinar el porcentaje de nitrógeno en la muestra se debe utilizar la siguiente formula

$$N(\%) = \frac{a - b}{s} \cdot M \cdot 1,4 \cdot fh$$

Donde,

a= volumen de HCl gastados en la muestra, mL

b= volumen de HCl gastados en el blanco, mL

M= molaridad de HCl, 0,01 M

1,4= factor de conversión ($14 \cdot 100 / 1000$), donde 14 g/mol = peso atómico del nitrógeno

fh= factor de corrección por humedad

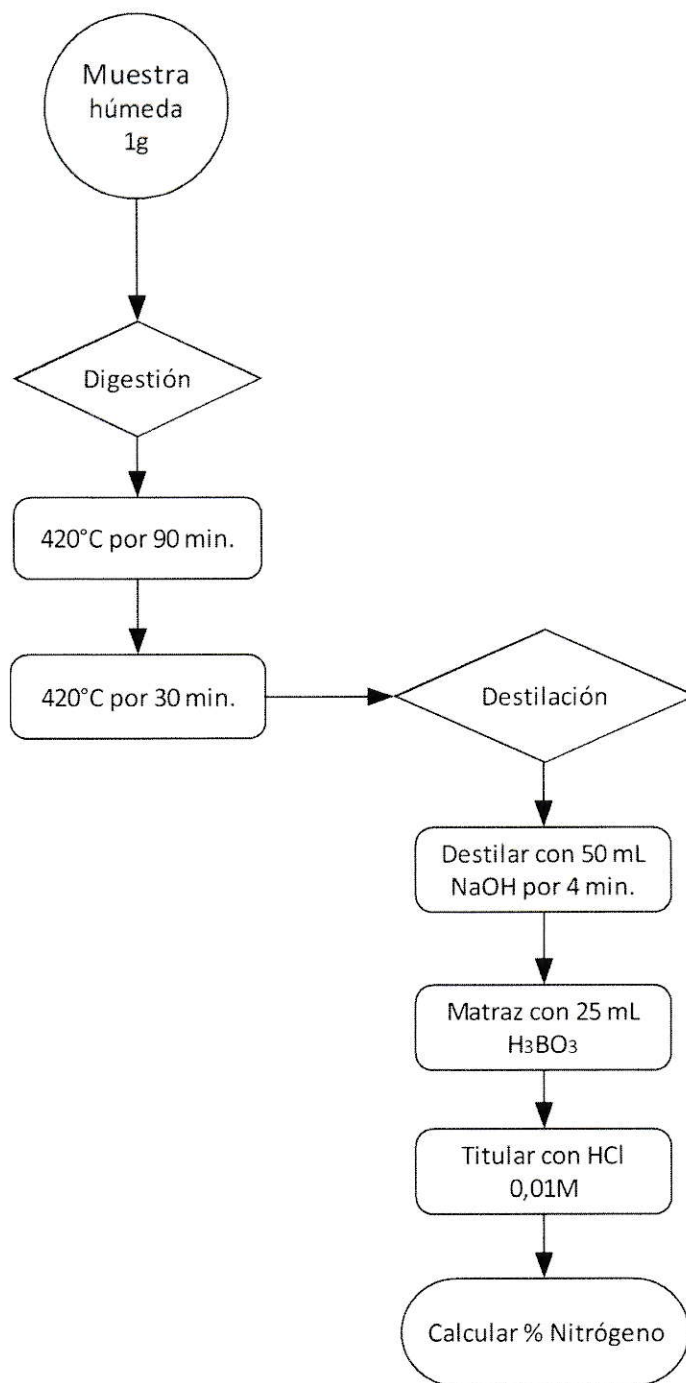


Figura 17. **Determinación de nitrógeno**

2.1.6 Determinación de Índice de Germinación

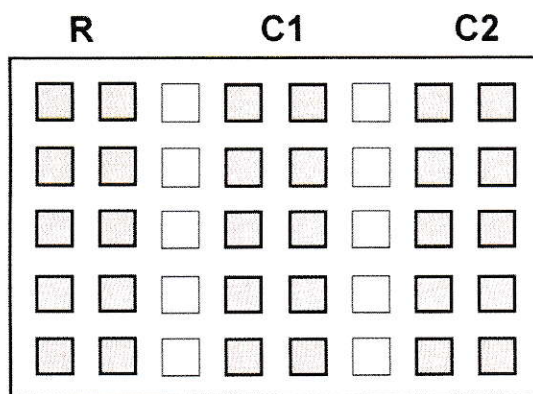
Según la normativa actual (NCh 2880. Compost, clasificación y requisitos, artículo 5.2.2.10) se exige que en todas las clases de compost deben germinar a lo menos el 90% de las semillas sembradas en el compost con respecto a un cultivo de referencia (sin compost). Según un estudio de la profesora María Teresa Varnero publicado en Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal (Varnero, 2007) se determinó que el rabanito es más sensible a la presencia de fitotóxicos durante el proceso de compostaje. Aunque el método de germinación utilizado por la profesora Varnero fue germinar las semillas sobre papel filtro y mantenerlas en cámaras de germinación, se simplificó el método para poder realizarlo en la viña y por cualquier operador. Existe un manual de compost llamado National Engineering Handbook: Composting (Graves et al, 2000) donde se establece que un porcentaje de germinación sobre el 60% es moderadamente tóxico y sobre un 80% es ligeramente tóxico- no tóxico. Utilizando toda esta información se desarrollo un método para determinar de manera sencilla el nivel de fitotóxicos presentes en el material compostado a partir del porcentaje de semillas germinadas utilizando el compost como sustrato. Se utilizarán semillas de rabanito debido a su hipersensibilidad. Esta prueba se realizará una vez por mes.

o Equipos y Materiales

- Bandeja de poliestireno expandido para almácigos.
- Semillas de rabanito (*Raphanus Sativus*).
- Compost como sustrato.
- Suelo de referencia (sin compost).

o Procedimiento

- Las bandejas de poliestireno se deben dividir según la cantidad de compost que se vaya a analizar. Si tenemos 2 tipos de compost, se debe separar en 3 secciones: referencia - compost 1 - compost 2. Etiquetar cada una de las secciones.
- Llenar 10 secciones con los sustratos correspondientes según fueron clasificadas.
- Se plantarán 10 semillas por cada sustrato, colocando una semilla en un espacio del almácigo.
- Se debe rociar con agua todos los días las veces que sea necesario garantizando que el sustrato se mantenga húmedo.
- Luego de 10-15 días se evaluará la cantidad de semillas germinadas en cada sustrato.
- Es recomendable repetir el experimento para corroborar los resultados.



R : Sector referencia
 C1: Compost 1
 C2: Compost 2

Figura 18. **Distribución de semillas**

o Cálculos

- Determinación del Porcentaje de Germinación Relativa

$$PGR = \frac{EX}{RE} \cdot 100$$

Donde,

PGR= Porcentaje de germinación relativa.

EX= Número de semillas germinadas en el sustrato (compost 1 o compost 2).

RE= Número de semillas germinadas en suelo referencia.

- Determinación crecimiento radicular

Para determinar este parámetro se necesita el largo de la radícula de cada planta germinada, esto se realizará sólo a nivel laboratorio durante el transcurso del trabajo de seminario. Este resultado permite evaluar se forma más exacta la influencia de los fitotóxicos.

$$CRR = \frac{REX}{RRE} \cdot 100$$

Para luego determinar el Índice de germinación

$$IG = \frac{PGR \cdot CRR}{100}$$

Donde,

REX= Elongación de radículas en el compost.

RRE= Elongación de radículas en el suelo de referencia.

CRR= Crecimiento radicular.

PGR= Porcentaje de germinación relativo.

IG= Índice de germinación.

Según los resultados obtenidos se puede determinar el nivel de fitotóxicos presentes en el compost.

Tabla 4. **Determinación fitotoxicidad de compost**

Índice Germinación, %	Representa
0-20	Extremadamente tóxico
21-40	Altamente tóxico
41-60	Tóxico
61-75	Levemente tóxico
76-100	Toxicidad despreciable, no tóxico

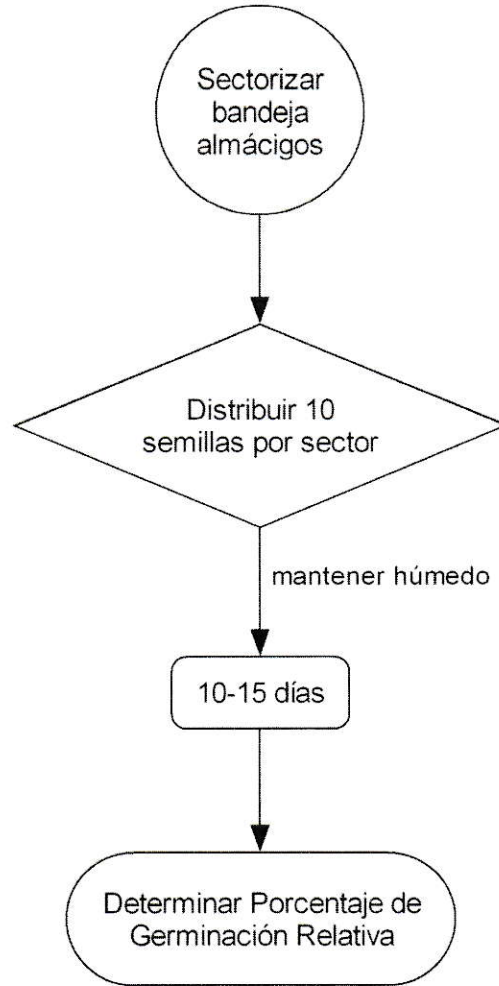


Figura 19. **Método para determinar Índice de germinación**

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Monitoreo

3.1.1 Diagnóstico

Las visitas para evaluar el funcionamiento del sistema de compostaje que posee la viña comenzaron el 10 de Septiembre, 2010, junto a ello y durante 3 semanas se realizó un estudio bibliográfico del tema, para posteriormente entregar a la empresa un informe sobre el control y monitoreo que se le debía realizar al material en proceso de degradación.

En un comienzo la viña tenía dos pilas de compost, una con prensado/guano y otra sólo con prensado. Se observa claramente que la pila que tiene guano se encuentra en una etapa más avanzada, es de color marrón, tiene un aspecto menos heterogéneo, una textura suave y pocos aglomerados; pero aún así no se encuentra en un estado de maduración, ya que hay emanación de malos olores y al realizar una perforación de unos 20 cm y tocar el material se siente una elevada temperatura, aún se pueden identificar las materias primas y hay presencia de pequeños mosquitos.

El compost sin guano tiene una gran cantidad de aglomerados que varían desde los 3 hasta los 10 centímetros, el color del material va desde el rojizo hasta un suave marrón, los restos de racimos y materiales de partida se identifican fácilmente, al perforar solo unos centímetros se observan actinomicetos (filamentos de color blanco) y la temperatura del material es alta.

Debido a que la pila con prensado y guano (Guano I) ha tenido un proceso de degradación más rápido, la empresa ha decidido agregar guano a la otra pila (sin guano, ahora llamada Guano II) para acelerar el proceso. Un inconveniente de realizar esto es que el proceso se inicia desde cero, por lo que se estima que siguiendo un adecuado manejo del material este debería estar listo para ser aplicado a los suelos a fines de enero.

La empresa, dentro del mismo predio, tiene una planta de tratamiento de riles que trata los residuos que se obtienen del lavado de cubas, pisos, producción de vinos y lavado de envases. El material obtenido luego del tratamiento de los residuos líquidos se conoce como lodo o biosólido y es de consistencia viscosa, alta humedad y un porcentaje alto de carbono y nitrógeno, por lo que se recomendó estudiar la posibilidad de utilizar este material junto con el orujo y el escobajo para la realización de compost, aprovechando así los beneficios que tiene el lodo y tratándolos de una manera económica y sustentable. Por lo que a fines en el mes de octubre se armó una nueva pila (Lodo I) con un 50% de lodo y un 50% del material compostado Guano II, pasados dos meses la pila no tuvo un aumento de temperatura significativo, por lo que se decidió a armar una nueva pila llamada Lodo II que contiene solo un 20% de lodo, esta pila si se comporto adecuadamente pero debido a que hubo que removerlas para hacer espacio para la materia prima, esta fue desarmada a fines de febrero, apreciándose una buena evolución en el material. La tabla 6 resume los tipos de compost estudiados y sus principales características.

Tabla 5. **Pilas de compost estudiadas**

Tipo de Compost	Características	Inicio Compostaje
Guano I	Prensado/Guano	Mayo 2010
Guano II	En un comienzo sólo Prensado, y luego se agregó Guano	Mayo 2010 / Octubre 2010
Lodo I	Guano II / Lodo (1:1)	Octubre 2010
Lodo II	Guano II /Lodo (1:0,2)	Enero 2011

En nuestro país existe sólo una norma que tiene relación con el compost, la Norma Chilena 2880 of.2004 “Compost-Calificación y requisitos” que está enfocada a promover una adecuada gestión de los residuos sólidos orgánicos, evitando la proliferación e introducción de plagas que puedan estar asociadas a la materia prima y sólo se aplica si es que se pretende comercializar el producto.

En este caso, Viña Undurraga no quiere comercializar el compost obtenido, este será utilizado en el mismo predio para fertilizar los suelos. Aún así se utilizaran varios puntos de la normativa para mejorar y evaluar el sistema de compostaje.

Según esta norma se pueden clasificar dos tipos de compost según sus características, estas se indican a continuación en la Tabla 7:

Tabla 6. **Clasificación compost según NCh-2880**

Parámetro	Clase A	Clase B
Materia Orgánica	mayor, igual a 45%	mayor, igual a 25%
Conductividad Eléctrica	Menor o igual a 5 mS/cm	entre 5-12 mS/cm
C/N	10-25	25-40

Según los estudios bibliográficos realizados, se seleccionaron los parámetros que se deben analizar en un sistema de compostaje, también se evaluó la posibilidad de hacer sistemas de medición en terreno, que permitan a trabajadores de la empresa evaluar el funcionamiento del sistema de compostaje, la madurez y estabilización del material y la calidad del compost obtenido. Los resultados obtenidos para todos los parámetros se detallan en el Anexo 1.

Tabla 7. **Parámetros a analizar**

Parámetro	Frecuencia
Temperatura	diaria
pH	15-20 días
Conductividad Eléctrica	15-20 días
Sólidos totales	15-20 días
Humedad	15-20 días
Espacio Poroso	15-20 días
Densidad Aparente	15-20 días
Densidad Real	15-20 días
FAS(Free Space Air)	15-20 días
Humedad óptima	10-15 días
Materia Orgánica	15-20 días
Carbono	15-20 días
Nitrógeno total	15-20 días
Razón C/N	15-20 días
Prueba de Germinación	
% PGR	30 días
Índice de germinación	30 días

4.1.2 Temperatura

A continuación se muestra un gráfico de la variación de temperatura durante el tiempo, los datos son a partir del 22 de Agosto, 2010 hasta el 19 de enero, 2011. En el gráfico se observan cuatro tipos de compost, el Guano I y Guano II comenzaron desde la fecha inicial, en cambio Lodo I y Lodo II se formaron el 23 de septiembre y el 6 de enero respectivamente. También se indica la temperatura ambiente registrada en el lugar. La línea punteada indica el nivel óptimo que debe adquirir el material para estar sanitizado.

Para que los resultados se aprecien más claros los días comenzaran a partir de la primera medición de temperatura día 1: 22 de Agosto, 2010.

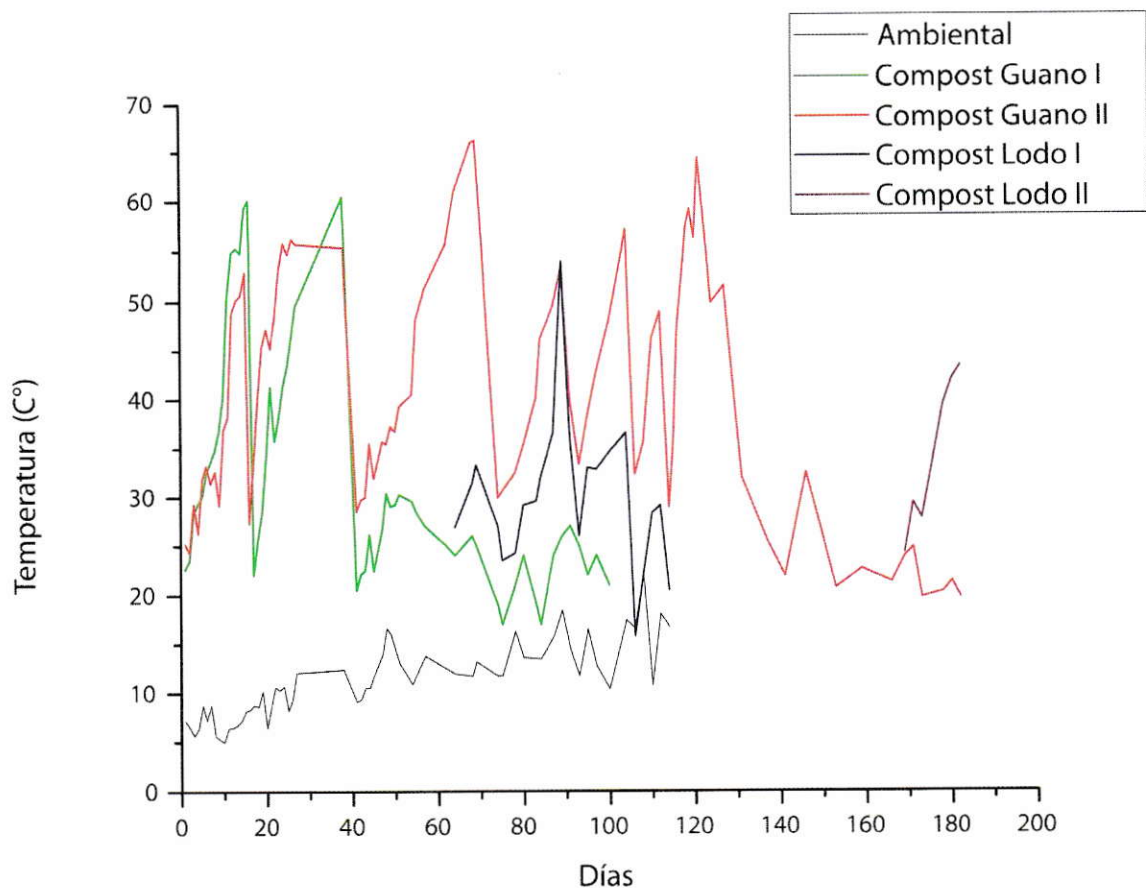


Figura 20. **Gráfico temperatura compost**

Guano I: En el gráfico se aprecia un incremento notorio de la temperatura desde el tercer día, superando los 55°C exigidos por la norma (NCh-2880 of. 2004) a partir del día 12 hasta el 16 (del 2 al 6 de Agosto). Luego de un par de semanas, el día 38 (28 de Agosto) se superan nuevamente los 55°C, asegurando así la higienización del producto. Una vez superada la etapa termófila comienza el enfriamiento y posterior maduración, a partir del día 41 (31 de Agosto) la temperatura tiene pequeñas variaciones inducidas por la temperatura ambiente. Luego de al menos 7 días de estabilización de la temperatura, se puede evaluar la madurez del producto.

Guano II: La etapa termófila es entre el día 11 y el 40, observándose una superación consecutiva de los 55°C entre el día 62 y 69 (21 y el 28 de Septiembre, respectivamente). Seguida de una drástica disminución de la temperatura que luego aumenta gradualmente, esto se puede relacionar con la aplicación de guano (día 76, 5 de Octubre), pasado un mes comienza la etapa termófila, logrando temperaturas sobre los 55°C por al menos 4 días consecutivos. A partir del día 127 la temperatura comienza a disminuir llegan a valores cercanos a la ambiente, y manteniéndose así por al menos 3 semanas.

Lodo I: Esta pila se formó el 23 de Septiembre (día 64) mezclando lodo desde la planta de tratamiento de RILES con el Compost Guano II en una proporción 1/1. El comportamiento en relación a la temperatura es bastante aleatorio, no pudiendo identificar claramente las etapas del proceso. A partir del día 77 la temperatura comienza aumentar no logrando llegar a los límites óptimos de sanitización, para posteriormente disminuir llegando a niveles de temperatura ambiente. La pila es desarmada debido a que la razón de mezcla no fue la adecuada para garantizar un proceso de buena calidad.

Lodo II: Se formó los primeros días de enero 2011(día 166), y rápidamente comenzó a aumentar su temperatura, llegando a sobrepasar levemente los 50°C. Por un confusión entre los trabajadores a cargo del volteo la pila se desarmada y mezclada con otros materiales, por lo que no se pudo continuar con su monitoreo.

4.1.3 pH y conductividad eléctrica

Se muestran dos gráficos que indican la conductividad eléctrica y el pH medidos en los distintos compost, los puntos indican el día de la toma de muestra. Estos parámetros se determinaron en los cuatro tipo de compost. En el gráfico 21 la zona achurada representa los parámetros establecido por la norma chilena 2880 para un compost de Clase B, la zona inferior corresponde a un material de Clase A. Para el compost Lodo II sólo se pudo tomar una muestra, ya que la pila fue desarmada.

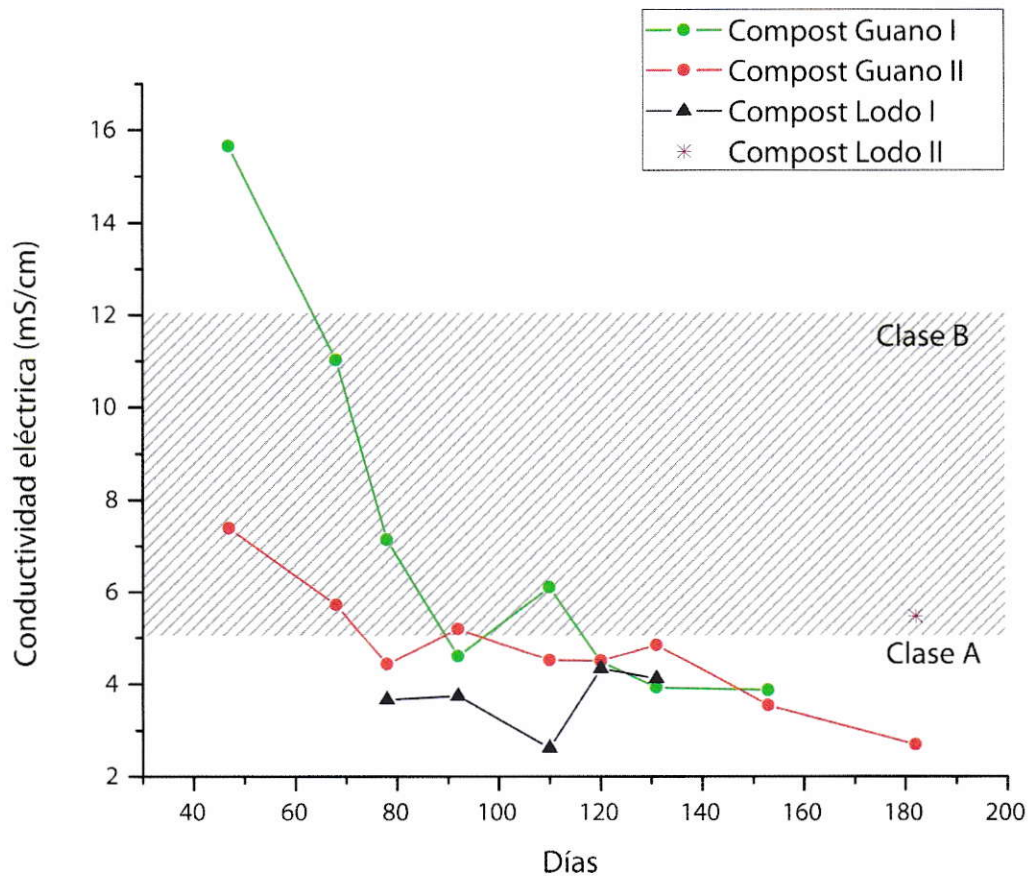


Figura 21. Gráfico conductividad eléctrica

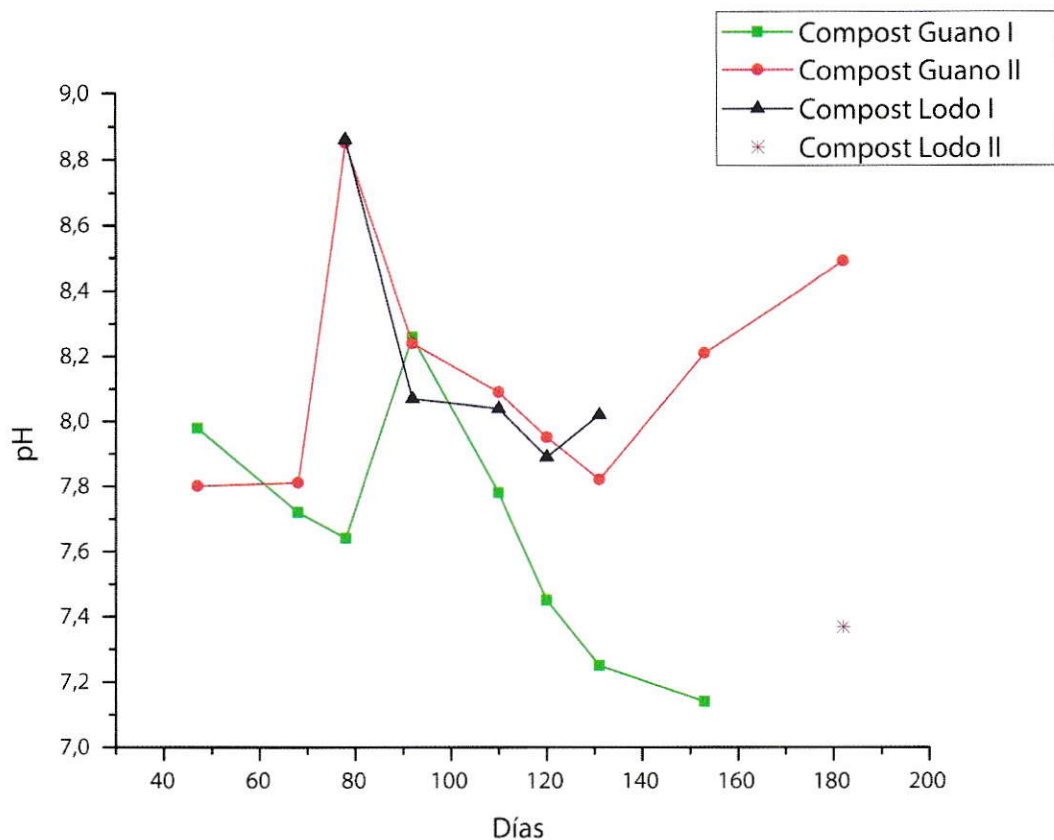


Figura 22. Gráfico pH compost

Guano I: El pH se encuentra dentro de los rangos para un adecuado proceso de compostaje, este no fue determinado desde el inicio del proceso. La conductividad eléctrica, en un comienzo, se encontraba en niveles muy altos que fueron disminuyendo, llegando hasta niveles apropiados para su aplicación, caracterizándolo como clase A según NCh 2880 of 2004.

Guano II: La muestra tomada el día 79 (8 de octubre) tiene un brusco aumento en comparación con los resultados previos, esto es asociado a que días antes (día 76) se agregó guano a la pila, posteriormente el pH disminuye levemente y se mantiene en un

nivel levemente alcalino. La conductividad eléctrica, desde el inicio, es mucho menor a la pila de Guano I, observándose una clara tendencia a la disminución para estabilizarse dentro de los rangos para Clase A.

Lodo I: Al inicio del proceso se tiene un pH muy alto, cercano a 9 que disminuye hasta niveles menos alcalinos. La conductividad eléctrica es baja comparada con los valores iniciales de los otros compost, lo que es muy bueno para la calidad del producto final, a partir del día 109 (7 de Noviembre) se aprecia un leve aumento que debe seguir en observación. No se siguió con el monitoreo Debido que la pila fue desarmada.

Lodo II: Solo se alcanzó a realizar un análisis, entregando un valor neutro de 7,3.

4.1.4 Humedad

El porcentaje de agua en el material (eje Y derecho) fue otro parámetro que se monitoreo, en el gráfico 23 se indican los resultados obtenidos a lo largo de todo el proceso, y se comparan con los niveles de agua caída en la zona (eje Y izquierdo).

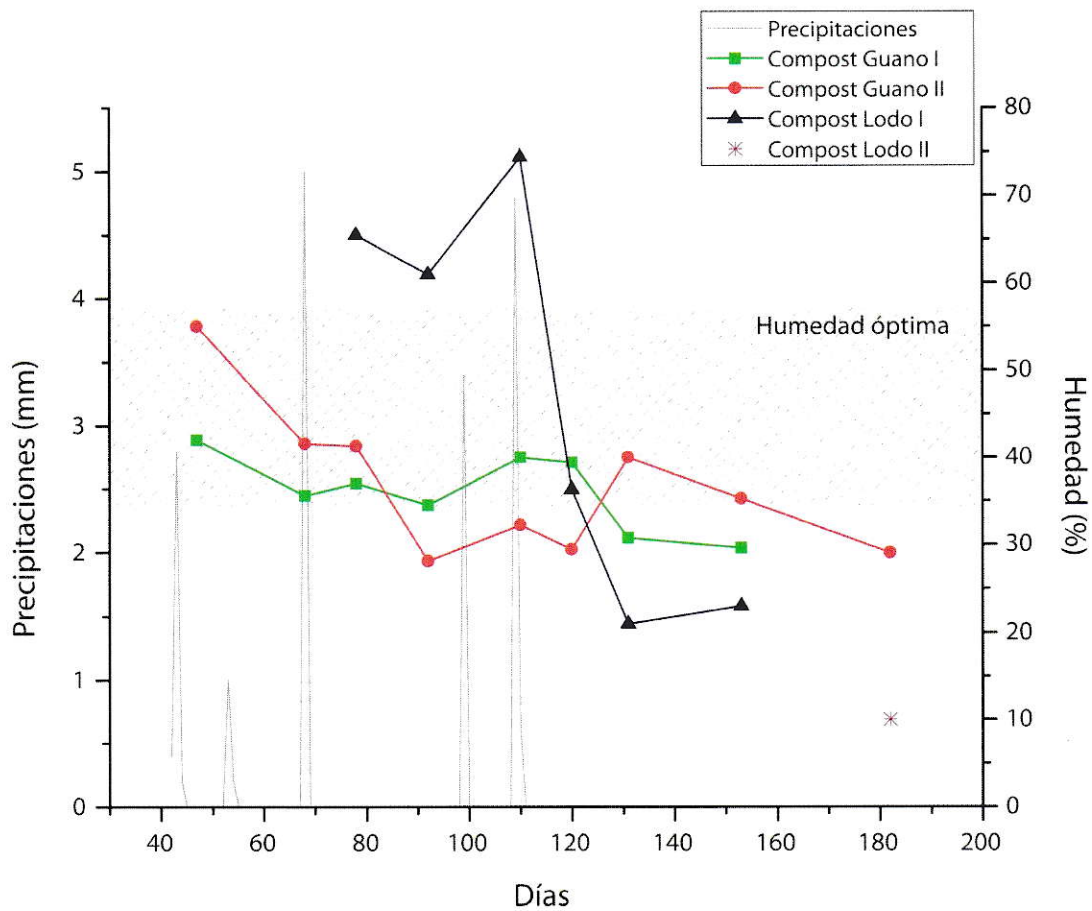


Figura 23. Gráfico humedad compost

Para todos los tipos de compost se observa que las precipitaciones (línea gris) no afectan considerablemente la cantidad de agua en el material, por lo que el porcentaje de humedad es responsabilidad exclusiva de quienes están a cargo y de ir regando el material según sea necesario.

Guano I: Desde el comienzo de las mediciones la humedad se mantuvo bajo los límites adecuados (40%), pero aún así la pila llegó a la temperatura que garantiza la sanitización, por lo que valores de humedad cercanos a un 40% también aseguran la eficiencia del proceso. Transcurridas las fases de enfriamiento y maduración (aprox. 1 mes) es necesario asegurar que el material esté seco (humedad menor al 40%) para poder aplicarlo a los suelos, el último análisis dio una humedad adecuada para su aplicación a los suelos.

Guano II: Al comienzo de los análisis el compost tenía una adecuada humedad, pero esta fue disminuyendo llegando a valores cercanos al 30%, en donde la actividad biológica decrece significativamente, esta disminución (día 92) no coincide con la baja de temperatura observada el día 68, por lo que no se puede establecer una relación entre los bajos niveles de agua en el material y la disminución de la temperatura. La baja en la humedad apreciable el día 78 (7 de octubre) puede ser debido a que días antes se agregó guano y no hubo un riego adecuado en la nueva mezcla. Al final del proceso se aprecia una disminución sostenida de la humedad, llegando a niveles adecuados para su aplicación a los suelos.

Lodo I: Las primeras mediciones indican una adecuada cantidad de agua en el material, pero luego se observa un brusco desecamiento, lo que perjudica el proceso.

Lodo II: Debido a que fue sólo una medición no se pueden determinar conclusiones, lo más relevante es que la cantidad de agua del material está muy por debajo de lo recomendado, lo que provocaría una muerte de los microorganismos y un desecamiento excesivo del material.

4.1.5 Densidad Aparente

La densidad corresponde a la masa de una muestra contenida en un determinado volumen, en este caso se determinó la densidad aparente que corresponde a la densidad que tiene la muestra fresca. En el siguiente gráfico se muestra su evolución y comparación entre las distintas muestras de compost. La estabilización de este parámetro es una señal de madurez.

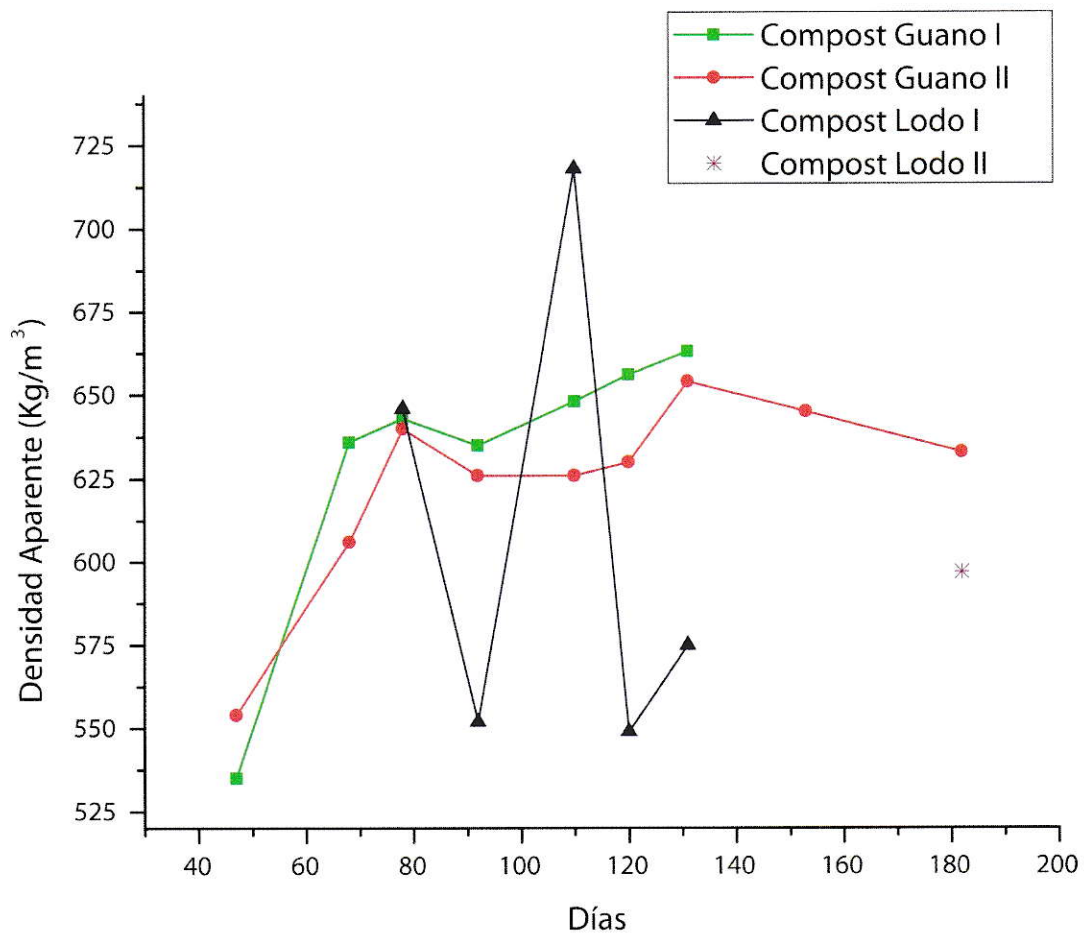


Figura 24. Gráfico densidad aparente

Guano I: Al inicio de las mediciones se observa un aumento drástico, que luego se estabiliza aumentando gradualmente, estando dentro de los límites óptimos recomendados. No existe ninguna relación directa entre los parámetros medidos anteriormente y los de densidad aparente. Eso sí vale la pena recalcar que el aumento de la densidad tiene que ver con la actividad microbiana, y una ausencia de esta no producirá un incremento de la densidad. El aumento de la densidad es proporcional al paso del tiempo en el sistema de compostaje, esto ocurre debido a la disminución del tamaño de las partículas del material. Que la densidad se mantenga relativamente constante desde el día 68 (27 de Septiembre) es un indicador de que comienza la fase de maduración.

Guano II: El comportamiento de esta pila es similar a la anterior, se observa un aumento inicial, seguido de una estabilización y luego una leve disminución que puede ser asociada a la adición de guano el día 76 (5 de octubre), el guano tiene valores muy bajos de densidad aparente. Luego de una intensa actividad microbiana y la degradación de los materiales se observa una disminución del tamaño de los agregados y una homogeneidad del material reflejada en el aumento de la densidad aparente. A partir del día 131 (29 de noviembre) los valores de la densidad se estabilizan o no tienen grandes cambios, lo que puede indicar (junto con la evaluación de otros parámetros) la madurez del material.

Lodo I: Se comenzó con valores altos de densidad debido a que se utilizó material en proceso de descomposición avanzada para realizar la mezcla con lodo. Los cambios aleatorios observados son causa de la heterogeneidad del material, luego de un mes de compostaje deberían verse estabilizados los parámetros.

Lodo II: Se pudo realizar una única medición, que al igual que lodo I entregó valores altos debido al material que se utilizó para realizar la mezcla. La pila fue desarmada por lo que no se pudo continuar con los análisis.

4.1.6 Materia orgánica

Este parámetro incluye al material orgánico proveniente de la descomposición de los seres vivos y la actividad biológica de los organismos que viven en el material, en este caso el compost. El siguiente gráfico indica las fluctuaciones de la materia orgánica de las distintas muestras de compost a través del tiempo. Valores superiores al 45% (sobre la línea punteada) indican que el producto es de alta calidad.

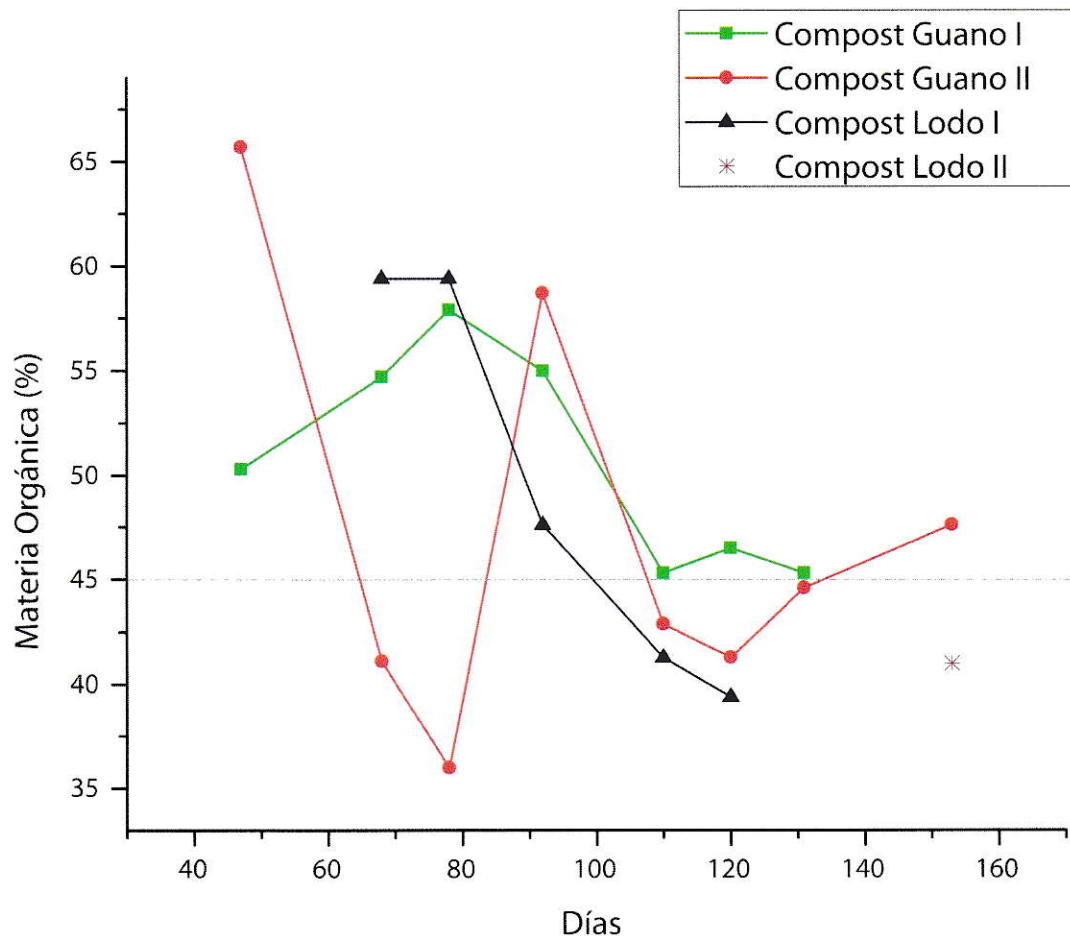


Figura 25. Gráfico materia orgánica

Guano I: Es esperable que los niveles de MO disminuyan, debido a que parte del metabolismo de los organismos presentes en el material. Una estabilización entrega información en cuanto a la madurez, debido a que indica la disminución de la actividad microbiana, y el valor final determinado indica la calidad de este, este compost es considerado de buena calidad ya que tiene un 46% de MO.

Guano II: Comparando las cantidades iniciales y finales de MO, claramente hay una disminución, pero a lo largo del proceso los resultados son aleatorios debido a la inestabilidad del material. Este compost también es un material de alta calidad.

Lodo I: La disminución de la materia orgánica es bastante radical comparada con los anteriores compost, por lo que en caso de haber continuado con esta pila era necesario seguir determinando la cantidad de MO.

Lodo II: Como la mezcla se realizó a partir de un material en estado avanzado de degradación y al parecer no hubo una mezcla muy homogénea, los niveles de materia orgánica están cercanos a los esperados para el producto al final del proceso.



Figura 26. **Fotografía pila compost, septiembre 2010**



Figura 27. **Fotografía pila compost, septiembre 2010**

4.1.7 Prueba de germinación

Con esta prueba se puede determinar el nivel de toxicidad del compost, mientras mayor es el índice de germinación (IG) menos tóxico para las plantas es el material. La línea punteada indica el límite en el cual se puede determinar que el compost está maduro (IG > 75%) y listo para pasar a la siguiente etapa de estabilización, donde no se realizan volteos ni riegos. La prueba de germinación se realiza para cada uno de los compost, utilizando un suelo de referencia que no contenga compost, las semillas se colocan en cada sustrato y luego de 10 días de comenzado el cultivo se retiran las plantas y se determina el IG.

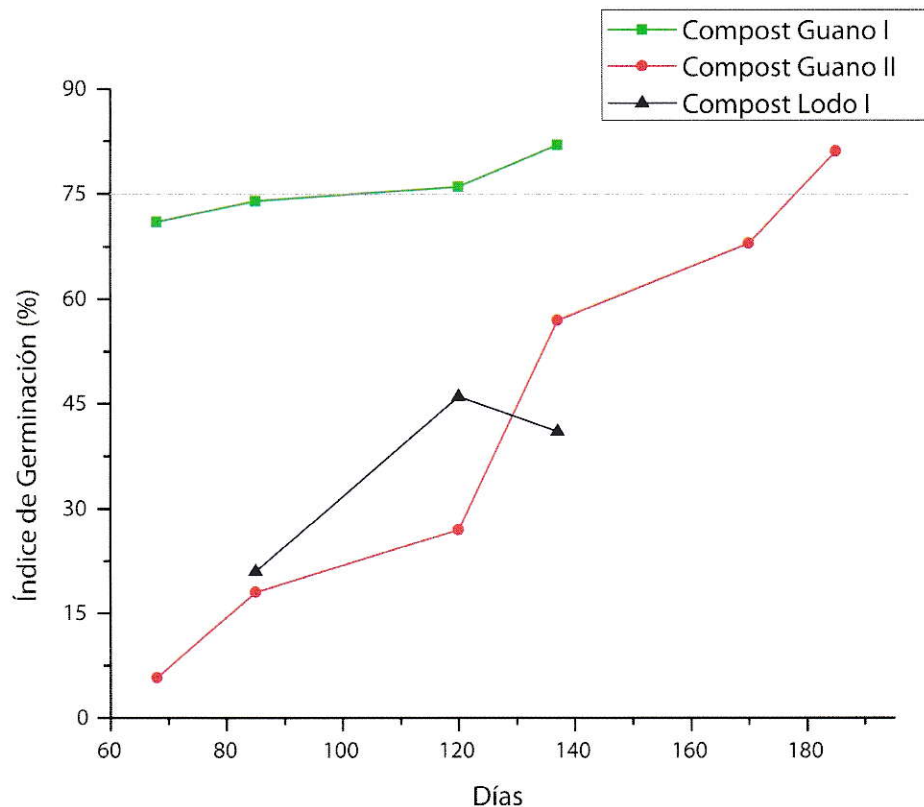


Figura 28. Gráfico Pruebas de germinación

Se utilizó semillas de rabanito para realizar esta prueba, estudios indican que estas semillas son altamente sensibles a sustancias que son tóxicas, por lo que son las más adecuadas. Este test tiene un bajo costo y puede ser realizado por cualquier persona. En este trabajo se profundizó un poco más y no sólo se determinó el Índice de Germinación en relación al porcentaje de germinación de las semillas, sino que también se evaluó el crecimiento radicular que es un importante indicador de la fitotoxicidad del sustrato.

Guano I: Desde el comienzo de los análisis se obtuvieron índices bajos de toxicidad en el material. Teniendo resultados cercanos al 75% se puede decir que el compost está en un estado maduro, esto fue el día 85 (14 de octubre), donde se trasladaron las pilas a la zona de estabilización durante 4 semanas, determinando nuevamente el IG que superó el 75%.

Guano II: Las primeras muestras tomadas entregaron resultados muy bajos, indicando una clara inmadurez del material. La cantidad de fitotóxicos fue disminuyendo a lo largo del proceso, llegando a niveles que demuestran que no hay sustancias fitotóxicas o que estarían en muy baja cantidad.

Lodo I: El índice de germinación aumentó rápidamente entre el primer test realizado y el segundo, observándose posteriormente una leve disminución, que debe seguir siendo monitoreada. Algo particular que ocurrió en este sustrato es que germinaron muy pocas semillas (entre 3 y 4) pero de gran tamaño.

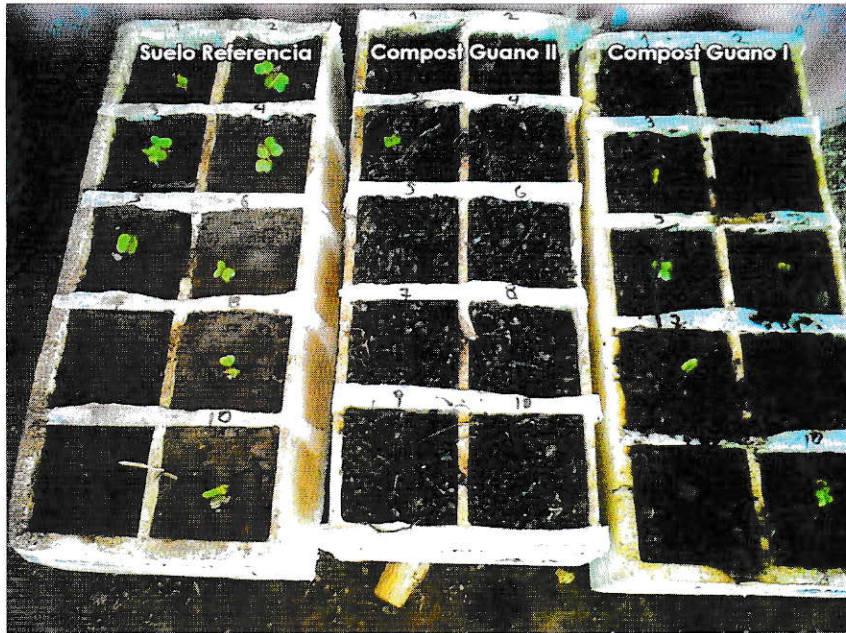


Figura 29. Fotografía prueba de germinación 7 octubre 2010

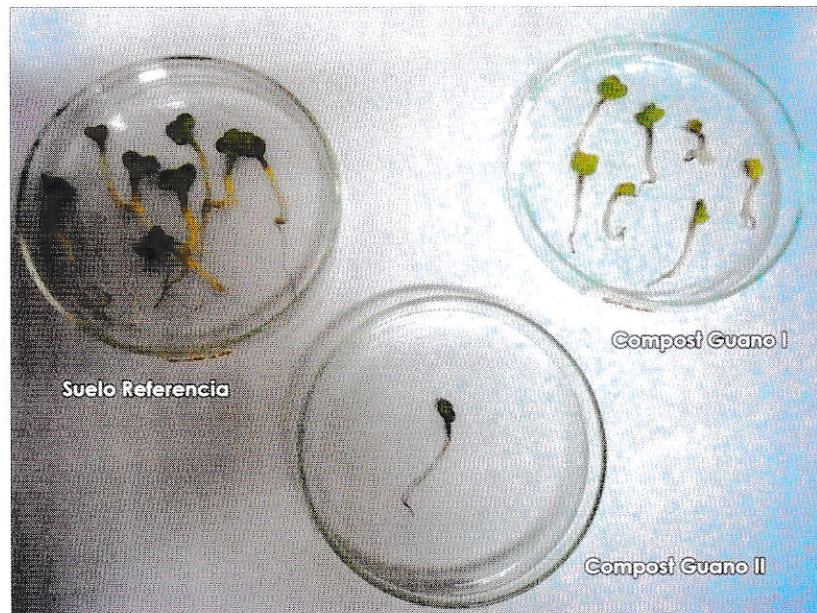


Figura 29. Fotografía resultado prueba germinación 7 octubre 2010

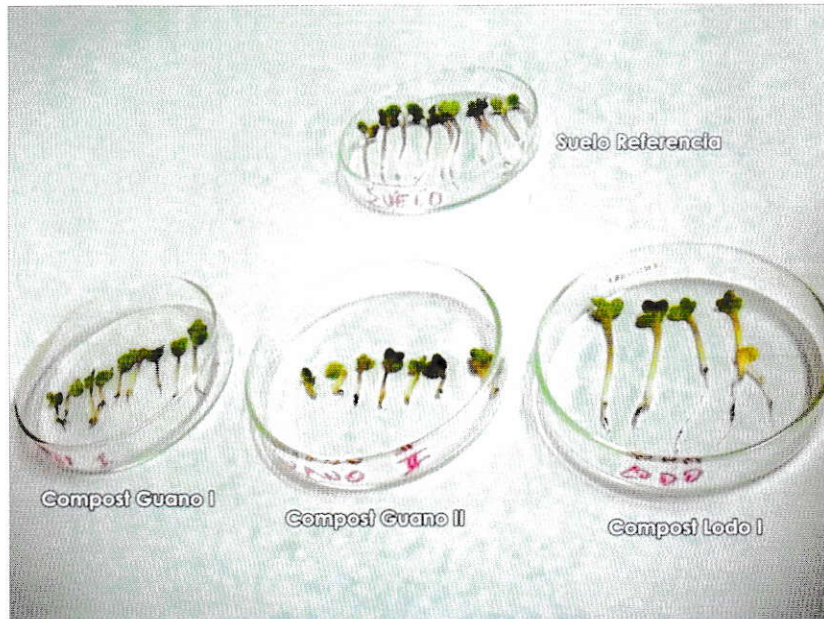


Figura 30. Fotografía resultado prueba de germinación noviembre 2010

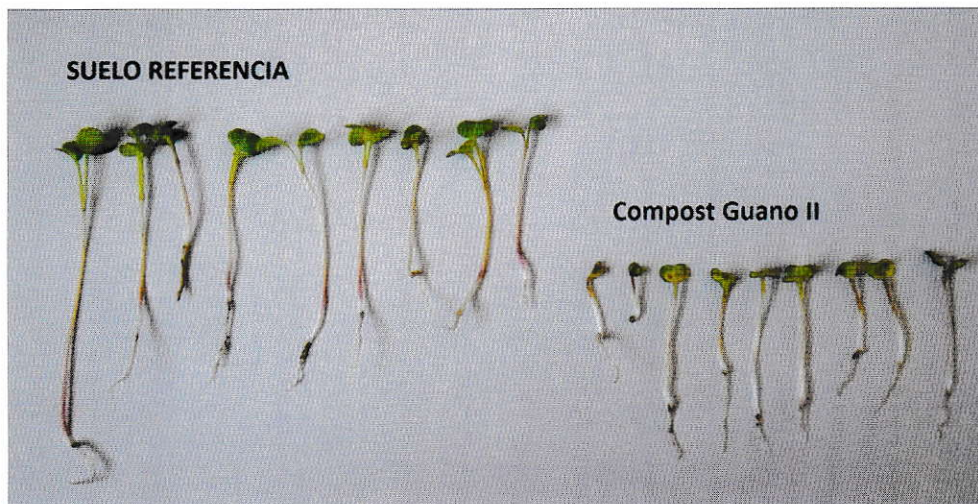


Figura 31. Fotografía resultado prueba de germinación diciembre 2010

4.1.8 Razón Carbono/Nitrógeno

Se pudo determinar la razón carbono/nitrógeno sólo al final del proceso obteniéndose los siguientes resultados

Tabla 8. **Resultados de razón C/N**

Muestra	Fecha	Carbono (%)	Nitrógeno (%)	C/N
Guano I	21 Dic 2010	25,1	1,59	15,7
Guano II	21 Dic 2010	24,7	1,33	18,6

Las dos muestras de compost están dentro de la categoría Clase A según la NCh-2880. Obtener valores de C/N menor a 20, en conjunto con otros parámetros, indican madurez del material. A lo largo del proceso de compostaje esta razón va disminuyendo, teniendo un máximo entre 25-35, que indica una alta actividad microbiana, posterior a eso se debe observar una disminución quedando en valores cercanos a 15. Esta evolución de la razón C/N no pudo ser determinada, debido a que los reactivos fueron entregados recién a fines de noviembre, momento en que los compost estaban en un estado bastante avanzado de degradación. Lo óptimo es realizar esta medición unas 3-4 veces durante el proceso.

4.1.9 Test de madurez

Si al mantener la muestra de compost en condiciones anaeróbicas durante 24 h a 55°C el pH se mantiene sobre 6, es un indicador de que el compost se encuentra maduro. Esta prueba se realizó en el laboratorio y paralelamente se realizó un test de olor que intenta igualar este test pero de una forma sencilla sin tener que recurrir a un laboratorio. En el caso que al realizar el test de olor, el material envasado esté con un aroma desagradable, indica una inmadurez del producto.

A continuación se muestra una tabla comparativa con el test de madurez y el test de olor realizado en la misma fecha.

Tabla 9. **Resultados test de madurez**

Test de madurez	Fecha	Guano I	Guano II	Lodo I
pH	27 Sept	8,2	5,7	-
Olor	27 Sept	No desagradable	Levemente desagradable	Muy desagradable
Resultado		Maduro	No maduro	No maduro
pH	19 Oct	7,8	6,1	
Olor	19 Oct	No desagradable	Levemente desagradable	
Resultado		Maduro	No maduro	
pH	28 Nov	7,5	6,4	-
Olor	28 Nov	No desagradable	Levemente desagradable	Muy desagradable
Resultado		Maduro	No maduro	No maduro
pH	20 Dic	-	6,8	-
Olor	20 Dic	-	No desagradable	-
Resultado		-	Maduro	-
pH	05 Ene	-	7,2	-
Olor	05 Ene	-	No desagradable	-
Resultado		-	Maduro	-

Con estos resultados podemos determinar una correlación entre los datos obtenidos en el laboratorio y los realizados sin la necesidad de éste. Cuando se realiza por primera vez el test de olor y da como resultado madurez, se debe comparar con otros resultados, como el test de germinación y la temperatura y posteriormente evaluar si se puede aplicar a los suelos, debido a que el que esté en estado maduro no significa que esté listo para utilizarlo como enmienda orgánica.

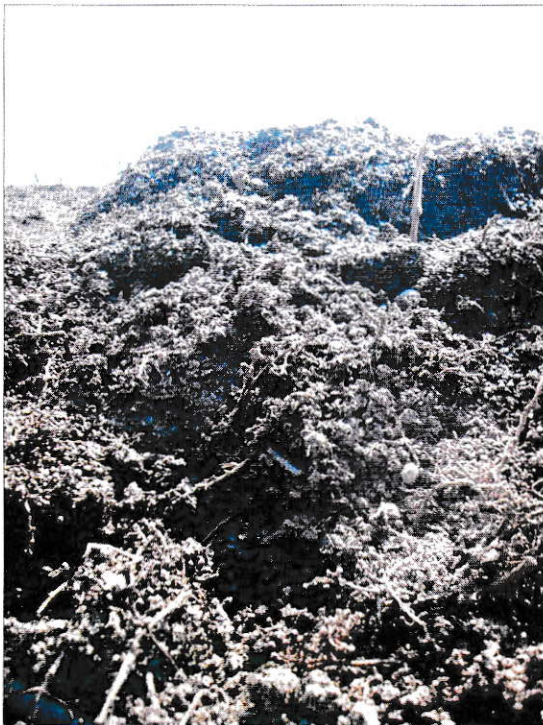


Figura 32. Fotografía compost inmaduro, septiembre 2010



Figura 33. Fotografía compost maduro, diciembre 2010

3.2 Plan de Control y Manejo

Luego de realizar el monitoreo del material durante cuatro meses se realizó un Plan de Control y Manejo que incluye todas las actividades a realizar desde el inicio del proceso, con la llegada de la materia prima, se entregan las dosis recomendadas para cada pila. Se redistribuyó el terreno, dividiendo la zona en tres áreas para facilitar todo el proceso de compostaje. Además de la organización de la planta se realizaron nuevamente todos los registros necesarios para mantener controlado el compost, estos registros se encuentran adjunto en el Anexo 2 y son todos los documentos que fueron entregados directamente a la empresa.

También se incluyen pruebas de monitoreo, que permiten evaluar de forma rápida y sencilla el proceso, estas también están adjuntas en el Anexo 2. Estas pruebas permitirán determinar el estado de madurez del compost y permiten asegurar un buen proceso.

A continuación se detalla cada una de las etapas propuestas en este Plan de Control y Manejo.

3.2.1 Planta de Compostaje

Es importante mantener un orden en cuanto a la organización de las pilas de compost, este debe ser respetado durante todo el proceso. La contaminación entre los residuos frescos y el material maduro y estabilizado es muy frecuente y puede contribuir a obtener un producto de mala calidad con agentes patógenos que son dañinos para el suelo, las plantas y la salud humana. Para evitar cualquier problema se realizó un Plan

de Control y Manejo del Compost que permitirá tener un orden durante todo el periodo de compostaje.

La zona de compostaje se divide en tres grandes áreas:

- Zona de materias primas
- Canchas de compostaje
- Zona de estabilización

Estas áreas deben tener una separación que no sólo permita el paso de la maquinaria sino que también evite una contaminación entre los distintos tipos de materiales. Actualmente el área total destinada al sistema de compostaje es de 2.900 m².

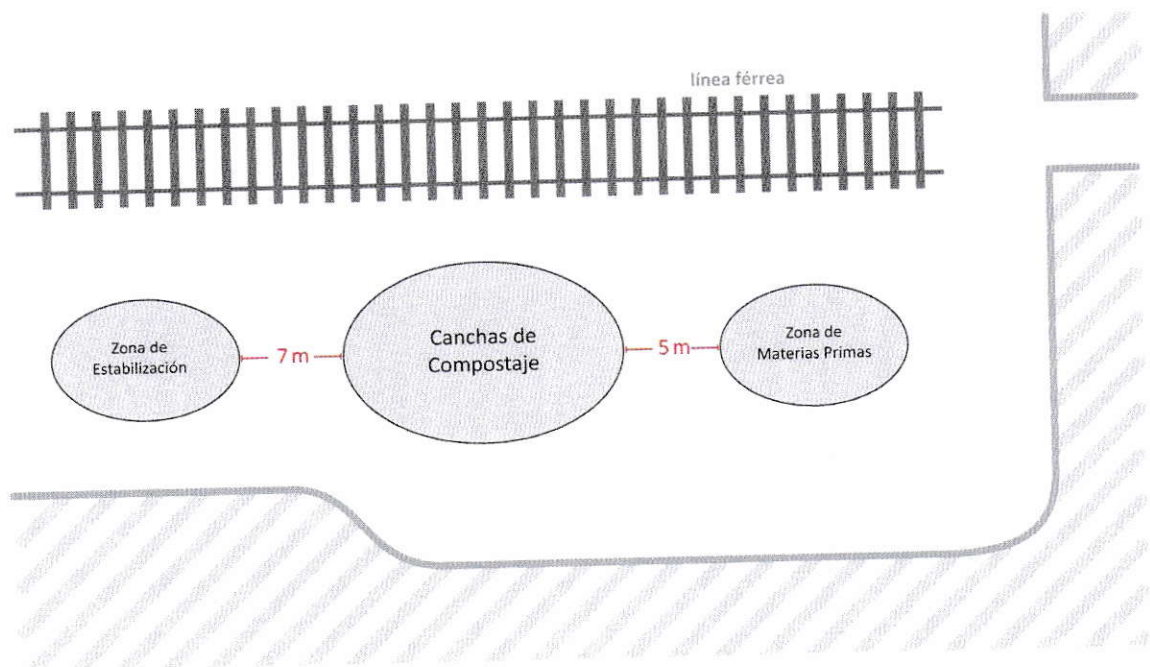


Figura 34. Plano general planta compostaje

Zona de Materias Primas

En este sector se deben acopiar todas las materias primas previas a la formación de las pilas de compost como el escobajo, orujo, guano y lodo. Se debe mantener siempre una pila con escobajo, debido a que el lodo se obtiene a lo largo de todo el año y siempre debe ser mezclado con este sustrato para una adecuada degradación biológica.

Las pilas de materia prima deben tener al menos dos metros de distancia y su altura no tiene límites, sin embargo es recomendable que no superen los dos metros para facilitar su manejo. Es importante asegurar la limpieza de estas, para así evitar una contaminación por agentes externos una vez que se arma la pila en las canchas de compostaje.

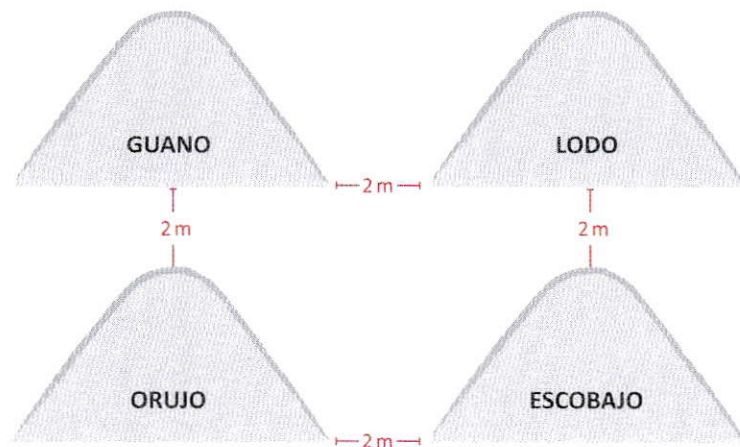


Figura 35. Distribución materias primas

Canchas de Compostaje

Estas se colocarán a lo largo del terreno, es importante que existan unos 2-3 metros de distancia entre cada una de ellas para asegurar el paso de la maquinaria para el volteo y evitar la mezcla de material entre una pila y otra. Las pilas de compost deben tener un ancho aproximado de 2 metros y no superar el 1.5 m de altura. Se armarán 4-5 pilas de compost según los parámetros exigidos anteriormente, en el caso que sólo alcancen 4 pilas y aún falte material para compostar, este debe ser distribuido en las pilas anteriores equitativamente, aumentando sólo la altura de las pilas de compost.

Cada una de las pilas se diferenciará con un código, cada pila tendrá una mezcla de residuos que deben ser especificados en el registro R-MT-001 (Materias primas para producción de compost con residuos vitivinícolas, Anexo 2). Las figuras 37a y 37b muestran el actual estado de las pilas de compost.

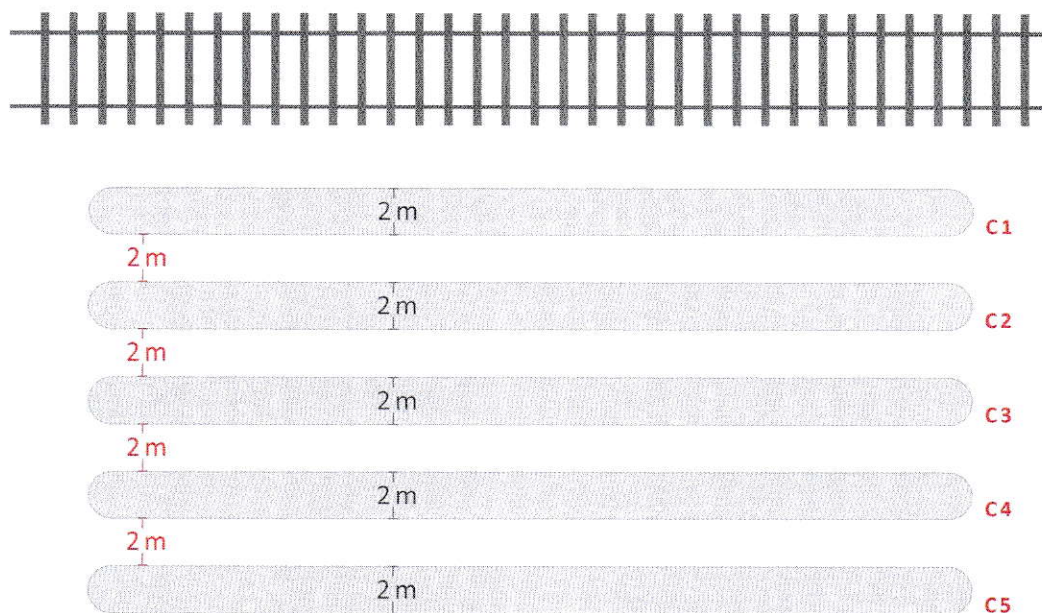


Figura 36. **Separación pilas de compost**

Características de las pilas

Estas no deben superar el 1,5 m de altura y el ancho de estas debe ser aproximado de 2m, la distancia entre cada una de las filas es importante, debido a que se debe permitir el paso de maquinaria y la formación de canales que permitan escurrir los lixiviados.

Las pilas tienen una forma trapezoidal, y con esto se puede determinar el volumen aproximado de cada pila utilizando la siguiente fórmula:

$$V = \frac{1}{2} \cdot (A + B) \cdot H \cdot L$$

Donde:

V= Volumen de la pila

A= Ancho promedio de la base

B= Ancho promedio de la cara superior

H= Altura promedio de la pila

L= Longitud de la pila

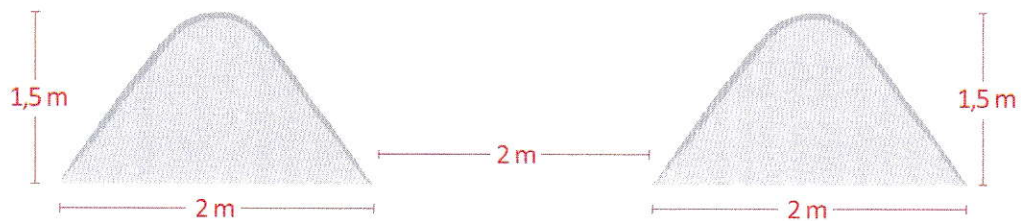


Figura 37. **Medidas de pilas compost**



Figura 38. **Fotografía pilas compost**



Figura 37b. **Fotografía pilas compost)**

Zona de Estabilización

En esta zona se acumulará el compost que ya está en estado de maduración, para ello se armarán pilas de gran altura con base circular, las pilas deben estar a unos 7 metros del sector de las canchas de compostaje, para evitar contaminación, la separación entre cada una de las pilas de estabilización debe ser de al menos 2 metros. El material apilado no debe ser volteado ni regado, debe permanecer en esta zona durante al menos 4 semanas.

Luego del tiempo de estabilización el material debe ser arneado y limpiado de materiales ajenos al proceso, como piedras y bolsas plásticas, para luego ser aplicado a los suelos. La figura 39 muestra el actual estado de la zona de estabilización, se puede observar la presencia de muchas piedras y materiales ajenos al proceso.

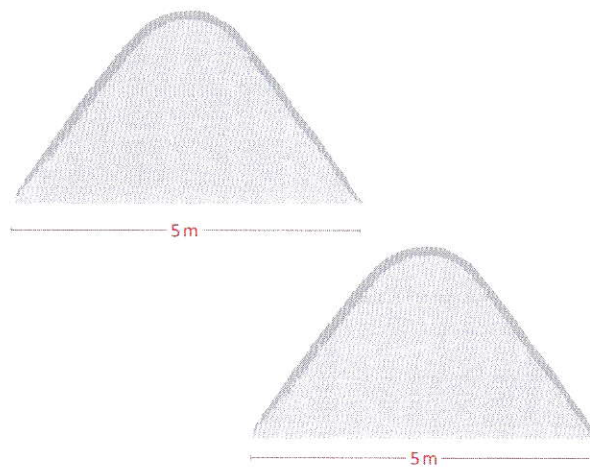


Figura 38. Zona de estabilización



Figura 39. **Fotografía zona de estabilización**

Limpieza de las Pilas

Es necesario asegurar la limpieza de las pilas durante todo el proceso, eliminar agentes externos como bolsas, basuras, tubos de pvc, entre otros, que afectan negativamente el normal funcionamiento del sistema. Es importante de las materias primas estén libre de estos agentes, y se recomienda cada 3 semanas o junto con los volteos realizar una limpieza exhaustiva de las pilas.

Producción de Lixiviados

Debido a que el riego se realiza por goteo, la distribución del agua no es homogénea a lo largo de la pila de compost, una opción a evaluar es la utilización de regadores del tipo rociadores que permiten adicionar agua de manera más homogénea y evitar así la producción de lixiviados. Otra forma más económica es colocar la manguera de riego

solo unos minutos pero en distintas partes de la misma pila, para así distribuir el agua de mejor manera. Por ahora se recomienda realizar un pequeño canal a lo largo de toda la cancha de compostaje pasando a un costado de las pilas para así conducir y retener el agua, evitando que está llegue a las plantaciones de vid. Estos lixiviados pueden ser reutilizados en el riego de las pilas de compost. Para controlar de mejor forma los lixiviados es recomendable hacer enterrar un estanque de polietileno de alta densidad al final de los canales, es importante proteger el estanque e indicar con señalética su ubicación para evitar accidentes. La figura 40 muestra la producción de lixiviados y el inadecuado manejo que hay actualmente.



Figura 39. **Fotografía lixiviados en canchas compost**

Registro

Se adjuntan tablas de registro (Anexo 2) que se deben completar una vez iniciado el proceso de compostaje, indicando fecha y tipo de material a compostar, así como la ubicación de la pila. La ubicación de las pilas debe ser según el mapa adjunto (Figura 33). Cada pila tendrá un número que será asociado a una determinada materia prima y a una fecha de inicio. A lo largo de todo el proceso de compostaje se deben ir completando todas las tablas de registro, a continuación en la Tabla 11 una matriz que simplifica todo el registro adjunto.

Tabla 10. Registros asociados al Plan de control y manejo (Anexo 2)

Nombre	Código
Materias primas para la producción de compost con residuos vitivinícolas	R-MT-001
Programa de volteos compost	R-PV-001
Monitoreo de humedad, pH y conductividad eléctrica	D-HP-001
Monitoreo de la densidad del compost	D-DA-001
Programa de limpieza del compost	R-PL-001
Test de índice de germinación	R-TG-001
Test de olor	R-TO-001
Registro de temperatura	R-TP-001

3.2.2 Requerimientos operacionales

Aquí se especifica y describe la maquinaria necesaria para el buen desarrollo de la planta de compostaje.

- **Volteadora**

La siguiente imagen es de una volteadora que debe ser tirada por un tractor que va a un costado de la pila de compost, está maquina consta de un sistema que voltea desde la base de la pila mezclando los materiales de forma homogénea y manteniendo la forma trapezoidal.



Figura 40. **Máquina volteadora de compost**

Adquirir una maquinaria que permita un volteo eficiente y además un riego adecuado es sin duda una buena inversión, debido a que facilita todo el proceso y acelera la degradación de la materia orgánica, permitiendo una adecuada mezcla, incorporando aire a lo largo de toda la pila, agregando agua de forma homogénea y en un pequeño porcentaje tritura el material a compostar.

Sin embargo, la adquisición de esta maquinaria no es imprescindible ya que actualmente se utiliza una retroexcavadora con carga frontal que ha funcionado bastante bien volteando las pilas de compost. Utilizando una retroexcavadora es necesario separar las pilas, de forma que estas se puedan desplazar hacia un costado cuando sean volteadas, se deben regar todas las pilas previo al volteo para asegurar así una homogenización y también evitar el levantamiento de material particulado.

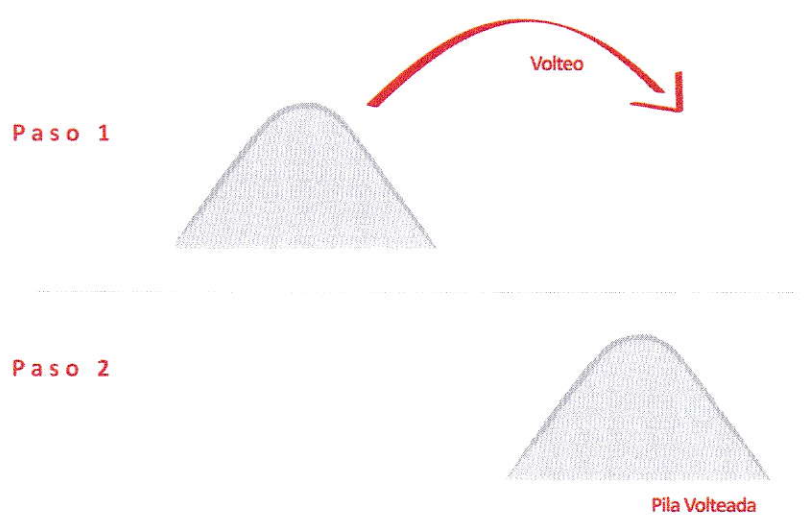


Figura 41. Metodología de volteo

Por lo que con el arriendo de una retroexcavadora y cumpliendo las exigencias expuestas en este manual no habrán inconvenientes en un cuanto al volteo de las pila de compost.



Figura 42. Retroexcavadora para volteos

- **Chipeadora**

Una chipeadora o trituradora permite disminuir considerablemente el tamaño del material a compostar, lo que aumenta la superficie de contacto para los microorganismos acelerando el proceso de degradación. Esta maquinaria es sólo una opción debido a que los materiales a compostar en este caso no son de gran tamaño por lo que no es algo indispensable. Esta maquinaria posee unas cuchillas giratorias que trituran el material y el producto obtenido se conoce como chip.

- **Harnero o tamiz**

Consiste en una malla metálica que permite la separación del material por tamaños, logrando así una limpieza del producto final facilitando su aplicación a los suelos. El compost una vez maduro y estabilizado (también puede ser harneado entre las etapas de maduración y estabilización) debe ser harneado para garantizar que esté libre de agentes externos como piedras, plásticos y basura en general. Es importante que el material a tamizar esté seco con un máximo de un 30% de humedad. Al harnear todo el material residual que quede y sea externo al proceso debe ser eliminado, material como ramas u otro que pueda volver a ser compostado debe ser ingresado a las pilas ubicadas en la cancha de compostaje.

3.2.3 Plan de Manejo

Este Plan consiste en una guía para la administración del sistema de compostaje, se establece de manera detallada todos los pasos a seguir y las técnicas para controlar de manera adecuada el proceso. Permitiendo así organizar y estructurar desde la recepción de los residuos hasta la aplicación del producto final a los suelos.

Recepción de materias primas

En un principio sólo se trataran los residuos obtenidos dentro del mismo Fundo Santa Ana de la Viña Undurraga, los cuales corresponden al orujo, escobajo y lodos provenientes de la planta de tratamiento ubicada dentro del mismo predio. El orujo y escobajo se producen entre los meses de febrero y mayo.

A continuación se indica una forma teórica de establecer los porcentajes de mezclas de materia prima para obtener una razón de mezcla C/N de 30, según los parámetros de humedad, carbono y nitrógeno.

Tabla 11. **Características de materias primas para compost**

Muestra	Humedad	Carbono	Nitrógeno	Razón C/N
Orujo + Escobajo	62,3%	44,3%	1,75%	25,3
Lodo	83,6%	40%	4,24%	9,4

Primero se debe calcular para cada una de las muestras la materia seca, los Kg de nitrógeno y de carbono para posteriormente determinar la proporción más adecuada.

→ Cálculo de la materia seca

$$MS = 1 - \frac{H\%}{100}$$

Donde

MS= Materia seca

H%= Porcentaje de humedad

→ Determinación masa de nitrógeno

$$Kg \text{ de } N = MS \cdot \frac{N\%}{100}$$

Donde

MS= Materia seca

N%= Porcentaje de nitrógeno

→ Determinación masa de carbono

$$Kg \text{ de } C = MS \cdot \frac{C\%}{100}$$

Donde

MS= Materia seca

C%= Porcentaje de carbono

→ Determinación proporción adecuada, obteniendo así la cantidad de muestra B por cada kilogramos de muestra A

$$\frac{C}{N} = 30 = \frac{Kg\ C\ muestra\ A + (P \cdot Kg\ de\ C\ muestra\ B)}{Kg\ N\ muestra\ A + (P \cdot Kg\ de\ N\ muestra\ B)}$$

Utilizando como ejemplo los valores de la tabla 2 y considerando al orujo + escobajo como muestra A y al lodo como muestra B obtenemos.

→Cálculo de la materia seca

Orujo + Escobajo

$$MS = 0,377$$

Lodo

$$MS = 0,164$$

→ Determinación masa de nitrógeno

Orujo + Escobajo

$$Kg\ de\ N = 0,377 \cdot 0,0175 = 6,5 \times 10^{-3}\ Kg\ de\ N$$

Lodo

$$Kg\ de\ N = 0,164 \cdot 0,0424 = 6,9 \times 10^{-3}\ Kg\ de\ N$$

→ Determinación masa de carbono

Orujo + Escobajo

$$\text{Kg de C} = 6,5 \times 10^{-3} \cdot 25,3 = 0,16 \text{ Kg de C}$$

Lodo

$$\text{Kg de C} = 6,9 \times 10^{-3} \cdot 9,4 = 0,64 \text{ Kg de C}$$

→ Determinación proporción adecuada

$$\frac{C}{N} = 30 = \frac{0,16 \text{ Kg C} + (P \cdot 0,64 \text{ Kg C})}{6,5 \times 10^{-3} \text{ Kg N} + (P \cdot 6,9 \times 10^{-3} \text{ Kg N})}$$

Despejando P se obtiene

$$P = 0,08 \text{ Kg de lodo por 1 Kg de orujo + escobajo}$$

Por lo tanto para obtener una razón C/N de 30 se necesita aplicar un **8% de lodo a la mezcla de orujo y escobajo.**

Armado de pilas

Una vez realizada la mezcla se deben armar las pilas según lo establecido anteriormente, respetando la separación entre ellas, así como también se debe completar la tabla de registros correspondiente a la clasificación de materias primas.

Riego y volteo de pilas

El riego permite mantener la humedad para un adecuado desarrollo microbiano, igualmente importante es la aireación que se realiza mediante un volteo con maquinaria especializada.

- Riego: Las pilas se deben mantener siempre húmedas, evitando una excesiva producción de lixiviados, estos líquidos pueden ser reutilizados en las mismas pilas. Se recomienda mojar las pilas cada 3-4 días en periodos de ausencia de precipitaciones, el riego debe ser lo más homogéneo posible, a lo ancho y largo de toda la pila. Es importante que antes de realizar un volteo estas estén bien húmedas para poder homogenizar el material y también evitar el levantamiento de material particulado.

- Volteo: El volteo de las pilas permite una aireación y una mezcla del material, distribuyendo los microorganismos asegurando una adecuada degradación de la materia orgánica. Durante el periodo de compostaje, las pilas deben ser volteadas con un mínimo de cinco veces. Es importante que la pila mantenga por al menos 3 días temperaturas sobre los 55°C, si van dos días con estas temperaturas y según lo estipulado en el programa de debe realizar un volteo, este debe ser suspendido unos 2-3 días más. Otra alternativa en cuanto a la temperatura es que la pila se mantenga sobre los 45° por 12 días consecutivos sin realizar ningún volteo durante este periodo.

Es de suma relevancia que la pila cumpla este requisito debido a que así se asegura una higienización del producto final. Se mantendrá un registro con el programa de volteo, este se encuentra adjunto en el Anexo 2 código R-PV-001.

En el caso que la temperatura supere los 70°C por más de 24 hrs es necesario regar la pila y realizar un volteo para disminuir estos altos niveles. En periodos de excesivas precipitaciones en donde la pila se mantenga por más de 48 hrs con altos niveles de humedad (sobre el 60%) es necesario realizar un volteo para distribuir el agua, airear y disminuir la cantidad de humedad, debido a que esto producirá una desaceleración del proceso, emanación de malos olores y una posible atracción de vectores.

El periodo de compostaje será relativo de acuerdo a cada temporada y material utilizado, pero de manera promedio se estima que la duración hasta la madurez del compost es de casi 13 semanas, unos 90 días, y luego el periodo de estabilización son 4 semanas extras. Es importante que se realice un último volteo al final del proceso (día 90) para asegurar su maduración, si luego de este volteo la temperatura no aumenta es señal de que el material está listo para la etapa de estabilización. El siguiente gráfico resume la relación entre el tiempo, riego y volteo de las pilas de compost. Los volteos deben ser con un riego previo, exceptuando el último (día 90), debido que este se realiza para garantizar la madurez del producto.

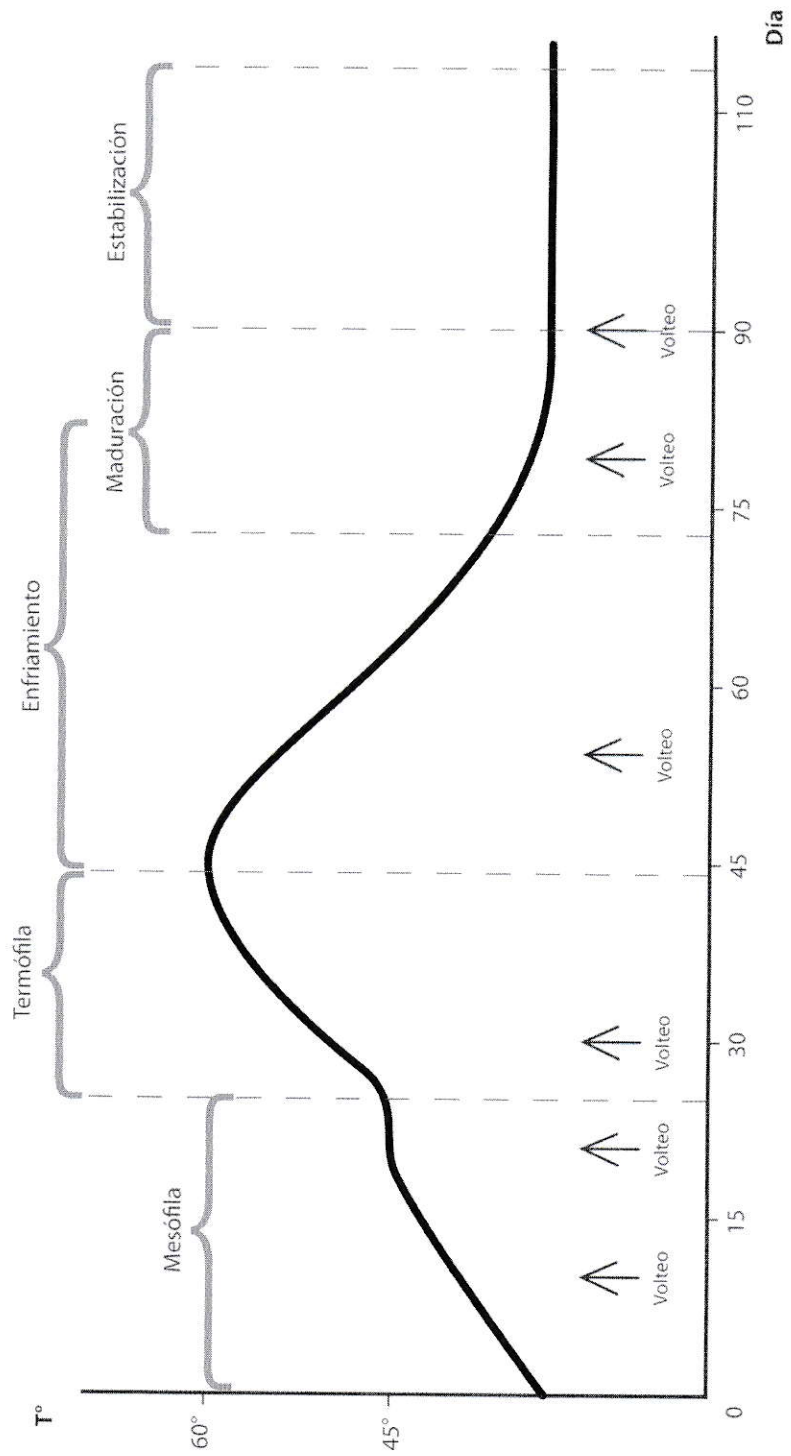


Figura 43. Proceso general de compostaje

Volteo Día 10 20 30 55 80 90

Monitoreo

El monitoreo es una etapa fundamental dentro del proceso debido que permite ir controlando periódicamente el funcionamiento de éste. Se anexan tablas de registros para cada uno de los parámetros que se deben ir controlando (ver Anexo 2).

- Humedad

Como se ha explicado con anterioridad, la presencia de agua es muy importante dentro de la producción de compost, existen dos métodos para determinarlo uno es in-situ mediante un test de estabilidad de los agregados y el otro es mediante una diferencia de masa.

- ❖ Test de estabilidad de los agregados:

Este debe ser realizado al menos cada dos días y en distintos puntos de cada una de las pilas, consiste en realizar una perforación de unos 10 cm en la pila de compost y sacar con la mano una porción de material, el material sacado debe ser apretado con la mano y volver a soltar, de acuerdo a la estabilidad del trozo tomado se puede concluir que:

Tabla 12. **Determinación en terreno (*in-situ*) de humedad**

Luego de apretar el material	Humedad aproximada	Significado	Plan de acción
Material muy mojado, gotea.	Mayor al 60%	Exceso de agua	Si se mantiene por 48 hrs. voltear.
Material mantiene su forma, no gotea	40-50%	Rango óptimo	Mantener
Los materiales se disgregan	Menor al 40%	Muy seco	Regar 2-3 días seguidos.

❖ **Diferencia de masa**

Lo óptimo es realizar esta prueba en un laboratorio utilizando pesa analítica y equipos especializados, pero si no es posible se puede realizar con material doméstico y un horno microondas convencional. Para ello se deben seguir los siguientes pasos:

- Pesar un recipiente que pueda ser utilizado en un horno microondas, anotar valor de la masa.
- Agregar al recipiente 100 gramos (lo más exacto posible) de compost. Se puede utilizar otra cantidad, pero ésta debe estar anotada (masa muestra inicial).
- Colocar el recipiente con la muestra en el horno microondas durante 3-6 minutos.
- Dejar enfriar unos minutos dentro del microondas y luego fuera de éste.
- Pesar el recipiente con la muestra.
- Volver a colocar el recipiente con la muestra en el horno microondas por 1 minuto.
- Dejar que se enfríe y volver a pesar la muestra.

- Repetir este procedimiento hasta que las masas no varíen considerablemente (masa muestra seca).
- Es importante que a cada una de las masas anotados se le debe restar la masa del recipiente antes de utilizar la fórmula.
- Calcular el porcentaje de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{humedad} = \frac{\text{masa muestra inicial} - \text{masa muestra seca}}{\text{masa muestra inicial}} \cdot 100$$

- Los resultados obtenidos deben ser registrados en la tabla "Monitoreo de humedad, pH y conductividad eléctrica" código D-HP-001 (ver Anexo 2).

- pH y Conductividad Eléctrica

Estos parámetros deben ser realizados en un laboratorio, se necesitan los siguientes equipos y materiales y se deben seguir los siguientes pasos. El pH también puede ser medido en el extracto utilizando un papel pH o tornasol.

- o Equipos y Materiales
 - Frascos plásticos agitables con tapa, de 250 mL
 - Agitador Orbital
 - Balanza
 - Medidor de conductividad
 - Medidor de pH

o Reactivos

- Agua de clase 2 según NCh426/2 (CE≤0,5 mS/cm a 25°C) y con pH>5,6

o Procedimiento

- Se calcula la masa de la muestra húmeda equivalente a 40g de muestra seca a 70±5°C

$$A = \frac{40}{ST} \cdot 100$$

Donde,

A= masa de muestra húmeda, en gramos.

ST= sólidos totales, en % en base a muestra húmeda.

- Calculo del volumen de agua necesaria para una razón 1:5 = muestra : agua

$$B = 200 - (A - 40)$$

Donde,

B= volumen de agua, mL

A= masa de muestra, en gramos

- Pesar la masa calculada (A) en un frasco 250 mL. Incluir un blanco.
- Agregar el volumen de agua calculado y tapar.
- Agitar durante 20 min a 180 rpm.
- Destapar los frascos.

- Centrifugar.
- Medir el pH y la conductividad eléctrica en el extracto.
- Los resultados obtenidos deben ser registrados en la tabla “Monitoreo de humedad, pH y conductividad eléctrica” código D-HP-001 (ver Anexo 2).
- Densidad

Para determinar in-situ este parámetro de manera fácil se utilizarán los siguientes materiales

- Recipiente pequeño
- Pesa
- Agua

Para determinar la densidad de utiliza la formula:

$$D = \text{masa} / \text{volumen}$$

Primero se debe determinar el volumen que tiene el recipiente, para ello se utilizará el peso del agua considerando que su volumen=masa, una vez obtenido el volumen que tiene el recipiente se determinará la densidad del material.

Ejemplo:

$$\text{Densidad agua} = D = 1 \text{ g/mL}$$

$$\text{Masa del Recipiente} = 300 \text{ g}$$

$$\text{Masa del Recipiente} + \text{agua (se desconoce su valor)} = 800 \text{ g}$$

$$\text{Volumen del Recipiente} = X$$

- Calcular masa del agua

(Masa del Recipiente + agua)- masa del Recipiente = 500 g = Masa del agua (m)

Reemplazando en la formula $D = \text{masa/volumen}$

$$D = m / v$$

$$1 \text{ g/mL} = 500 \text{ g} / X \text{ mL}$$

$$X \text{ mL} = 500 \text{ mL}$$

El volumen del Recipiente es de 500 mL, por lo que para determinar la densidad de una muestra de compost se deben utilizar los siguientes datos

- Masa del recipiente solo
- Masa del recipiente + compost
- Capacidad del recipiente en volumen= 500 mL

Y utilizando la siguiente formula

$$D \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right) = \frac{(\text{masa recipiente} + \text{compost}) - \text{masa del recipiente}}{500 \text{ mL}} = \text{DENSIDAD COMPOST}$$

Para transformar de g /mL a Kg/ m³ se debe multiplicar por 1000. La densidad óptima al finalizar el proceso es entre 500-750 Kg/m³. Una forma de verificar la madurez del material es que la densidad no tenga variaciones significativas.

Se deben registrar todos los resultados obtenidos en la tabla correspondiente a "Monitoreo de la densidad del compost" código D-DA-001 (ver Anexo 2).

- Razón C/N

Los microorganismos para sobrevivir necesitan una distinta relación de carbono y nitrógeno para sobrevivir, estos elementos forman parte de proteínas, hidratos de carbono y lípidos. Por cada 30 partes de carbono consumen una de nitrógeno, por lo tanto se estima que para un adecuado compostaje se debe mantener una razón C/N entre 25-35. Un valor muy bajo se debe al aumento de nitrógeno y el exceso se refleja en la pérdida de éste en forma de amoníaco (NH_3) provocando olores desagradables, en el caso de que la razón C/N aumente demasiado, la actividad biológica se reduce. Es normal que esta razón vaya disminuyendo a lo largo del proceso y es necesario que sea menor a 20 al término. La figura 44 representa de manera sencilla la evolución de esta razón a lo largo del proceso.

Es importante la mezcla inicial de las materias primas, debido a que debe existir un equilibrio entre los materiales. Los residuos de cultivos, frutas, verduras, pasto húmedo, lodo y guano poseen grandes cantidades de nitrógeno, en cambio los materiales leñosos como hojas secas, virutas de maderas, aserrín, restos de poda y papel tienen un mayor porcentaje de carbono. Por lo que siempre se debe utilizar mayoritariamente un sustrato de carácter leñoso y en menor cantidad materiales con altos niveles de nitrógeno.

Este parámetro también sirve para evaluar la madurez del compost, Debido que cuando comienza a disminuir y llega a niveles inferiores a 20 se está frente a un producto maduro. No se puede utilizar sólo este resultado para determinar la madurez.

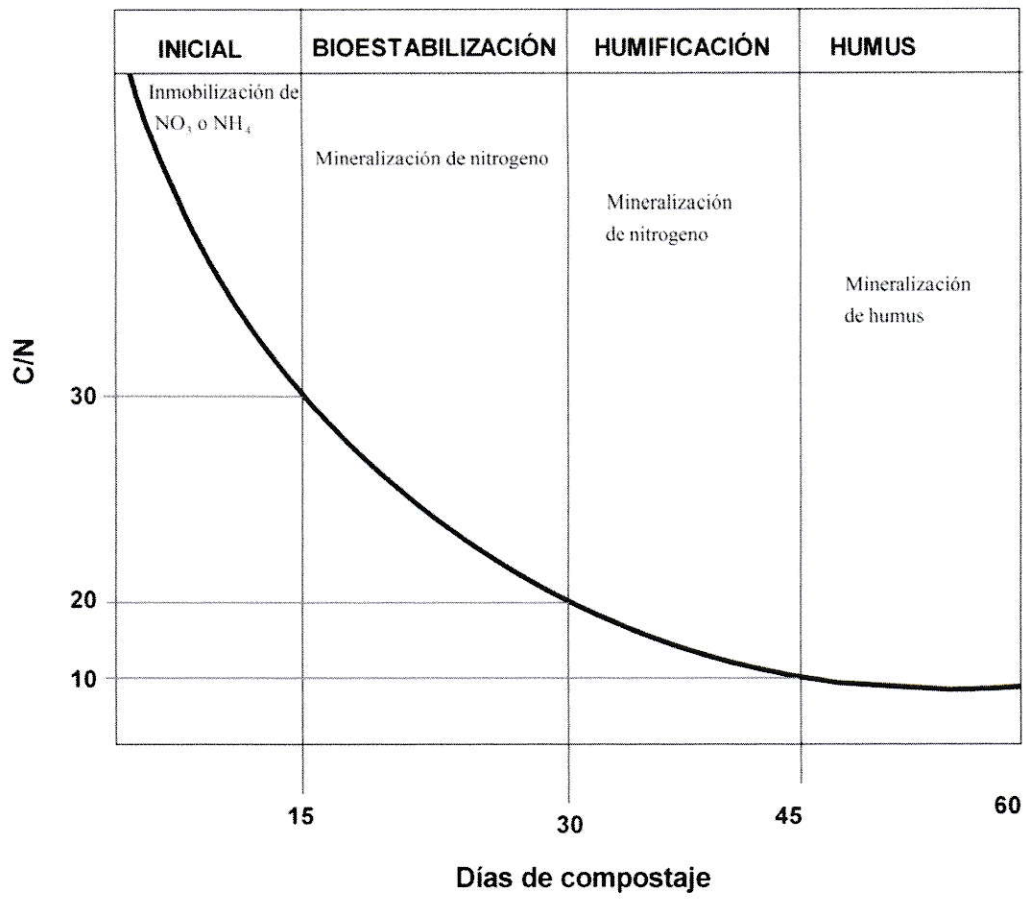


Figura 44. Variación de la razón C/N a lo largo del proceso de compostaje (Adaptación Moreno y col., 2007)

Limpieza de pilas

Es necesario asegurar que no exista ningún agente ni material externo al proceso de compostaje, por lo que cada 3 semanas se debe realizar una limpieza exhaustiva de cada una de las pilas eliminando piedras, plásticos, restos de alambre o cualquier otro material. Las limpiezas se deben registrar en su tabla correspondiente "Programa de limpieza de compost" código R-PL-001(ver Anexo 2).

Determinación de la madurez

La madurez se refiere al grado de transformación del material y a la posible presencia de ciertas sustancias fitotóxicas y/o con olor desagradable. Pero esto no indica que el material esté listo para ser aplicado a los suelos, luego viene la etapa de estabilización donde a través de reacciones químicas se produce la humificación de la materia orgánica.

Existen distintos métodos para evaluar la madurez del compost, serán explicados aquellos que pueden ser realizados dentro de la misma viña y por personas que no posean conocimientos químicos ni biológicos. Hay parámetros que se deben ir monitoreando a lo largo de todo el proceso y su estabilidad indica cierto grado de madurez, como es en el caso de la temperatura y de la densidad.

- Análisis visual en terreno: El material debe haber adquirido un color marrón oscuro, su textura debe ser homogénea y suave al tocarlo, no se deben identificar los materiales originales y no debe haber agentes externos como plásticos, vidrios, etc. No debe haber emanación de malos olores ni presencia de insectos, hongos u otros organismos a la vista. Su aspecto es similar a la tierra fresca.
- Estabilización de parámetros medidos: La temperatura indica el grado de actividad microbiana por lo que su estabilidad luego de pasar por un pick sobre los 55°C (durante al menos 3 días) es uno de los indicios para determinar que el producto se encuentra maduro. La densidad es también un indicador de la degradación, cuando su variación es mínima en las últimas 3 mediciones separadas por al menos 10 días indica que el compost está maduro.
- Test de Olor: Este es una prueba sencilla que permite determinar la presencia de reacciones anaeróbicas, produciendo olores desagradables, que son un indicio de inmadurez del material.
- o Materiales
 - Bolsa plástica 250 mL.
 - Muestras de compost.

- o Procedimiento

- Etiquetar las bolsas con el nombre de la pila a evaluar y la fecha de inicio de la prueba.
- Colocar un poco de material compostado levemente humedecido en una bolsa plástica etiquetada y cerrar bien, intentando no dejar aire dentro de ella.
- Se debe observar bien las características del material.
- Se coloca la bolsa en un lugar protegido y a alta temperatura, de preferencia que durante todo el día le llegue directamente el sol.
- Dejar 7 días.
- Luego de debe abrir la bolsa, tomar el olor y observar los posibles cambios.

Si el material no produce malos olores, la temperatura y la humedad no han aumentado considerablemente y no se observa presencia de hongos o algún otro agente extraño, es indicio de que el compost está en un estado maduro.

- Prueba de germinación: Consiste en hacer germinar semillas de rabanito utilizando como sustrato el compost y compararlo con un suelo de referencia. Estas se deben realizar pasado 70 días desde el inicio del proceso de compostaje.

- o Equipos y Materiales

- Bandeja de poliestireno expandido para almácigos.
- Semillas de rabanito (*Raphanus Sativus*).

- Compost como sustrato.
- Suelo de referencia.
- o Procedimiento
 - La bandeja de poliestireno se debe dividir según la cantidad de compost que se vaya a analizar. Si tenemos 2 tipos de compost, la bandeja se debe separar en 3 secciones: referencia- compost 1- compost 2. Etiquetar cada una de las secciones.
 - Llenar las secciones con los sustratos correspondientes según fueron clasificadas.
 - Se plantarán 10 semillas por cada sustrato, colocando una semilla en un espacio del almacigo.
 - Completar registros adjuntos, "Test de índice de germinación" código R-TG-001 (ver Anexo 2).
 - Se debe rociar con agua todos los días las veces que sea necesario garantizando que el sustrato se mantenga húmedo.
 - Luego de 10-15 días se evaluará la cantidad de semillas germinadas en cada sustrato.
 - Es recomendable repetir el experimento para corroborar los resultados.

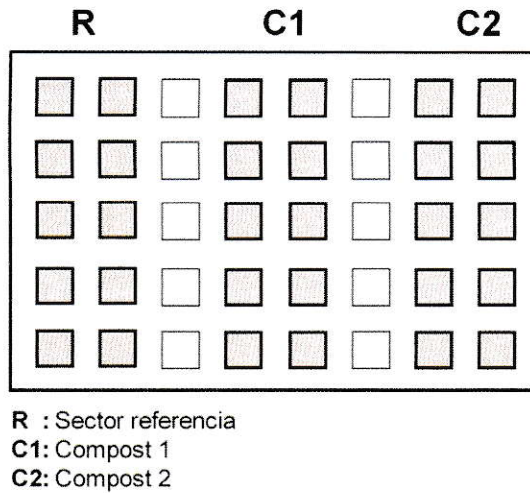


Figura 45. Distribución de semillas en bandeja

- o Cálculos
- Determinación del Porcentaje de Germinación Relativa

$$PGR = \frac{EX}{RE} \cdot 100$$

Donde,

PGR= Porcentaje de germinación relativa.

EX= Número de semillas germinadas en el sustrato (compost 1 o compost 2).

RE= Número de semillas germinadas en suelo referencia.

Según los resultados obtenidos se puede determinar el nivel de fitotóxicos presentes en el compost.

Tabla 13. **Determinación toxicidad según porcentaje de germinación**

Índice Germinación %	Representa
0-20	Extremadamente tóxico
21-40	Altamente tóxico
41-60	Tóxico
61-75	Levemente tóxico
76-100	Toxicidad despreciable - no tóxico

Es importante realizar esta prueba al menos dos veces antes de considerar el compost maduro y continuar a la siguiente etapa de estabilización. Para poder determinar que el compost se encuentra listo para ser estabilizado, todos los test anteriormente descritos deben entregar un resultado positivo y el índice de germinación debe ser sobre un 70%.

Todas las pruebas explicadas anteriormente sean realizadas en conjunto. Cada una por separado no entregan un resultado certero frente a la madurez del compost, por lo que se deben hacer de forma paralela para así determinar que el compost está listo para ser trasladado a la zona de estabilización. Todos los test anteriormente descritos deben entregar un resultado positivo y el índice de germinación debe ser sobre un 70%. Figura 48 resume los criterios a tener en cuenta para determinar la madurez del compost.

DETERMINACIÓN MADUREZ

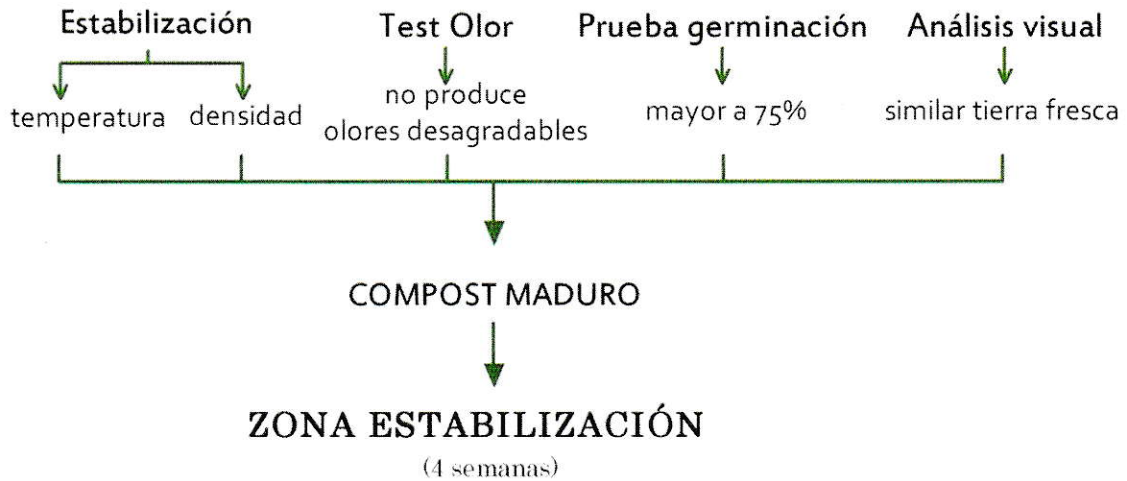


Figura 46. **Criterios útiles para determinar madurez compost**

Estabilización

Esta etapa es posterior a la maduración y requiere que sea en un lugar apartado, en donde no exista ningún contacto con las pilas que aun no están maduras y menos con las materias primas o lixiviados que se producen.

Una vez acopiado el material maduro en grandes pilas, éste no necesita volteos. Si pasado 10 días no se aprecia un secado del material éste debe ser volteado. El material en etapa de estabilización no requiere riegos.

Se recomienda mantener durante al menos 4 semanas el material en este sector antes de ser aplicado a los suelos.

Tamizado

Si dentro de la empresa no existen harneros o tamices se puede confeccionar uno con una malla metálica. Es necesario harnear el producto una vez estabilizado y antes de su aplicación para asegurar la eliminación de las impurezas y facilitar su aplicación. Realizar esto no elimina el punto anterior de limpieza, ambas actividades se deben realizar. En caso de que se observe que el material final está en excelentes condiciones puede ser omitido el harneado.

Aplicación a los suelos

Es importante que el producto se aplique seco con una humedad máxima de un 30%. La cantidades de aplicación van desde las 6 hasta las 10 ton/ha dependiendo de las necesidades del suelo.

En Chile no existe normativa en cuanto a la cantidad máxima de aplicación de compost a los suelos, pero la Unión Europea en su Código de Buenas Prácticas Agrarias establece niveles máximos de aplicación para evitar la contaminación por nitratos. Los límites establecidos son de 170 Kg de N/ha (13 ton/ha de compost).

Considerando las características químicas del compost obtenido mediante residuos vitivinícolas de la Viña Undurraga y que los suelos son de fertilidad normal se recomienda agregar cantidades entre 4 y 7 ton/ha.

En caso de abandono o cierre

En caso de que no se pueda continuar con la planta de compostaje se recomienda seguir los siguientes pasos

- Retirar todo el material compostado: Materias primas, pilas de compost, material estabilizado, etc.
- Se debe limpiar minuciosamente el terreno.
- Tapar y eliminar cualquier conducto o canal que se haya realizado para los lixiviados.
- Debido a que el suelo estaba compactado se debe descompactar con maquinaria adecuada.
- Se recomienda plantar especies nativas o vid en caso que sea necesario.

Seguridad Ocupacional

Aunque el manejo de una planta de compostaje no requiere grandes preocupaciones en cuanto a la seguridad ocupacional hay ciertas exigencias que se deben cumplir para evitar cualquier problema en el personal que trabaja con el material. El compost, en especial cuando no tiene la humedad necesaria y cuando se realizan volteos libera mucho "polvo orgánico", un material muy fino que puede afectar a los trabajadores en especial a aquellos que tengas problemas respiratorios pre-existentes. Este material puede contener organismos patógenos como *Salmonellas* y *E.coli*.

Por lo que es de suma importancia que cualquier persona que tenga contacto con el compost tome las siguientes precauciones:

- Uso de lentes protectores: en el caso de realizar volteos y limpieza de compost.
- Zapatos de seguridad.
- Guantes.
- Contar con un botiquín en caso de cortes y quemaduras.
- Buena limpieza de manos después de la manipulación del compost.

Debido a que la pila de compost puede adquirir altas temperaturas y el material compostado es altamente inflamable, el riesgo de incendio es muy alto cuando se sobrepasan los 70°C, llegando a provocar un incendio incontrolable. Para evitar esto se debe mantener la humedad recomendada durante todo el proceso de degradación (40-60%), y en caso de superar por más de 20 horas temperaturas sobre los 70°C se debe regar inmediatamente y si fuera necesario realizar uno o más volteos extras.

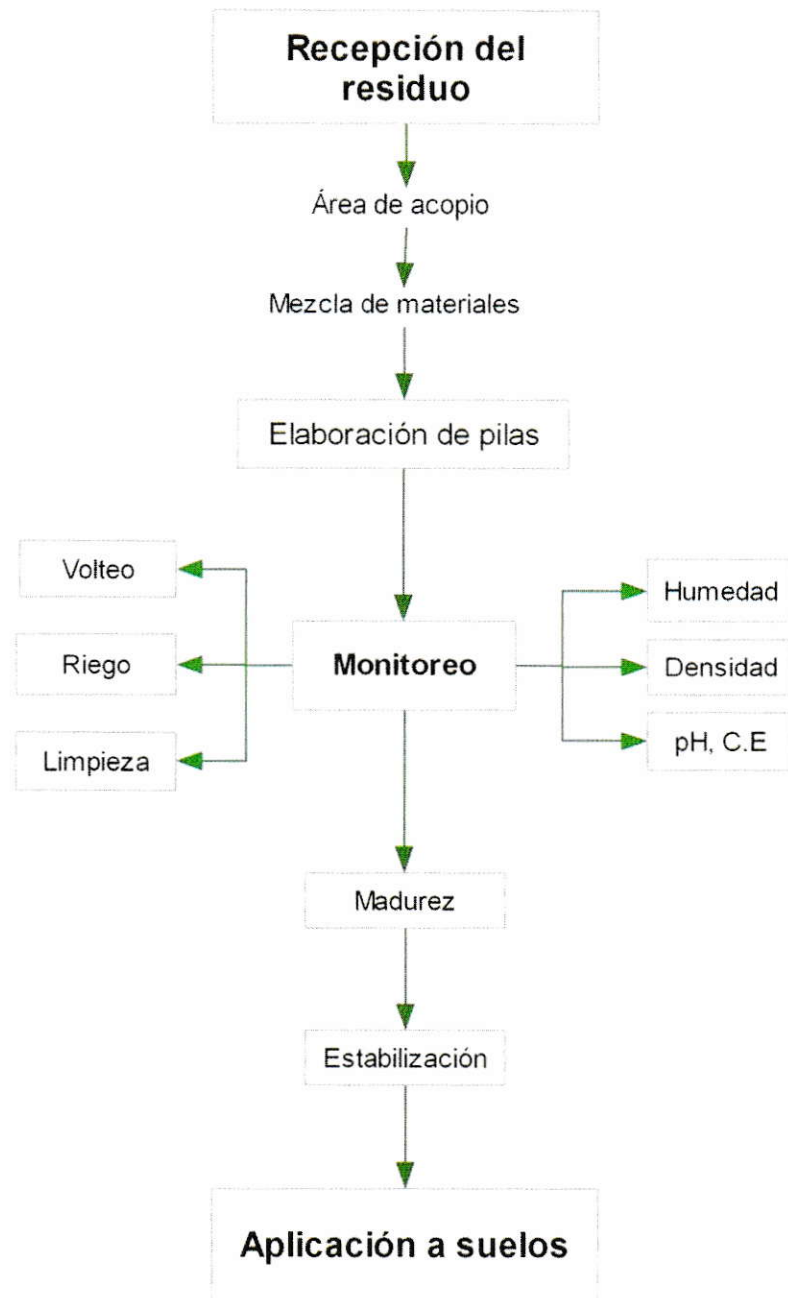


Figura 47. Procedimiento para producción de compost

3.2.4 Recomendaciones

El compost es muy usado para mejorar la calidad de los suelos, pero este se puede utilizar como nutrición foliar, produciendo té de compost. También existen otras formas de hacer compost, mediante la ayuda de lombrices. A continuación se exponen estas dos formas de utilizar el compost, son solo a nivel de sugerencia para la empresa y para un conocimiento del tema.

Té de compost

El extracto de compost es una fuente líquida de nutrición foliar. Su utilización permite reducir el uso de fungicidas, herbicidas y fertilizantes químicos. La producción de té de compost se basa en la fermentación aeróbica, necesitando una buena circulación de aire, por lo que es fundamental proporcionar una adecuada concentración de oxígeno para obtener un producto de calidad.

Los beneficios más significativos obtenidos de la utilización de té de compost sobre los cultivos son:

- Con el uso continuo se mejora notoriamente el set de organismos necesarios para el crecimiento saludable de las plantas. Debido a que los microorganismos adicionados consumen los alimentos que las plantas exudan, no dejando sustrato para el desarrollo de microorganismos que causan enfermedades.
- Si se aplica en directamente a las hojas se están adicionando organismos benéficos que son capaces de consumir microorganismos fitopatógenos.

- Se generan microorganismos que ayudan en la eficacia contra las plagas, debido a que ocupan superficie en la planta que no puede ser utilizada por los organismos patógenos.
- Entrega nutrientes y aumenta la retención de estos.
- No hay exposición a sustancias químicas por parte de los trabajadores que aplican el extracto de compost.
- La utilización continua contribuye a reducir plagas y enfermedades como el mildiu y el oídio.
- Un sistema radicular más saludable, mayor crecimiento y actividad.

Es muy importante utilizar el compost estabilizado, ya se deben extraer sólo los microorganismos benéficos que han crecido durante el proceso de compostaje. El té de compost se puede realizar de manera artesanal sin la necesidad de grandes equipos ni tecnología, se necesita un saco que debe estar en buen estado sin perforaciones y no se debe llenar completamente, para que el material no quede compactado y exista un espacio para que pueda circular el agua permitiendo un movimiento del compost dentro del saco, una vez lleno se debe cerrar bien.

» Metodología

- En un saco de unos 20 a 30 kilos colocar compost estabilizado.
- Depositar el saco cerrado en un tambor de unos 200 litros.
- Llenar el tambor de agua (limpia y libre de cloro).
- Dejar 3 días, moviendo y dando vuelta el saco periódicamente.
- Después del tiempo de espera, está listo el té de compost.

- El extracto es de color café.
- Es importante tomar el olor del extracto producido, este no puede tener malos olores, si es así se debe devolver a la pila de compost y no puede ser utilizado.
- Si el té de compost no tiene malos olores debe diluirse para su aplicación.
- Se recomienda diluir al 20%.
- Utilizar inmediatamente.
- Se puede aplicar con una frecuencia de hasta 10 días.

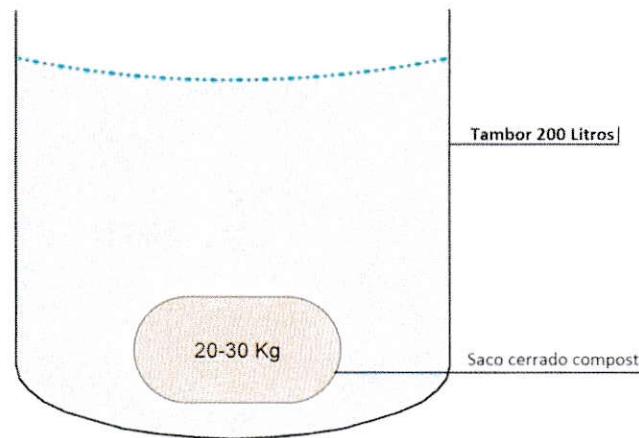


Figura 48. **Producción té de compost**

Idealmente el agua tiene que estar entre los 20-25°C por lo que el tambor debe ser colocado en un lugar cálido. No se deben utilizar estanques metálicos y se debe evitar la radiación UV, por lo que es ideal que esté bajo techo. El agua a utilizar debe ser sin cloro (no debe ser agua potable) y el pH debe ser mayor a 5,8.

El té de compost debe ser aplicado inmediatamente después de su preparación, debido a que sin oxigenación su calidad biológica va disminuyendo (Edwards y col., 2007).

Se recomienda comenzar con la aplicación del té de compost desde el inicio de la actividad del cultivo, cuando comience a brotar la planta, aunque esto no es estricto y puede variar.

En el mercado existen distintos equipos para asegurar la aireación adecuada del extracto y por ende un mejor producto. Existen reactores bio-fertilizantes de distintos tamaños, todos se componen de un estanque conectado a un soplador capaz de funcionar por al menos de 24 horas continuas. El uso de estos equipos permite realizar un proceso más eficiente y seguro, garantizando la aireación del producto.



Figura 49. Reactores para producción té de compost

Alguna de las empresas que comercializan estos reactores son:

- Versol, <http://www.versol.cl>
- Bio-feed, <http://www.bio-feed.cl>

La utilización del té de compost de manera adecuada puede generar grandes beneficios económicos y ambientales, siendo un buen complemento para el manejo de los cultivos.

Vermicompostaje

También conocida como lombricultura, estabiliza los residuos orgánicos debido a la acción de lombrices en un proceso controlado. Estas se alimentan de hongos y bacterias que descomponen la materia orgánica y de compuestos parcial o totalmente degradados. El producto final conocido como humus de lombriz, tiene mejores propiedades que el compost común, debido a que contiene enzimas y fitoreguladores, además de calcio, potasio, fósforo y otros minerales.

No sólo se obtienen un producto beneficioso debido al metabolismo de las lombrices, su desplazamiento contribuye a la aireación del material, estimulando la actividad microbiana y reduciendo el tamaño de los residuos.

El control que se debe tener a lo largo del proceso es mucho mayor que el del compost común, algunos factores que regulan el proceso son:

- Tipo de residuo utilizado: El tamaño de los residuos no debe ser mayor a 2 cm, la estructura debe ser adecuada permitiendo una buena aireación. La conductividad eléctrica debe ser menor a 8 mS/cm en el extracto de saturación (Edwards, 1988), la alta concentración de sales pueden afectar el desarrollo de las lombrices. Concentraciones de amonio mayor a 0,5mg/g de sustrato son tóxicos para estos organismos (Edwards, 1988). Los límites recomendados de pH son entre 5 y 9. Los metales pesados si están en elevadas concentraciones, al igual que ciertos contaminantes orgánicos provocan una alteración en el metabolismo de las lombrices (Edwards, 1988).

- Humedad: Es uno de los parámetros más determinante en el proceso. Para garantizar la vida y la eficiencia de las lombrices se debe mantener una humedad entre el 50-90% siendo lo óptimo un 85% (Edwards, 1988).
- Temperatura: Este es otro factor muy influyente en la vida de las lombrices y debe estar entre los 10 y 35°C, valores menores o superiores a estos límites afectan el metabolismo y reproducción de estos organismos.
- Aireación: El sustrato debe tener las características para permitir el desplazamiento de las lombrices y así garantizar la aireación.
- Densidad de población: No puede haber un exceso de lombrices, se produciría una competencia entre ellas y el proceso sería más lento e ineficiente.

Las especies de lombrices más utilizadas son *Eisenia foetida* (lombriz californiana), *Eisenia andrei*, *Dendrobaena veneta* y *Lumbricus rubellus* (Edwards y col., 2007).

IV. DISCUSIÓN GENERAL

La metodología utilizada en la caracterización física y química realizada en el Laboratorio de Química Orgánica y Cromatografía se basó en la búsqueda de métodos rápidos y económicos, que permitieran obtener resultados en el corto tiempo. Los métodos para realizar en terreno que fueron expuestos en el Plan de Control y Manejo entregado a la empresa fueron fruto de una búsqueda bibliográfica, agregando algunas cosas para poder hacer más comprensibles y sencillos de realizar por cualquier persona.

La primera parte del trabajo consistió en realizar un monitoreo a las pilas de compost ubicadas en el predio del Fundo Santa Ana de la Viña Undurraga. Considerando todos los parámetros medidos no existe una relación directa entre ellos.

El compost denominado Guano I se encontraba en una etapa más avanzada al comenzar con los análisis, esto puede haber sido causa de que la mezcla orujo-escobajo contenía un 25% de guano, siendo que el otro material no lo tenía. El pH se determinó a partir de septiembre y evolucionó dentro de los límites esperados, llegando a valores neutros al final del proceso, las variaciones asociadas no tienen relación con los cambios en la humedad, que se mantiene relativamente constante a lo largo del proceso, tampoco hay relación aparente con los cambios de temperatura, debido a que los pick (punto máximo de actividad microbiana, mes agosto) fueron previos a los análisis. La madurez del compost fue determinada mediante los métodos expuestos en el Plan de Manejo dieron positivos a fines del mes de septiembres del 2010.

Posteriormente se mantuvo el material 4 semanas en la zona de estabilización para ser aplicado a los suelos el mes de noviembre.

El material llamado Guano II en su comienzo estaba compuesto sólo orujo-escobajo y el 5 de octubre se le agregó guano, esto provocó un aumento de la conductividad eléctrica que levemente fue disminuyendo a lo largo del tiempo, la temperatura también tuvo un aumento luego de la adición de guano, que se asocia con el incremento de la actividad microbiana. El pH no tiene un comportamiento definido, sólo se aprecia un aumento posterior a la adición de guano, que indicaría una producción de amoníaco y bases orgánicas que posteriormente se estabilizan, logrando niveles más neutro, aunque el producto final tiene un pH alcalino, este está dentro de los límites recomendados. Durante todo el proceso el material estuvo bajo los niveles de humedad óptimos, disminuyendo la actividad microbiana, lo que provocó un proceso lento, si los niveles de agua hubieran estado dentro de los límites recomendados se hubiera esperado mayores aumentos de temperatura y un proceso más eficiente. El compost Guano II estuvo maduro a fines del mes de diciembre del 2010, y listo para aplicar a los suelos el mes de febrero 2011.

Basándose en los requisitos exigidos por la normativa chilena para comercializar compost (NCh-2880) se obtuvo que los compost Guano I y Guano II están dentro de la categoría Clase A, que corresponde a un compost de alto nivel de calidad, no tiene restricciones de uso y puede ser aplicado directamente a los suelos.

Las pilas realizadas con mezcla orujo/escobajo y lodo no llegaron a buen término, la primera llamada Lodo I no alcanzó las temperaturas esperadas, esto pudo ocurrir por el alto porcentaje de lodo presente en la mezcla (50%) o por la poca cantidad de agua que tenía el material, produciendo su desecación y la muerte de los microorganismos. Posteriormente en enero 2011 se formó otra pila que contenía un 20% de lodo que no pudo seguir siendo estudiada porque en febrero fue desarmada por los trabajadores de la viña. Es mejor no utilizar guano para la formación de las pilas de compost, aunque acelera el proceso, debido a que aumenta la conductividad lo que podría provocar un incremento de la salinidad de los suelos, en cambio al utilizar lodos la conductividad es considerablemente menor.

Para comenzar este año 2011 a formar las nuevas pilas utilizando el lodo proveniente de la planta de tratamiento de riles de la misma empresa, se utilizó una razón de mezcla determinada teóricamente, considerando los valores de carbono orgánico y nitrógeno total de cada uno de los residuos (orujo-escobajo-lodo), dando como resultado una mezcla de 90% orujo/escobajo y un 10% lodo.

Con el monitoreo de los distintos tipos de compost se pudo estudiar su comportamiento y desarrollar un Plan de Control y Manejo, para determinar y organizar todas las actividades asociadas al proceso, comenzando por distribuir el terreno, separándolo en tres zonas: Materias Primas, Canchas de compostaje y Zona de Estabilización. Se realizaron distintas tablas de registros y procedimientos para controlar los parámetros más importantes.

Se realizó un manual en donde se definieron y organizaron todas las actividades involucradas en el proceso en el funcionamiento de una planta de compostaje, desde la recepción de los residuos (materias primas) hasta la aplicación a los suelos.

Para garantizar un producto sanitizado es importante tener un adecuado control de todo el proceso, debido que un incorrecto manejo puede provocar problemas de contaminación de suelos, aguas e incluso daño a la salud humana. Lo más importante es que se sepa interpretar y relacionar los parámetros determinados, no tiene sentido determinar la madurez mediante sólo un método, pues puede entregar resultados erróneos.

Los beneficios de utilizar compost como enmienda orgánica no son solo tratar de manera eficiente los residuos sólidos, sino que permite mejorar las características físicas del suelo, considerando la tendencia al cambio climático, el aumento de la desertificación y degradación de los suelos, las malas prácticas agrícolas (sobre pastoreo), la erosión hídrica y eólica, el utilizar compost como mejorador de suelos es una gran ayuda para disminuir el daño a los suelos.

Para un próximo estudio, sería bueno realizar los análisis con menos tiempo de separación para poder determinar si existe alguna relación directa entre los parámetros determinados, en este trabajo sirvieron para evaluar la calidad y evolución del compost, no para determinar la correlación entre los parámetros.

Es importante que las empresas no vean la producción de compost como una actividad política y ambientalmente correcta, sino que se convenzan de los reales beneficios que tiene utilizar este material como enmienda orgánica. El objetivo principal debe ser la producción de compost, no solo el tratamiento de los residuos y el ahorro de costos. Y como cualquier proceso productivo es trascendental que se controle al principio, durante y al final.

Es necesario como profesionales buscar soluciones que permitan producir la mínima cantidad de residuos y reutilizar de manera eficiente algunos de ellos, antes de eso es necesario dimensionar el problema y sus consecuencias, y no pensar solo en nuestra generación, sino en las futuras y en el mundo que le estamos dejando

V. CONCLUSIONES

Un sistema de compostaje debe tener asociado un reglamento o manual que permita a la empresa monitorear el material y garantizar la obtención de un producto de óptima calidad. Para lograrlo, en este trabajo se realizaron muestreos cada 10-15 días y de acuerdo a los análisis realizados, se puede clasificar el Compost Guano I y Guano II como Clase A según la NCh 2880 of.2004, lo que demuestra que es un compost de excelente calidad y con bajo contenido de fitotóxicos, la cantidad de metales no es determinada pero estos son bajos debido a la procedencia de la materia prima compostada. Se utilizó lodo proveniente de la planta de tratamiento de RILES ubicada en el mismo predio y se determinó que la cantidad recomendada para un proceso eficiente es de un 10% de lodo + 90% orujo/escobajo. Se pueden utilizar otros residuos sólidos provenientes del proceso, pero es necesario determinar las cantidades de carbono y nitrógeno para calcular la razón de mezcla óptima.

Con el monitoreo de los parámetros más importantes para controlar un proceso de compostaje, como la humedad, pH, conductividad eléctrica, densidad aparente, entre otros, y la realización de distintas pruebas de madurez se realizó un Plan de Manejo que permitiera a la empresa tratar y estabilizar sus residuos sólidos, incluyendo los lodos de la planta de tratamiento de riles, garantizando la calidad del producto final. La temperatura permite conocer a nivel general el comportamiento de la pila de compost, debido a que los valores no fueron medidos desde el inicio del proceso no se observan claramente las distintas etapas, pero si permite garantizar una correcta eliminación de agentes patógenos, ya que los compost Guano I y Guano II superaron los 55°C por

varios días consecutivos. Realizar test de germinación con semillas de rabanito permite evaluar la madurez del material de una forma sencilla y económica.

De los parámetros monitoreados la humedad fue la que más se alejó de los límites óptimos determinados con los resultados de Densidad Aparente y Real, en Guano I un 44% de las mediciones estuvo entre el 35% y el 55% de humedad, la pila de Guano II se mantuvo un poco más estable pero muy cercana a los límites inferiores recomendados.

El tratamiento de los residuos sólidos mediante compostaje es sencillo, de bajo costo y sustentable, obteniendo un producto capaz de mejorar la calidad de los suelos y disminuir el uso de fertilizantes químicos.

VI. REFERENCIAS

Albaladejo, J. y Díaz, E., 1990. Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas, pp.191-214. CSIC, Madrid.

Albiach, R., Canet, R., Pomares, F. e Ingelmo, F., 2000. Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Biores. Technol.*, 75(1):43-48.

Brinton, W., 2000. Compost quality standards & guideline, Final Report. Wood end Research Laboratory, Inc.

Costa, F., García C., Hernández T., Polo A., 1995. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Segunda Edición. Murcia. España. 181 pp.

Diego-Garzón A. Martínez-López G., Bustamante M.A, 2008. Validación de compost vitivinícolas en cultivos hortícolas bajo condiciones de agricultura ecológica. VIII Congreso SEAE Bullas (Murcia).

Dominguez, J.1996. Estudio y comparación de los procesos de compostaje y vermicompostaje. Aplicación práctica al tratamiento de purines de cerdo. Tesis Doctoral, Universidad de Vigo, España.

Edwards, C.A. y Arancon N., 2007. Soil Ecology Laboratory, The Ohio State University, Columbus, Ohio, U.S.A.

Edwards, C.A., 1988. Breackdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. En: Edwards, C.A. Neuhauser, E.F. (Eds). *Earthworms in waste and environment management*, pp. 21-31. SPB Academic Publishing BV, The Hague, Netherland.

Edwars, C.A., N.Q. Arancon, E. Emerson y R. Pulliam. 2007. Suppressing plan parasitic nematodes and arthropod pest with vermicompost teas. *Biocylce* 48(12):38-39.

Emino, E., Warman P., 2004. Biological assay for compost quality. *Compost Science & Utilization* 12(4): 342-348.

Felton, G.K., 1995. Temporal variation of soil hydraulic properties of municipal solid wastes amended mine soil. *Trans. ASAE*, 38(3):775-782.

Fernández, G., 2000. *Nutrición Orgánica de Suelos*. Prosur S.A. Chillán.

Haug, R. T, 1993. *The practical handbook of compost engineer*. Lewis Publishers. 669pp.

Holgado, A., Columela, L. J. M., 1988 *De los trabajos de campo*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ed. Siglo XXI de España, Madrid.

Laos, F., Mazzarino, M.J., Satti, P., Roselli, L., 2000. Planta de compostaje de biosólidos: Investigación y Desarrollo en Bariloche, Argentina. Publicado en *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, Nr. 50, pp86-89.

Madejón, E., Díaz, M. J., López, R. y Cabrera, F., 2002. New approaches to establish optimum moisture content for compostable material. *Biores. Technol.*, 85:73-78.

Manual de Compostaje. 1999. Corporación de Investigación Tecnológica de Chile (INTEC).

Moreno, J., Moral, 2007. *R. Compostaje*. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa,. 570 p.

Métodos de Análisis de compost, 2005. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional de Investigación La Platina, Santiago de Chile.

Noma Chilena oficial N°2880, Compost- Clasificación y requisitos. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile, 2004. 27 p.

O’Ryan J., 2007. *El Compostaje y su utilización en agricultura*. Manuales FIA de apoyo a la formación de recursos humanos para la innovación agraria. Santiago. 36 pp.

Saison, C., Degrange, V., Oliver, R. Millard, P., Commeaux, C., Montage, D., Le Roux, X. 2006. Alteration and resilience of soil microbial community following compost amendment: effects of compost level and copostborne microbial community. *Environ. Microbiol.*, 8(2):247-257.

Sánchez Mondero, M. A., Mondini, C., de Nobili, M., Leita, L., y Roig, A. 2004. Land application of biosolid. Soil reponse to different stabilization degree of the treated organic matter. *Waste Manage.*, 24(4):325-332.

Soliva, M., 2001. Compostatge i gestió de residuos orgánics. Diputació de Barcelona. Barcelona.

Soliva, M., López M., 2004. Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. UPC.

Soliva, M., López M., Huerta O., 2006. Compostaje de la fracción orgánica de residuos municipales: Aspectos a tener en cuenta para su implantación. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. UPC.

Starbuck C., 2001. Making and Using Compost. Publicado por Universidad de Missouri. 6 pp.

Sztern, D., Pravia, M., 1999. Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud - Organización Mundial de la Salud.

Trautmann, T. y Olynciw, E., 2000. Cornell Composting Science & Engineering. <http://www.cfe.cornell.edu/compost/microorg.html>.

Varnero M.T., Rojas C., Orellana R., 2007, Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *J. Soil Sc Nutr.* 7 (1) 2007 (28-37).

Visionlearning. El ciclo del Nitrógeno, John A. Harrison, Ph.D. [en línea] <http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=98&l=s> [consulta: 25 septiembre, 2010].

Wong, M. H. 1985. Phototoxicity of refuse compost during the process of maturation. *Environ. Pollut.*, 37: 159-174.

Zucconi, F., Pera A., Forte M., De Bertoli M., 1981. Evaluating toxicity in immature compost. *Biocycle* 22: 54–57.

ANEXO

ANEXO

ANEXO 1. Monitoreo

A1.1 Temperatura _____	153
A1.2 pH _____	156
A1.3 Conductividad Eléctrica _____	156
A1.4 Humedad _____	157
A1.5 Densidad Aparente y Densidad Real _____	158
A1.6 Materia Orgánica _____	159
A1.7 Prueba de Germinación _____	159
A1. 8 Carbono orgánico, Nitrógeno Total y razón C/N _____	160
A1.9 Test de madurez _____	161

ANEXO II. Registros asociados a Plan de Control y Manejo

A2. 1 Registro de materias primas para compost _____	162
A2. 2 Monitoreo de humedad, pH y conductividad eléctrica _____	164
A2.3 Monitoreo de la densidad del compost _____	167
A2. 4 Programa de limpieza compost _____	170
A2.5 Programa de volteos _____	172
A2. 6 Registro de temperaturas _____	174
A2. 7 Prueba de Germinación _____	176

A1. 8 Carbono orgánico, Nitrógeno Total y razón C/N

El porcentaje de carbono fue determinado a partir del porcentaje de materia orgánica, el nitrógeno total se obtuvo mediante una digestión de Kjeldahl.

Tabla 23. Resultados de carbono, nitrógeno y razón C/N

Muestra	Fecha	Carbono (%)	Nitrógeno (%)	C/N
Guano I	27-sep	27,9		
	21-oct	31,9		
	08-nov	30,6		
	18-nov	25,18		
	29-nov	24,2		
	21-dic	25,1	1,59	15,7
Guano II	27-sep	36,5		
	07-oct	23		
	21-oct	20,6		
	08-nov	32,6		
	18-nov	23,8		
	29-nov	22,9		
	21-dic	24,7	1,33	18,6
Sólo Lodo	29-nov	40	4,24	9,43

A1.9 Test de madurez

Tabla 24. Resultados en test de madurez

Test de madurez	Fecha	Guano I	Guano II	Lodo I
pH	27 Sept	8,2	5,7	-
Olor	27 Sept	No desagradable	Levemente desagradable	Muy desagradable
pH	19 Oct	7,8	6,1	
Olor	19 Oct	No desagradable	Levemente desagradable	
pH	28 Nov	7,5	6,4	-
Olor	28 Nov	No desagradable	Levemente desagradable	Muy desagradable
pH	20 Dic	-	6,8	-
Olor	20 Dic	-	No desagradable	-
pH	05 Ene	-	7,2	-
Olor	05 Ene	-	No desagradable	-

ANEXO II. Registros asociados a Plan de Control y Manejo

A continuación se adjuntan todos los registros realizados y entregados a la Viña Undurraga para realizar el Plan de Manejo.

A2. 1 Registro de materias primas para compost

UNDURRAGA	Materias primas para producción de compost con residuos vitivinícolas	Código	R-MT-001
		Versión	01
		Nº Páginas	1 de 2
Viña Undurraga, Fundo Santa Ana, Santiago.		Fecha: 23 de Febrero, 2011	

1. Objetivo

Identificar y especificar las principales características del residuo vitivinícola que se utilizará en el sistema de compostaje, y detallar su posterior ubicación.

2. Alcance

Se utilizarán los residuos correspondientes al orujo, escobajo y lodo provenientes del mismo predio de la viña, Fundo Santa Ana, ubicado en la comuna de Talagante, Región Metropolitana. Estos serán utilizados para la producción de compost como enmienda orgánica para mejorar la calidad de los suelos pertenecientes a la misma viña.

3. Responsabilidades

Los responsables del control de registros son los encargados de las distintas áreas de la organización que emiten estos documentos.

4. Terminología

- Fecha: Indicar el día/mes/año en que es recibido el residuo.
- Materia Prima: Indicar si el residuo corresponde a orujo, escobajo, lodo u otro.
- Cantidad: Masa de material recibida, en unidades de kilogramos (Kg) o toneladas (Ton).
- Pila formada: Indicar según los códigos establecidos para cada pila en que ubicación fue acopiado el material recibido. En el caso que dos o más materias primas formen la misma pila se debe repetir el código de la pila formada.
- Comentarios: Cualquier anomalía o información que se estime necesaria debe ser anotada.

5. Código de pilas de compost

Las pilas fueron ordenadas paralelas y a lo largo del terreno de acopio, se formarán desde 4 hasta 5 pilas, dependiendo de la cantidad de material que ingrese cada temporada, estas están ordenadas mediante los códigos C1, C2, C3, C4, C5, C6, comenzando con C1 con la pila más cercana a la línea férrea. En caso de modificar el orden o numeración de estas se debe corregir este documento.

6. Modificaciones del documento

N° Versión	Fecha	Descripción del Cambio
N/A	N/A	N/A

7. Registro

Fecha	Materia Prima	Cantidad	Pila formada	Comentarios

A2. 2 Monitoreo de humedad, pH y conductividad eléctrica

UNDURRAGA	Monitoreo de humedad, pH y conductividad eléctrica	Código	D-HP-001
		Versión	01
		Nº Páginas	1 de 4
Viña Undurraga, Fundo Santa Ana, Santiago.		Fecha: 20 de Marzo, 2011.	

1. Objetivo

Para garantizar un buen control del material compostado se debe monitorear a diario la humedad y cada 30 días el pH y conductividad eléctrica según sea necesario.

2. Alcance

Las mediciones de humedad, pH y conductividad eléctrica se realizarán en el material compostado en el predio del Fundo Santa Ana en la comuna de Talagante, Santiago.

3. Responsabilidades

Los responsables del control de registros son los encargados de las distintas áreas de la organización que emiten estos documentos.

4. Plan de trabajo

Humedad

Esta debe ser evaluada en terreno día a día mediante el método de estabilización de los agregados (método del puño). Consiste en apretar con la mano una porción de material y si caen gotas de agua o la mano queda mojada significa que el compost contiene más de un 60% de humedad, si el material no se disgrega y mantiene su forma y sólo se humedece la mano la mezcla tiene entre un 40-50% lo cual es óptimo, en el caso que los materiales se desagrupen significa que están bajo el límite ideal de humedad.

Luego de apretar el material	Humedad aproximada	Significado	Plan de acción
Material muy mojado, gotea.	Mayor al 60%	Exceso de agua	Si se mantiene por 48 hrs. voltear.
Material mantiene su forma, no gotea	40-50%	Rango óptimo	Mantener
Los materiales se disgregan	Menor al 40%	Muy seco	Regar 2-3 días seguidos.

Existen dos métodos más para medir la humedad que se basan en la diferencia de peso, uno puede ser realizado en un laboratorio con material adecuado obteniéndose un resultado mucho más preciso. Otro método es utilizando materiales de fácil acceso, para ello se deben seguir los siguientes pasos:

- Pesar un recipiente que pueda ser utilizado en un horno microondas, notar valor del peso.
- Agregar al recipiente 100 gramos (lo más exacto posible) de compost. Se puede utilizar otra cantidad, pero está debe estar anotada (peso muestra inicial).
- Colocar el recipiente con la muestra en el horno microondas durante 6-7 minutos.
- Dejar enfriar.
- Pesar el recipiente con la muestra.
- Volver a colocar el recipiente con la muestra en el horno microondas por 3 minutos.
- Dejar que se enfríe y volver a pesar la muestra.
- Repetir este procedimiento hasta que los pesos no varíen considerablemente (peso muestra seca).
- Es importante que a cada uno de los pesos anotados se le debe restar el peso del recipiente.
- Calcular el porcentaje de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{humedad} = \frac{\text{peso muestra inicial} - \text{peso muestra seca}}{\text{peso muestra inicial}} \cdot 100$$

pH y Conductividad eléctrica

El rango óptimo para el pH es entre 6.0 y 8.5, una lejanía de estos valores puede significar un mal manejo del compost. La conductividad eléctrica es un indicador de la cantidad de sales presentes en la mezcla por lo que un valor pequeño es más favorable y beneficioso para los suelos y las plantas, el rango ideal es que no supere los 6 mS/cm.

Estos parámetros deben ser medidos en un laboratorio midiendo el pH y C.E en el extracto (1:5). También se puede utilizar papel tornasol o pH ya que indica un rango, lo cual también sirve para determinar el estado del compost.

5. Terminología

- Fecha: Indicar la fecha de realización de la medición, en el caso de que se realice sólo la medición de un parámetro, los otros se deben marcar un guión o escribir "no realizado".
- Humedad: Se debe indicar el método para medir la humedad, el de estabilización agregados (método del puño) o mediante diferencia de peso (por peso).
- pH: Indicar el valor de pH obtenido.
- Conductividad eléctrica: Indicar el resultado obtenido, no olvidar escribir las unidades, de preferencia utilizar mS/cm.
- Comentarios: Cualquier anomalía o información que se estime necesaria debe ser anotada en cuanto a cualquiera de los parámetros medidos.

6. Código de pilas de compost

Las pilas fueron ordenadas paralelas y a lo largo del terreno de acopio, se formarán desde 4 hasta 5 pilas, dependiendo de la cantidad de material que ingrese cada temporada, estas están ordenadas mediante los códigos C1, C2, C3, C4, C5, C6, comenzando con C1 con la pila más cercana a la línea férrea. En caso de modificar el orden o numeración de estas se debe corregir este documento.

7. Modificaciones del documento

N° Versión	Fecha	Descripción del Cambio
N/A	N/A	N/A

8. Registro

Fecha	Humedad		pH	Conductividad Eléctrica	Comentarios
	Método	Resultado	Resultado	Resultado	
					-

A2.3 Monitoreo de la densidad del compost

UNDURRAGA	Monitoreo de la densidad del compost	Código	D-DA-001
		Versión	01
		Nº Páginas	1 de 4
Viña Undurraga, Fundo Santa Ana, Santiago.		Fecha: 20 de Marzo, 2011.	

1. Objetivo

El control de la densidad permite conocer la evolución de los materiales compostados. Es una información relevante a la hora de considerar la madurez del compost.

2. Alcance

El control y medición de la densidad se realizará sólo en el material compostado en el predio del Fundo Santa Ana en la comuna de Talagante, Santiago.

3. Responsabilidades

Los responsables del control de registros son los encargados de las distintas áreas de la organización que emiten estos documentos.

4. Método de medición

Se debe calcular la densidad para cada una de las pilas al menos una vez al mes. Para determinar in-situ este parámetro de manera fácil se utilizarán los siguientes materiales

- ✧ Balde pequeño
- ✧ Pesa
- ✧ Agua

Para determinar la densidad se utiliza la formula

$$D = \text{masa} / \text{volumen} \quad (1)$$

Ejemplo:

Densidad agua = $D = 1 \text{ g/mL}$
Peso del balde = 300 g
Peso del balde + agua = 800 g
Volumen del balde = X

ANEXO 1. Monitoreo

Para todos los casos la columna fecha indica el día en que fue tomada la muestra, las columnas Guano I, Guano II, Lodo y Lodo II corresponden a las distintas pilas de compost estudiadas. Para todos los casos los cuadros en blanco indican que no hubo determinación de ese parámetro o su resultado dio erróneo.

A1.1 Temperatura

La temperatura fue tomada a las 8:00 am. Una vez comenzado el trabajo de seminario de título se recomendó a la empresa tomar cuatro mediciones, los resultados a continuación corresponden al promedio de 4 mediciones realizadas a cada una de las pilas de compost.

Tabla 14. Temperaturas (°C) de pilas de compost 1

Fecha	Ambiental	Guano I	Guano II	Lodo	Lodo II
22-07-2010	7,1	22,6	25,2		
23-07-2010	6,4	23,5	24,3		
24-07-2010	5,7	28,3	29,3		
25-07-2010	6,4	29,3	26,3		
26-07-2010	8,8	30,1	31,9		
27-07-2010	7,2	32,4	33,2		
28-07-2010	8,7	33,6	31,4		
29-07-2010	5,7	34,8	32,6		
30-07-2010	5,3	36,8	29,2		
31-07-2010	5	40,3	36,9		
01-08-2010	6,4	50,6	38,2		
02-08-2010	6,5	54,9	48,9		
03-08-2010	6,7	55,3	50,2		
04-08-2010	7,2	54,8	50,7		
05-08-2010	8,2	59,3	52,9		
06-08-2010	8,3	60,1	27,3		
07-08-2010	8,8	22	33,5		
08-08-2010	8,6	25,6	39,9		
09-08-2010	10	28,4	45,3		

Tabla 15. Temperaturas (°C) de pilas de compost 2

Fecha	Ambiental	Guano I	Guano II	Lodo	Lodo II
10-08-2010	6,5	34,2	47,2		
11-08-2010	8,6	41,3	45,2		
12-08-2010	11	35,8	48,2		
13-08-2010	10	38,2	53,2		
14-08-2010	11	41,4	55,8		
15-08-2010	8,2	43,4	54,7		
16-08-2010	9,4	46,5	56,2		
17-08-2010	12	49,6	55,7		
28-08-2010	12	60,4	55,4		
31-08-2010	9,1	20,5	28,5		
01-09-2010	9,3	22,1	29,7		
02-09-2010	11	22,5	30		
03-09-2010	11	26,15	35,5		
04-09-2010	12	22,4	31,9		
06-09-2010	14	26,75	35,7		
07-09-2010	17	30,395	35,45833		
08-09-2010	16	29,015	37,275		
09-09-2010	14	29,17	36,75833		
10-09-2010	13	30,225	39,30417		
13-09-2010	11	29,5375	40,54167		
14-09-2010	12	28,445	48,17083		
16-09-2010	14	27	51,33333		
21-09-2010	12	25	55,7625		
23-09-2010	12	24	60,845	26,9	
27-09-2010	12	26	65,95	31,4	
28-09-2010	13	25	66,185	33,3	
03-10-2010	12	19	29,8875	27	
04-10-2010	12	17	30,58333	23,5	
08-10-2010	16	21	32,49	24,25	
10-10-2010	14	24	35,3	29,15	
12-10-2010	14	19	40,13	29,6	
13-10-2010	13	17	46,13333	32	
16-10-2010	16	24	49,55	36,6	

Tabla 16. Temperaturas (°C) de pilas de compost 3

Fecha	Ambiental	Guano I	Guano II	Lodo	Lodo II
18-10-2010	18	26	53,59	54	
20-10-2010	14	27	39,90625	36	
22-10-2010	12	25	33,35	26	
24-10-2010	16	22	38,35	33	
26-10-2010	13	24	42,645	32,8	
29-10-2010	10	21	47,945	34,6	
02-11-2010	17		57,115	36,6	
04-11-2010	17		32,305	15,8	
06-11-2010	22		35,63	22,2	
08-11-2010	11		46,23	28,3	
10-11-2010	18		48,96	29,1	
12-11-2010	17		28,965	20,5	
13-11-2010			35,6		
14-11-2010			47,4		
16-11-2010			57,2		
17-11-2010			59,1		
18-11-2010			56,3		
19-11-2010			64,3		
22-11-2010			49,9		
25-11-2010			51,6		
29-11-2010			32		
05-12-2010			25,4		
09-12-2010			21,9		
14-12-2010			32,5		
21-12-2010			20,7		
27-12-2010			22,6		
03-01-2011			21,3		
06-01-2011			23,9		24,3
08-01-2011			24,8		29,4
10-01-2011			19,7		27,8
15-01-2011			20,3		39,4
17-01-2011			21,4		42
19-01-2011			19,7		43,4

A1.2 pH

Tabla 17. Valores de pH en muestras de compost

Fecha	Guano I	Guano II	Lodo	Lodo II
06-09-2010	7,98	7,8		
27-09-2010	7,72	7,81		
07-10-2010	7,64	8,85	8,86	
21-10-2010	8,26	8,24	8,07	
08-11-2010	7,78	8,09	8,04	
18-11-2010	7,45	7,95	7,89	
29-11-2010	7,25	7,82	8,02	
21-12-2010	7,14	8,21		
19-01-2011		8,49		7,37

A1.3 Conductividad Eléctrica

El blanco dio en promedio un valor de 0,021 mS/cm. Los resultados están en mS/cm

Tabla 18. Resultados de Conductividad Eléctrica (mS/cm) en muestras compost

Fecha	Guano I	Guano II	Lodo	Lodo II
06-09-2010	15,65	7,39		
27-09-2010	11,02	5,72		
07-10-2010	7,14	4,42	3,66	
21-10-2010	4,6	5,19	3,74	
08-11-2010	6,1	4,51	2,62	
18-11-2010	4,48	4,5	4,33	
29-11-2010	3,93	4,84	4,12	
21-12-2010	3,87	3,54		
19-01-2011		2,69		5,47

A1.4 Humedad

Para determinar la humedad se realizó por duplicado, el valor indicado es el promedio de estos dos resultados y la desviación estándar. La columna solo lodo indica el resultados obtenido para la muestra de Lodo desde la planta de tratamiento de riles.

Tabla 19. **Porcentaje de humedad (%) en muestras estudiadas**

Fecha	Guano I	Guano II	Lodo	Lodo II	Solo Lodo
06-09-2010	42 ± 0,5	55 ± 0,8			
27-09-2010	35,6 ± 0,7	41,6 ± 0,3			
07-10-2010	37 ± 0,6	41,3 ± 0,4	65,5 ± 11		
21-10-2010	34,5 ± 0,4	28,1 ± 0,6	61 ± 10		
08-11-2010	40 ± 0,3	32,2 ± 0,04	74,4 ± 0,6		
18-11-2010	39,4 ± 0,8	29,4 ± 0,1	36,3 ± 5		
29-11-2010	30,7 ± 0,1	40 ± 0,4	21 ± 2		
21-12-2010	29,6 ± 2,2	35,2 ± 3,5			83,6 ± 1,3
19-01-2011		29 ± 1		10 ± 0,4	

A1.5 Densidad Aparente y Densidad Real

Para determinar la Densidad Aparente y Densidad Real se realizó por duplicado, el valor indicado es el promedio de estos dos resultados y la desviación estándar

Tabla 20. Densidad aparente y real (Kg/m³)

Fecha	Guano I		Guano II		Lodo I		Lodo II	
	Da	Dr	Da	Dr	Da	Dr	Da	Dr
06-09-2010	535 ± 12		554 ± 24					
27-09-2010	636 ± 9	780 ± 8	606 ± 19	630 ± 22				
07-10-2010	643 ± 11		640 ± 18	715 ± 83	646 ± 68	775 ± 72		
21-10-2010	635 ± 6	760 ± 17	626 ± 3	766 ± 30	552 ± 84	411 ± 178		
08-11-2010	648 ± 20	664 ± 31	626 ± 8	819 ± 8	718 ± 53	268 ± 65		
18-11-2010	656 ± 10	789 ± 84	630 ± 7	933 ± 25	549 ± 92	919 ± 171		
29-11-2010	663 ± 8	826 ± 43	654 ± 5	796 ± 32	575 ± 5			
21-12-2010			645 ± 11	820 ± 4				
19-01-2011			633 ± 9				597 ± 77	1056 ± 241

A1.6 Materia Orgánica

Para determinar la Materia Orgánica se realizó por duplicado, el valor indicado es el promedio de estos dos resultados y la desviación estándar. El blanco dio un valor de 6 %.

Tabla 21. Porcentaje de materia orgánica (%) en muestra estudiadas

Fecha	Guano I	Guano II	Lodo	Lodo II	Solo Lodo
27-09-2010	50,3 ± 4	65,7 ± 4			
07-10-2010	54,7 ± 2	41,4 ± 5	59,4 ± 5		
21-10-2010	57,5 ± 3	36 ± 8	59,4 ± 17		
08-11-2010	55 ± 3	58 ± 6	47 ± 5		
18-11-2010	45,3 ± 0,7	42,9 ± 0,3	41,3 ± 0,9		
29-11-2010	46,5 ± 0,3	41,3 ± 1	39,4 ± 4		72 ± 4
21-12-2010		44,6 ± 3,8			
19-01-2011		47,6 ± 0,9		41 ± 4	

A1.7 Prueba de Germinación

Las pruebas de germinación se realizaron con semillas de rabanito, utilizando como referencia suelo de la misma viña. Las iniciales PGR indican el Porcentaje de Germinación Relativo, que sólo considera las semillas germinadas y IG es el Índice de Germinación que toma en cuenta el crecimiento radicular.

Tabla 22. Prueba de germinación a compost en etapa avanzada

Compost	Fecha	27-09-10	14-10-10	18-11-10	05-12-10	07-01-11	22-01-11
Guano I	PGR	75%	88%	90%	93%		
	IG	71,20%	74%	76%	82%		
Guano II	PGR	12,5%	35%	39%	61%	75%	81%
	IG	5,70%	18%	27%	43%	68%	77%
Lodo	PGR		30%	50%	53%		
	IG		21%	46%	41%		

- Calcular el peso del agua

(Peso del balde + agua) - peso del balde = 500 g = Peso del agua (m)

$$D = m / v$$

$$1 \text{ g/mL} = 500 \text{ g} / X \text{ mL}$$

$$X \text{ mL} = 500 \text{ mL} = \text{volumen del balde}$$

El volumen del balde es de 500 mL, por lo que para determinar la densidad de una muestra de compost se deben utilizar los siguientes datos

- ✧ Masa del balde solo
- ✧ Masa del balde + compost
- ✧ Capacidad del balde en volumen= 500 mL

Y utilizando la siguiente formula

$$D \text{ (g/mL)} = \frac{(\text{masa balde} + \text{compost}) - \text{masa del balde}}{500 \text{ mL}}$$

Para transformar de g/mL a Kg/ m³ se debe multiplicar por 1000. La densidad óptima al finalizar el proceso es entre 500-750 Kg/m³. Una forma de verificar la madurez del material es que la densidad no tenga variaciones significativas.

5. Terminología

- Fecha: Indicar la fecha en que se realizó el análisis.
- Densidad: Resultado obtenido mediante la técnica del balde, en unidades de Kg/m³.
- Número de Pila: Indicar en qué pila fue realizado el análisis (C1, C2, C3, etc.)
- Comentarios: Solo si es relevante agregar alguna información extra.

6. Código de pilas de compost

Las pilas fueron ordenadas paralelas y a lo largo del terreno de acopio, se formarán desde 4 hasta 5 pilas dependiendo de la cantidad de material que ingrese cada temporada, estas están ordenadas mediante los códigos C1, C2, C3, C4, C5, C6, comenzando con C1 con la pila más cercana a la línea férrea. En caso de modificar el orden o numeración de estas se debe corregir este documento.

7. Modificaciones del documento

N° Versión	Fecha	Descripción del Cambio
N/A	N/A	N/A

8. Registro

Fecha	Densidad, Kg/m ³	Número de pila	Comentarios

A2. 4 Programa de limpieza compost

UNDURRAGA	Programa de limpieza de pilas de compost	Código	R-PL-001
		Versión	01
		Nº Páginas	1 de 2
Viña Undurraga, Fundo Santa Ana, Santiago.		Fecha: 20 de Marzo, 2011	

1. Objetivo

Mantener un orden y un detalle de los materiales externos y basuras encontradas en las pilas de compost.

2. Alcance

Se utilizarán los residuos correspondientes al orujo, escobajo y lodo provenientes del mismo predio de la viña, Fundo Santa Ana, ubicado en la comuna de Talagante, Región Metropolitana. Estos serán utilizados para la producción de compost como enmienda orgánica para mejorar la calidad de los suelos pertenecientes a la misma viña. Por lo que la limpieza corresponde sólo a estas pilas de compost.

3. Responsabilidades

Los responsables del control de registros son los encargados de las distintas áreas de la organización que emiten estos documentos.

4. Terminología

- Pila: Indicar la pila de compost en que se realizó la limpieza.
- Fecha inicio: Indicar el día/mes/año en que se comenzó con la limpieza.
- Fecha de término: Indicar día/mes/año en que se terminó la limpieza de la pila señalada.
- Materiales encontrados: Escribir los materiales de origen antrópico más relevantes encontrados como fierros, tubos de pvc, bolsas plásticas.
- Disposición final: Indicar que se hizo con los materiales encontrados, donde fueron llevados para su eliminación o tratamiento, si estos son asimilables a basura de origen domiciliario se debe indicar que fue dispuesto en el "basurero".

5. Plan de Acción

La limpieza se debe realizar cada 3 semanas, esta es una fecha aproximada ya que si se observa un aumento de agentes externos en un periodo menor a este se debe realizar la limpieza lo antes posible, y en caso de que pasada las 3 semana las pilas estén en buen estado y limpias se puede omitir una limpieza.

Es ideal que esta se realice antes y después de un volteo para poder extraer la basura de todos los sectores de la pila. La basura retirada debe ser inmediatamente sacada del sector de la planta de compostaje.

6. Código de pilas de compost

Las pilas fueron ordenadas paralelas y a lo largo del terreno de acopio, se formarán desde 4 hasta 5 pilas, dependiendo de la cantidad de material que ingrese cada temporada, estas están ordenadas mediante los códigos C1, C2, C3, C4, C5, C6, comenzando con C1 con la pila más cercana a la línea férrea. En caso de modificar el orden o numeración de estas se debe corregir este documento.

7. Modificaciones del documento

N° Versión	Fecha	Descripción del Cambio
N/A	N/A	N/A

8. Registro

Pila	Fecha inicio	Fecha término	Materiales encontrados	Disposición final

A2.5 Programa de volteos

UNDURRAGA	Programa de volteos compost	Código	R-PV-001
		Versión	01
		Nº Páginas	1 de 3
Viña Undurraga, Fundo Santa Ana, Santiago.		Fecha: 20 de Marzo, 2011	

1. Objetivo

Registrar el inicio y término de los volteos realizados a cada una de las pilas de compost.

2. Alcance

Se utilizarán los residuos correspondientes al orujo, escobajo y lodo provenientes del mismo predio de la viña, Fundo Santa Ana, ubicado en la comuna de Talagante, Región Metropolitana. Estos serán utilizados para la producción de compost como enmienda orgánica para mejorar la calidad de los suelos pertenecientes a la misma viña.

3. Responsabilidades

Los responsables del control de registros son los encargados de las distintas áreas de la organización que emiten estos documentos.

4. Terminología

- Fecha inicio: Indicar día/mes/año en que comenzó el volteo.
- Hora inicio: Indicar hora (24hrs) de inicio del volteo.
- Fecha término: Indicar día/mes/año en que finalizó el volteo.
- Hora término: Indicar día/mes/año en que finalizó el volteo.
- Pila volteada: Según códigos establecidos (C1, C2, C3, C4, C5) indicar que pilas fueron volteadas el periodo indicado.
- Comentarios: Cualquier anomalía o información que se estime necesaria debe ser anotada, en este caso se puede incluir el número de boleta por el arriendo de la maquinaria.

5. Código de pilas de compost

Las pilas fueron ordenadas paralelas y a lo largo del terreno de acopio, se formarán desde 4 hasta 5 pilas, dependiendo de la cantidad de material que ingrese cada temporada, estas están ordenadas mediante los códigos C1, C2, C3, C4, C5, C6, comenzando con C1 con la pila más cercana a la línea férrea. En caso de modificar el orden o numeración de estas se debe corregir este documento.

6. Modificaciones del documento

N° Versión	Fecha	Descripción del Cambio
N/A	N/A	N/A

7. Registro

Fecha inicio	Hora inicio	Fecha termino	Hora termino	Pilas volteadas	Comentarios

A2. 6 Registro de temperaturas

UNDURRAGA	Registro de temperatura de pilas de compost	Código	R-TP-001
		Versión	01
		Nº Páginas	1 de 3
Viña Undurraga, Fundo Santa Ana, Santiago.		Fecha: 20 de Marzo, 2011	

1. Objetivo

Registrar las temperaturas que tienen las pilas de compost diariamente.

2. Alcance

Se utilizarán los residuos correspondientes al orujo, escobajo y lodo provenientes del mismo predio de la viña, Fundo Santa Ana, ubicado en la comuna de Talagante, Región Metropolitana. Estos serán utilizados para la producción de compost como enmienda orgánica para mejorar la calidad de los suelos pertenecientes a la misma viña.

3. Responsabilidades

Los responsables del control de registros son los encargados de las distintas áreas de la organización que emiten estos documentos.

4. Terminología

- Pila: Indicar la pila que en que se realizó la medición de temperatura (C1,C2,C3, etc.)
- Fecha: Indicar día/mes/año en que se hizo la medición.
- Hora: Indicar la hora (24hrs) en que se midió la temperatura.
- Temperaturas: Es ideal realizar 4 mediciones de temperatura por cada pila de compost.
- Temp. Promedio: Es el promedio de las 4 mediciones realizadas, en el caso de realizar 2 o 3 se calcula el promedio de las realizadas.
- Comentarios: Cualquier anomalía o información que se estime necesaria debe ser anotada, como precipitaciones.

5. Código de pilas de compost

Las pilas fueron ordenadas paralelas a la línea férrea y a lo largo del terreno de acopio, se formarán desde 4 hasta 5 pilas, dependiendo de la cantidad de material que ingrese cada temporada, estas están ordenadas mediante los códigos C1, C2, C3, C4, C5, C6, comenzando con C1 con la pila más cercana a la línea férrea. En caso de modificar el orden o numeración de estas se debe corregir este documento.

6. Modificaciones del documento

N° Versión	Fecha	Descripción del Cambio
N/A	N/A	N/A

7. Registro

Pila	Fecha	Hora	Temperaturas				Temp. Promedio	Comentarios
			1	2	3	4		

A2. 7 Prueba de Germinación

UNDURRAGA	Test de índice de germinación	Código	R-TG-001
		Versión	01
		Nº Páginas	1 de 3
Viña Undurraga, Fundo Santa Ana, Santiago.		Fecha: 20 de Marzo, 2011	

1. Objetivo

Determinar la madurez del compost mediante el porcentaje de germinación relativa de semillas de rabanito.

2. Alcance

Se utilizará esta prueba para todos los compost dentro del predio del Fundo Santa Ana y que lleven al menos 70 días.

3. Responsabilidades

Los responsables del control de registros son los encargados de las distintas áreas de la organización que emiten estos documentos.

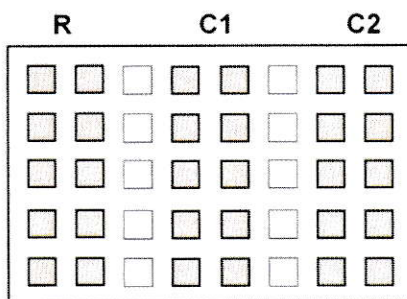
4. Terminología

- Muestra: Indicar que pila de compost se utilizó para realizar la prueba de germinación, en el caso del suelo se referencia colocar "REF".
- Fecha: Se debe indicar mediante día/mes/año la fecha de inicio y la término de la prueba de germinación.
- Semillas: Anotar información referente al nombre de la semilla que se utilizó, la cantidad de semillas plantadas por sustrato (se recomiendan 10) y la cantidad de semillas germinadas luego de los 10-15 días.
- Porcentaje de germinación: Esté debe ser calculado utilizando un 100% la cantidad de semillas germinadas en el suelo de referencia. La muestra de referencia "REF" no se le puede calcular el porcentaje, ya que las semillas germinadas en él se utilizan como el 100%.

5. Plan de Acción

Este test consiste en hacer germinar semillas de rabanito utilizando como sustrato el compost y compararlo con un suelo de referencia. Estas se deben realizar pasado 70 días desde el inicio del proceso de compostaje.

- o Equipos y Materiales
 - Bandeja de poliestireno expandido para almácigos.
 - Semillas de rabanito (*Raphanus Sativus*).
 - Compost como sustrato.
 - Suelo de referencia.
- o Procedimiento
 - Las bandejas de poliestireno se deben dividir según la cantidad de compost que se vaya a analizar. Si tenemos 2 tipos de compost, se debe separar en 3 secciones: referencia- compost 1- compost 2. Etiquetar cada una de las secciones.
 - Llenar las secciones con los sustratos correspondientes según fueron clasificadas.
 - Se plantarán 10 semillas por cada sustrato, colocando una semilla en un espacio del almácigo.
 - Completar registros adjuntos.
 - Se debe rociar con agua todos los días las veces que sea necesario garantizando que el sustrato se mantenga húmedo.
 - Luego de 10-15 días se evaluará la cantidad de semillas germinadas en cada sustrato.
 - Es recomendable repetir el experimento para corroborar los resultados.



R : Sector referencia
C1: Compost 1
C2: Compost 2

- o Cálculos
 - Determinación del Porcentaje de Germinación Relativa

$$PGR = \frac{EX}{RE} \cdot 100$$

Donde,

PGR= Porcentaje de germinación relativa.

EX= Número de semillas germinadas en el sustrato (compost 1 o compost 2).

RE= Número de semillas germinadas en suelo referencia.

6. Código de pilas de compost

Las pilas fueron ordenadas paralelas y a lo largo del terreno de acopio, se formarán desde 4 hasta 5 pilas, dependiendo de la cantidad de material que ingrese cada temporada, estas están ordenadas mediante los códigos C1, C2, C3, C4, C5, C6, comenzando con C1 con la pila más cercana a la línea férrea. En caso de modificar el orden o numeración de estas se debe corregir este documento.

7. Modificaciones del documento

N° Versión	Fecha	Descripción del Cambio
N/A	N/A	N/A

8. Registro

Muestra	FECHA		SEMILLAS			Porcentaje Germinación
	Inicio	Término	Nombre	Plantadas	Germinadas	