

1CH-FC
2. Ambiental
7 983
C.2



FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

**“ESTUDIO PARA ESTABLECER CRITERIOS DE OPERACIÓN DE LA
CANCHA DE SECADO DE BIOSÓLIDOS PARA DISMINUIR LOS EVENTOS
DE OLOR EN SECTORES CERCANOS A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS SERVIDAS EL TREBAL”**

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

Químico Ambiental

Romina Astrid Gutiérrez Pino



Director de Seminario de Título: Q. A. Juan José Morales
Profesor Patrocinante : Dr. Manuel Leiva

Mayo de 2009
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 o (la) candidato (a):

ROMINA ASTRID GUTIÉRREZ PINO

“ESTUDIO PARA ESTABLECER CRITERIOS DE OPERACIÓN DE LA CANCHA DE SECADO DE BIOSÓLIDOS PARA DISMINUIR LOS EVENTOS DE OLOR EN SECTORES CERCANOS A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDA EL TREBAL”

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

COMISIÓN DE EVALUACIÓN

Q. A. *Juan José Morales*
Director Seminario de Título

Dr. *Manuel Leiva*
Profesor Patrocinante

M. Cs. *Inés Ahumada*
Correctora

Dra. *Isel Cortés*
Correctora

Stamp: FACULTAD DE CIENCIAS - BIBLIOTECA CENTRAL - U. DE CHILE

Santiago de Chile, enero de 2009

RESEÑA

Nací en Santiago de Chile, en marzo de 1984. Los nombres de mis padres son Marisol y Hernán, y tengo una hermana mayor llamada Constanza.

En mi infancia me caracterice por ser una niña desordenada y centro de atención, aunque a medida que fueron transcurriendo los años esto se fue cambiando. Además de esto, siempre sentí la necesidad de hacer cosas nuevas y progresar, como también la necesidad de lograr todos mis objetivos. Es por esto que en 1996, ingrese a terminar mi enseñanza básica y media al Liceo Carmela Carvajal de Prat, para luego continuar con mis estudios profesionales en la Universidad de Chile en la Carrera de Química Ambiental.

La idea de ingresar a esta carrera, fue debido a la inquietud que me surgió a través de mi etapa escolar de la poca conciencia que el ser humano ha tenido por el Medio Ambiente. Es por esto, que me forje la meta de continuar en esta área, para posteriormente crecer como profesional y aportar un granito de arena, tanto a la sociedad como a la investigación, y de esta forma ayudar para que las cosas en este mundo mejoren, para el bien no solo de la humanidad sino que también para todo lo que nos rodea.





Agradecimientos.

Al finalizar esta etapa, agradezco primero que todo a mi madre y hermana por estar a mi lado en los momentos más importante de mi vida y por el apoyo incondicional que me han brindado para llegar a ser la persona que soy.

Al Área Medio Ambiente de la Empresa Aguas Andinas por darme la oportunidad para realizar mi trabajo de Seminario de Título. Gracias a Juan José Morales por la confianza depositada en mí, y agradezco además, a cada una de las personas que pertenecen a esta área, por la ayuda y por las palabras de aliento brindadas para lograr finalizar esta etapa.

Finalmente muchas gracias a cada una de las personas que confiaron en mí.

INDICE DE CONTENIDOS



I	INTRODUCCION-----	1
1.1	Antecedentes Generales-----	1
1.2	Planteamiento del Problema-----	5
1.3	Objetivos-----	6
II	MARCO CONCEPTUAL-----	7
2.1	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal-----	7
2.1.1	Antecedentes Generales-----	7
2.1.1.1	Característica de la zona-----	7
2.1.1.2	Clima y Meteorología-----	8
a	Dirección del Viento-----	9
b	Velocidad del Viento-----	12
c	Temperatura ambiente y humedad relativa-----	13
2.1.2	Proceso de Tratamiento de Aguas Servidas PTAS El Trebal-----	15
2.1.2.1	Línea de Agua-----	15
a	Tratamiento Preliminar-----	15
b	Tratamiento Primario-----	15
c	Tratamiento Secundario-----	16
d	Desinfección-----	17
2.1.2.2	Línea de Lodos-----	17
a	Espesadores-----	17
b	Digestión Anaeróbica-----	17



c	Deshidratación-----	18
d	Secado en Cancha-----	18
e	Monofill o Monorelleno-----	19
2.2	Biosólidos-----	22
2.3	Cancha de Secado de Biosólidos-----	24
2.3.1	Secado Solar-----	25
2.3.2	Biosecado-----	26
2.4	Compuestos liberados por los Biosólidos-----	28
2.4.1	Características Físicoquímicas de los Gases Odorantes-----	29
2.4.1.1	Amoniaco-----	29
2.4.1.2	Sulfuro de Hidrógeno-----	32
2.4.1.3	Dimetil Sulfuro-----	34
2.4.1.4	Aminas-----	35
2.4.1.5	Ácidos Orgánicos Volátiles-----	35
2.5	Olores-----	36
2.5.1	Sistema Sensorial Olfativo-----	36
2.5.2	Características de los Olores-----	38
a	Concentración-----	38
b	Intensidad-----	38
c	Calidad de Olor-----	39
d	Tono Hedónico-----	39
e	Detectabilidad o Umbral de Olor-----	39
f	Umbral de Reconocimiento o Identificación-----	40
2.5.3	Métodos de Medición de Olor-----	41

2.5.3.1	Métodos Analíticos-----	41
a	Cromatografía de Gases-----	41
b	Narices Electrónicas-----	43
c	Tubos Colorimétricos-----	43
d	Sensores Electroquímicos-----	44
2.5.3.2	Métodos Sensoriales-----	46
a	Psicometría-----	46
b	Inspecciones de Campo-----	46
c	Olfatometría-----	47
2.6	Legislación-----	50
2.6.1	Legislación Internacional-----	50
2.6.1.1	Alemania-----	52
2.6.1.2	Japón-----	53
2.6.1.3	Australia-----	55
2.6.2	Legislación Nacional-----	57
III	MATERIALES Y MÉTODOS-----	60
3.1	Materiales-----	60
3.1.1	Resultados del Monitoreo Continuo de olores para el año 2006, 2007 y 2008-----	60
3.1.2	Resultados de Paneles de Olor para el año 2006, 2007 y 2008-----	63
3.1.3	Resultados de las Fichas de Registros (estudio psicométrico) realizados en sectores aledaños a la planta-----	66



3.1.4	Datos Meteorológicos proporcionados por la Estación ubicada en la PTAS El Trebal-----	68
3.1.5	Datos de la Operación de la Cacha de Secado para el año 2006, 2007 y 2008-----	68
3.2	Metodología de Análisis de Datos-----	69
IV	RESULTADOS-----	74
4.1	Relación entre la percepción de Olor y los Parámetros Meteorológicos-----	74
4.2	Relación entre la Cantidad de Biosólidos Seco trasladado desde la Cancha de Secado al Monofill y los Monitoreos de Olores-----	81
4.3	Relación entre el Área utilizada en Cancha y los Resultados de Paneles de Olor-----	85
4.4	Relación entre la Cantidad de Biosólido Acopiado en Invierno, Cantidad de Biosólido en proceso de Biosecado y los Monitoreos de Olores-----	90
4.5	Proceso de Biosecado vesus Secado Solar-----	93
4.6	Relación entre la Cantidad de Biosólido en proceso de Secado Solar y los Monitoreos de Olores-----	94
4.7	Relación entre el Área utilizada en Cancha y los Resultados del Monitoreo Continuo de Olores-----	95
4.8	Relación entre la Cantidad de Biosólido en Proceso de Biosecado y los Monitoreos de Olores-----	97

4.9	Relación entre la Percepción de Olor, Volteos de Pilas y Periodos de Lluvia-----	101
V	DISCUSIÓN-----	103
5.1	Relación entre la percepción de Olor y los Parámetros Meteorológicos-----	103
5.2	Relación entre la Cantidad de Biosólidos Seco trasladado desde la Cancha de Secado al Monofill y los Monitoreos de Olores-----	104
5.3	Relación entre el Área utilizada en Cancha y los Resultados de Paneles de Olor-----	105
5.4	Relación entre la Cantidad de Biosólido Acopiado en Invierno, Cantidad de Biosólido en proceso de Biosecado y los Monitoreos de Olores-----	106
5.5	Proceso de Biosecado vesus Secado Solar-----	108
5.6	Relación entre la Cantidad de Biosólido en proceso de Secado Solar y los Monitoreos de Olores-----	109
5.7	Relación entre el Área utilizada en Cancha y los Resultados del Monitoreo Continuo de Olores-----	110
5.8	Relación entre la Cantidad de Biosólido en Proceso de Biosecado y los Monitoreos de Olores-----	111
5.9	Relación entre la Percepción de Olor, Volteos de Pilas y Periodos de Lluvia-----	113

VI	CONCLUSIONES-----	114
VII	BIBLIOGRAFÍA-----	120
	ANEXO-----	126

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1	Composición típica de los biosólidos digeridos-----	22
Tabla 2	Propiedades fisicoquímicas del amoniaco-----	30
Tabla 3	Reacciones fisiológicas al amoniaco-----	31
Tabla 4	Propiedades fisicoquímicas del sulfuro de hidrógeno-----	32
Tabla 5	Efectos fisiológicos del sulfuro de hidrógeno-----	33
Tabla 6	Propiedades fisicoquímicas del dimetil sulfuro-----	34
Tabla 7	Umbral de olor de compuestos odorantes presentes en aguas residuales -----	40
Tabla 8	Marcos Legales Internacionales para olores-----	51
Tabla 9	Valores de Límites de Inmisión I_{limit} para diferentes usos de suelo--	53
Tabla 10	Escalas de intensidad de olor-----	55
Tabla 11	Evaluación horaria estacional de la fichas de registros para el año 2007-----	77
Tabla 12	Resultados paneles de olor para periodo Oct 2006 – Ene 2007. Sector La Esperanza-----	85
Tabla 13	Resultados paneles de olor sector La Esperanza y parámetros meteorológicos para el periodo May – Oct 2007-----	86
Tabla 14	Resultados paneles de olor sector Villa El Maitén y parámetros meteorológicos para el periodo May – Oct 2007-----	89
Tabla 15	Cantidad de biosólido acumulado de invierno en la cancha de secado. Año 2006 y 2007-----	91

Tabla 16	Comparación mayo 2007 y mayo 2008 en la producción de biosecado y la percepción de olor -----	99
Tabla 17	Porcentaje de tiempo de olor diario para los sectores cercanos a la PTAS El Trebal. Semana del 26 al 31 de mayo del 2008-----	102
Tabla 18	Porcentaje de tiempo de olor para el sector de Villa El Maitén y cantidad mensual de biosólido seco trasladado desde la cancha al Monofill. Periodo enero 2006 a marzo 2008-----	128

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1	Ubicación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal----	8
Figura 2	Rosa de viento anual 2006 y 2007. Estación meteorológica PTAS El Trebal-----	9
Figura 3	Variación estacional de las Rosas de Vientos año 2007. Estación meteorológica PTAS El Trebal-----	10
Figura 4	Variación horaria de las Rosas de Vientos. Periodo primavera – verano 2007. Estación meteorológica PTAS El Trebal-----	11
Figura 5	Variación horaria de las Rosas de Vientos. Periodo otoño – invierno 2007. Estación meteorológica PTAS El Trebal-----	11
Figura 6	Velocidad promedio mensual año 2007. Estación meteorológica PTAS El Trebal-----	12
Figura 7	Temperatura ambiente y humedad relativa promedio mensual año 2007. Estación meteorológica PTAS El Trebal-----	14
Figura 8	Diagrama del tratamiento de aguas servidas en la PTAS El Trebal-	19
Figura 9	Esquema PTAS El Trebal-----	21
Figura 10	Cancha de secado de biosólidos PTAS El Trebal. 14 de abril 2008-----	24
Figura 11	Cancha de secado durante el proceso de secado solar. Marzo 2008-----	26
Figura 12	Cancha de secado PTAS El Trebal durante proceso de biosecado. Agosto 2007-----	28
Figura 13	Gases odorantes provenientes de los biosólidos-----	29
Figura 14	Receptores odorantes y organización del Sistema Olfativo-----	37

Figura 15	Tubos colorimétricos para la medición de sulfuro de hidrógeno-----	44
Figura 16	Equipo de monitoreo de gases con sensores electroquímicos-----	45
Figura 17	Olfatómetro de gases-----	48
Figura 18	Olfatómetro de campo Nasal Ranger-----	49
Figura 19	Puntos de medición en Monitoreo Continuo de Olores PTAS El Trebale-----	61
Figura 20	Ficha de medición en Monitoreo Continuo de Olores-----	62
Figura 21	Puntos de monitoreo Paneles de Olor PTAS El Trebal-----	64
Figura 22	Ficha de medición de olores en Paneles de Olor-----	65
Figura 23	Ficha de registro de olores-----	67
Figura 24	Planilla de datos excel para el análisis de las fichas de registros sector La Primavera-----	70
Figura 25	Relación entre las fichas de registros del año 2007 y la velocidad del viento. Localidad El Trebal-----	74
Figura 26	Relación entre las fichas de registros del año 2007 y la velocidad del viento. Sector La Primavera-----	75
Figura 27	Evaluación horaria de los registros para el año 2007-----	76
Figura 28	Relación entre ficha de registros La Primavera, área utilizada en cancha y dirección del viento (NO – NNE)-----	79
Figura 29	Relación entre monitoreo continuo de olores, área utilizada en cancha y dirección del viento-----	80
Figura 30	Relación mensual entre biosólido seco trasladado al monofill y los resultados de las fichas de registros para localidad El Trebal	81

Figura 31	Relación semanal durante los meses de febrero a marzo 2007 entre el biosólido seco trasladado al monofill y los resultados de las fichas de registros para localidad El Trebal-----	82
Figura 32	Relación entre el resultado del monitoreo continuo de olores y biosólido seco traslado desde la cancha al monofill. Sector Villa El Maitén-----	83
Figura 33	Relación diaria entre resultados del monitoreo continuo de olores y biosólido seco trasladado al monofill para el mes de marzo 2007. Sector Villa El Maitén-----	84
Figura 34	Área utilizada en cancha de secado para los días de monitoreo en los meses de Oct 2006 – Ene 2007-----	86
Figura 35	Area utilizada en cancha de secado para los días de monitoreo en los meses de May - Oct 2007-----	87
Figura 36	Relación área utilizada en cancha y resultados paneles olor. Sector La Esperanza. Periodo May – Oct 2007-----	88
Figura 37	Relación área utilizada en cancha y resultados paneles olor. Periodo May – Oct 2007. Sector Villa El Maitén-----	89
Figura 38	Resultados monitoreo continuo de olores para año 2006 - 2007. Localidad El Trebal-----	91
Figura 39	Relación entre la producción de biosólido destinada a biosecado y el monitoreo continuo de olores para cada sector durante el periodo 2006 y 2007-----	92
Figura 40	Comparación secado solar y biosecado-----	93

Figura 41	Relación entre la cantidad de días con percepción de olor y la cantidad de biosólido dispuesto para secado solar-----	94
Figura 42	Relación área utilizada en cancha y porcentaje de tiempo de olor--	96
Figura 43	Relación biosecado y porcentaje de tiempo de olor. Punto Cruce RSSP-----	97
Figura 44	Relación biosecado y porcentaje tiempo de olor. Sector Villa El Maitén-----	98
Figura 45	Relación entre el porcentaje de tiempo de olor en el sector La Primavera y la cantidad de pilas en proceso de biosecado-----	99
Figura 46	Comparación año 2007 y 2008. Sector La Primavera-----	100
Figura 47	Comparación del porcentaje del tiempo de olor en localidad El Trebal y la cantidad de biosólido volteado en cancha, durante periodos de lluvia-----	101
Figura 48	Esquema resumen de criterios de operación-----	117
Figura 49	Resultados fichas de registros localidad El Trebal-----	126
Figura 50	Resultados fichas de registros sector La Primavera-----	126
Figura 51	Velocidad del viento promedio horario mensual. Estación Meteorológica PTAS El Trebal-----	127
Figura 52	Relación entre biosólido seco trasladado desde la cancha al monofill y percepción de olor semanal en localidad El Trebal, suponiendo un tiempo de secado óptimo de los biosólidos-----	127

Figura 53	Relación entre biosólido seco trasladado desde la cancha al monofill y percepción de olor diaria en sector Villa El Maitén durante el mes de marzo, suponiendo un tiempo de secado óptimo de los biosólidos-----	128
Figura 54	Cromatograma que indica los diversos compuestos presentes en la madera-----	129

GLOSARIO

Aguas Servidas: Son las descargas líquidas domiciliarias que son depuradas en las Plantas de Tratamiento.

Biosólido: Material sólido extraído del tratamiento de las aguas servidas, que esta compuesto principalmente por materia orgánica, y en menor cantidad por metales pesados.

Cancha de Secado: Zona impermeabilizada en donde se realiza el proceso de secado de los biosólidos.

Frecuencia de Olor: Número de observaciones positivas con olor asociados a la planta por sobre el número total de observaciones.

Monitoreo Continuo de Olores: Monitoreo realizado por persona entrenada para percibir olores asociados a la planta en sectores cercanos a esta. Al ser continuo opera los 365 días del año. Con este monitoreo se registran los tiempos de percepción de olor.

Monorelleno o Monofill: Zona impermeabilizada de disposición final de los biosólidos que forma parte de la Planta de Tratamiento.

Olor: Sensación resultante de la recepción de un estímulo por el Sistema Sensorial Olfativo.

Paneles de Olor: Monitoreo de olores realizados por un grupo de personas entrenadas, que se realiza una vez al mes y del cual se obtiene el porcentaje de frecuencia de olor.

Sensores Electroquímicos: Es una celda electroquímica que forma parte de los equipos portátiles de monitoreo de gases odorantes.

Tiempo de olor: Tiempo total de olor registrado asociado a la planta de tratamiento, por sobre el total del tiempo de medición.

RESUMEN

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (en adelante PTAS) son susceptibles de generar olores, los cuales pueden causar molestias en los sectores cercanos a ellas. En el año 2001, entró en operación en la Región Metropolitana de Santiago de Chile la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal, la cual contempla el tratamiento físico y biológico del agua del sector sur de la región, a través del sistema de lodos activados convencionales y anaeróbico mesofílico de los lodos. Los lodos, también llamados biosólidos, son el material sólido extraído de las aguas servidas, que está compuesto de materia orgánica, tal como lípidos, carbohidratos, proteínas y aminoácidos.

Para realizar la disposición final de estos biosólidos, es necesario que estos pierdan humedad, por lo cual son conducidos a una cancha de secado, donde pueden secarse a través de dos procesos (secado solar y biosecado). Es durante este proceso de secado que se liberan gases odorantes, los cuales pueden ser transportados hacia los sectores cercanos de la PTAS El Trebal, dadas ciertas condiciones meteorológicas.

Es en este contexto, que el objetivo de este estudio es establecer criterios de operación de la cancha de secado para minimizar los eventos de olor que se producen en estos sectores. Estas consignas se apoyarán en los distintos monitoreos de olores que se efectúan en la planta y sus alrededores (monitoreo continuo, paneles de olor y ficha de registro de los vecinos); toda esta información es relacionada junto con la información de la operación de la cancha y la información meteorológica.

Los resultados indican que al aumentar la cantidad de biosólido en cancha, aumentan los días con percepción de olor. Esto ocurre principalmente durante los meses de verano, pudiendo disponerse en cancha hasta 4.500 Ton de biosólido en masa seca. Durante los meses de invierno los resultados indican que es posible disponer hasta 7.676 Ton de biosólido centrifugado en proceso de biosecado, pues los meses de junio – julio son los que cuentan con menores velocidades de viento. Además es posible minimizar los eventos de olor controlando la cantidad de biosólido seco que se traspasa de la cancha al monorelleno (lugar disposición final de biosólidos), la cantidad de biosólido acopiado en los meses de invierno, el área utilizada en cancha de secado y los volteos realizados durante los periodos de lluvia.

ABSTRACT

Sewage treatment plants or also called domestic wastewater treatment plants are prone to generate odors which can cause discomfort in the closest areas to them.

Since 2001, the sewage treatment plant "El Trebal" has been operating to clean the domestic wastewaters produced by the inhabitants of the southern of Santiago de Chile, in the Metropolitan region. Regarding to the process, this is based on a primary treatment where physically all large objects are deposited in the sewer system and a secondary treatment which includes conventional activated sludge technology and anaerobic digestion of sludges at mesophilic conditions. The sludges or biosolids are the solid material extracted from sewage which is composed of organic matter such as lipids, carbohydrates, proteins and amino acids.

To make the final disposition of these biosolids is necessary decrease their moisture, thus they are herded into piles where can be dried through two processes: solar drying and biodrying. It is during these drying processes that odorant gases are released and might be transported to closest areas of the sewage treatment plant "El Trebal" depending on certain weather conditions.

It is in this context the objective of this study is to establish operation's criteria of the drying zone to minimize the odor's events which occur in these sectors. These criteria are based on different samples of smells made at the plant and its surroundings (continuous monitoring panels of smell and registration form asked to the neighbors); all this information is linked with information on the operation of the piles and weather.

The results reveal that as the amount of biosolids increases and new piles are formed the days with perception of odor increase as well. This event takes place mostly in summer season allowing a maximum disposal of 4500 Ton of biosolids in dry mass. During the winter season the results indicate a dump limit of 7676 tons of centrifuged biosolids in the process of biodrying since on June and July are those months with lower wind speeds. It is also possible to minimize the events of odor controlling the amount of dry biosolids to be transferred from the pile to the final site of biosolids disposal (monofill), the amount of biosolids gathered during the winter season, the area used for drying and pile turning for the periods of rain.

I. INTRODUCCION.

1.1 Antecedentes Generales.

En la Región Metropolitana de Santiago, hasta el año 2001, la mayoría de las aguas utilizadas en uso doméstico e industrial eran vertidas directamente a los cursos naturales, provocando la consiguiente contaminación hídrica de estos cauces.

Dado lo anterior, se puso en marcha el Plan de Saneamiento Hídrico de la cuenca de Santiago, el que contempla la construcción de 3 grandes Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) en el Gran Santiago y 13 Plantas de Localidades.

Actualmente, se encuentran en operación 2 plantas en Santiago, PTAS El Trebal y Farfana y 12 plantas de localidades, con las cuales se tiene una cobertura de tratamiento del 72,7 % en diciembre del 2007. (SISS, 2007)

El Plan de Saneamiento Hídrico, se inició con la construcción de la PTAS El Trebal, la cual comenzó su operación en octubre del 2001. Esta se encuentra ubicada en la comuna de Padre Hurtado y trata un caudal medio aproximado de 3,3 m³/s. Posee una capacidad media de diseño de 4,4 m³/s, contempla tratamiento físico y biológico (lodo activado convencional) del agua, y anaeróbico mesofílico de los lodos.

Este lodo tratado biológicamente, también llamado biosólido, es un material compuesto por materia orgánica, que incluye lípidos, carbohidratos y aminoácidos-

proteínas. También contiene nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, además de metales pesados como arsénico, cadmio, cromo, cobalto, cobre, entre otros. (Metcalf & Eddy, 1995).

Los biosólidos generados en la PTAS El Trebal que salen de las centrifugas, en una cantidad del orden de 220 toneladas diarias y con una humedad de 75 %, son conducidos a una cancha para su secado. En esta son dispuestos en pilas para ser deshidratados mediante sucesivos volteos durante los meses de calor (septiembre a abril normalmente), hasta obtener un 35 % de humedad, este proceso de secado es conocido como secado solar. El biosólido producido en los meses fríos o lluviosos (normalmente Abril/Mayo a Agosto/Septiembre) era acopiado en espera de condiciones favorables para el secado. (Aguas Andinas, 2006). Desde 2006, se incorporó gradualmente el proceso de biosecado, para ser utilizado durante estos meses, el cual se basa en la evaporación del agua presente en las pilas gracias al calor liberado durante la degradación de la materia orgánica por parte de los microorganismos.

Un aspecto importante de los biosólidos, es que al poseer abundante materia orgánica, constituyen una fuente de alimento para los microorganismos, los cuales degradan estas fuentes de energía y liberan compuestos olorosos. Las formas orgánicas e inorgánicas, los mercaptanos, el amoníaco, las aminas y los ácidos grasos orgánicos son los compuestos causantes de los olores más desagradables asociados con la producción de biosólidos. (EPA, 2000).

Durante la etapa de secado, tanto solar como biosecado, se generan emisiones de gases odorantes, entre los que se encuentran el amoníaco (NH_3), dimetil sulfuro

(CH_3SCH_3), sulfuro de hidrógeno (H_2S) y metil mercaptano (CH_3SH), entre otros. La mezcla de ellos, en distintas proporciones y cantidades constituyen lo que es el olor.

Un olor es definido como la sensación resultante de la recepción de un estímulo por el sistema sensorial olfativo. La manera en que es evaluada la respuesta humana a un olor depende de la propiedad sensorial particular que se está midiendo, incluyendo la concentración, intensidad, carácter y tono hedónico de los olores. El efecto combinado de estas propiedades está relacionado con el grado de molestia que puede ser causado por los olores. (Olores, 2004)

Existen fundamentalmente dos métodos para medir los olores, los métodos físico-químicos, entre los que se encuentran la cromatografía de gases, sensores piezoelectrónicos (narices electrónicas), tubos colorimétricos y equipos electroquímicos. Finalmente, están los métodos sensoriales, como la olfatometría, nasal ranger, psicometría, inspecciones de campo, entre otras.

Los olores liberados por el secado de biosólidos son transportados a localidades cercanas a la PTAS El Trebal generando eventos de olores, los cuales dependerán del manejo de la cancha y de parámetros meteorológicos como son la dirección y velocidad del viento, así como también la estabilidad atmosférica.

En este contexto, el presente estudio se enfocará en relacionar distintos tipos de variables (operación y procesos de la cancha, meteorológicas, monitoreos de olores, reclamos, etc) que demuestren una dependencia entre la operación de la cancha de secado de biosólidos y la percepción de olores en sectores cercanos a la PTAS.

A partir de esta información, se podrán definir consignas de operación de la cancha de secado del Trebal para disminuir los eventos de olores en localidades cercanas a la planta.

1.2 Planteamiento del Problema.

Aguas Andinas posee desde hace algunos años un Plan de Control y Gestión de Olores en las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas. Los resultados obtenidos para la PTAS El Trebal demuestran que las principales emisiones de olores al interior de la planta como la inmisión al exterior de ella, son asociadas a los biosólidos en proceso de secado. Esto ha generado eventos de olores en los sectores cercanos a la PTAS, los cuales varían según el sector, día, hora, parámetros meteorológicos y condiciones de operación de la cancha de secado, lo que permite postular que exista una relación entre esta última y los episodios de olor.

1.3 Objetivos.

Objetivo General.

- Definir consignas de operación de la cancha de secado de la PTAS Trebal para minimizar los episodios de olores en localidades circundantes a la planta.

Objetivos Específicos.

- Definir los elementos a analizar.
- Relacionar los trabajos de operación de la cancha con los resultados de los estudios psicométricos (encuestas y ficha de registro de olores proporcionadas a la comunidad) .
- Establecer la influencia de las parámetros meteorológicos en la percepción de olores.
- Estudiar los efectos de la operación de la cancha de secado en la percepción de olores en lugares cercanos a la planta.
- Determinar las relaciones entre los distintos elementos analizados.
- Establecer los diferentes criterios de operación de la cancha.

II. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal.

2.1.1 Antecedentes Generales.

Actualmente en la cuenca de Santiago se trata cerca del 70 % de las aguas servidas, gracias al funcionamiento de 12 plantas de localidades y de dos grandes plantas: La Farfana y El Trebal.

La Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal se ubica en la localidad El Trebal, comuna de Padre Hurtado, provincia de Talagante en la Región Metropolitana. Entró en funcionamiento en octubre del 2001, trata un caudal medio de 3,3 m³/s y posee una capacidad media de diseño de 4,4 m³/s. Esta contempla el tratamiento físico y biológico (lodo activado convencional) del agua y tratamiento anaeróbico mesofílico de lodos.

2.1.1.1 Característica de la Zona.

La zona en donde se encuentra emplazada limita al Norte y al Oeste por cerros, y al Este y al Sur por el Río Mapocho. (EMOS, 1996).

Cercana a la PTAS se encuentran diversas zonas pobladas, a 1,2 Km al Oeste se encuentra la localidad El Trebal, a 1,5 Km al Noroeste el sector de la Esperanza, a

1,6 Km al Sur se presenta el sector de la Primavera, mientras que 3 Km al NorEste se ubica el sector de Villa El Maitén. El sector de El Trebal se inserta en un área rural, en donde las principales actividades son la agricultura y la extracción de áridos.

En la Figura 1, se presenta un plano en donde se encuentra emplazada la Planta, describiendo los diferentes sectores cercanos a esta.

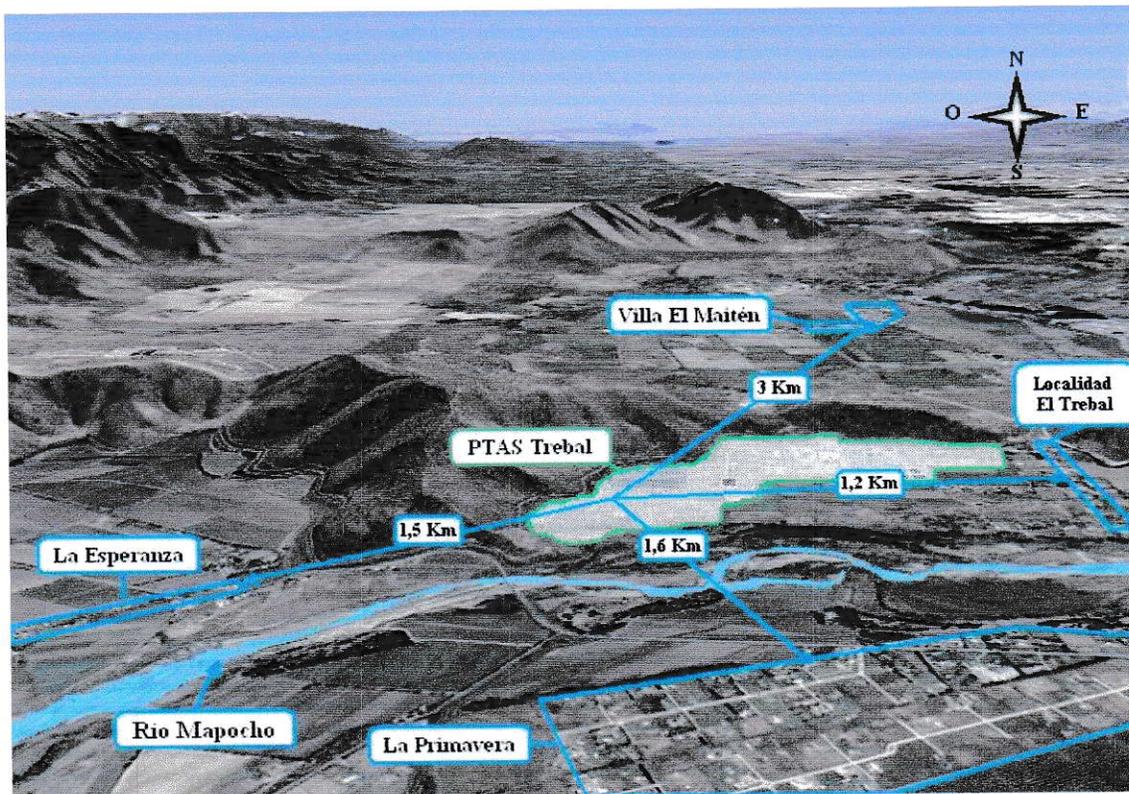


Figura 1. Ubicación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal

2.1.1.2 Clima y Meteorología.

El clima presente en la zona es templado mesotermal estenotérmico (estacionalidad térmica moderada) mediterráneo semiárido. Posee un régimen térmico

que se caracteriza por veranos secos y calurosos, mientras que los inviernos son fríos y húmedos, presentando ocasionalmente heladas con temperaturas menores a 0°C en especial durante la madrugada. (Fernandez y col, 2002).

a. Dirección del viento.

Los vientos en El Trebal tienen dirección predominante Sursuroeste.

La Figura 2, presenta la rosa de viento para el sector durante el año 2006 y 2007.

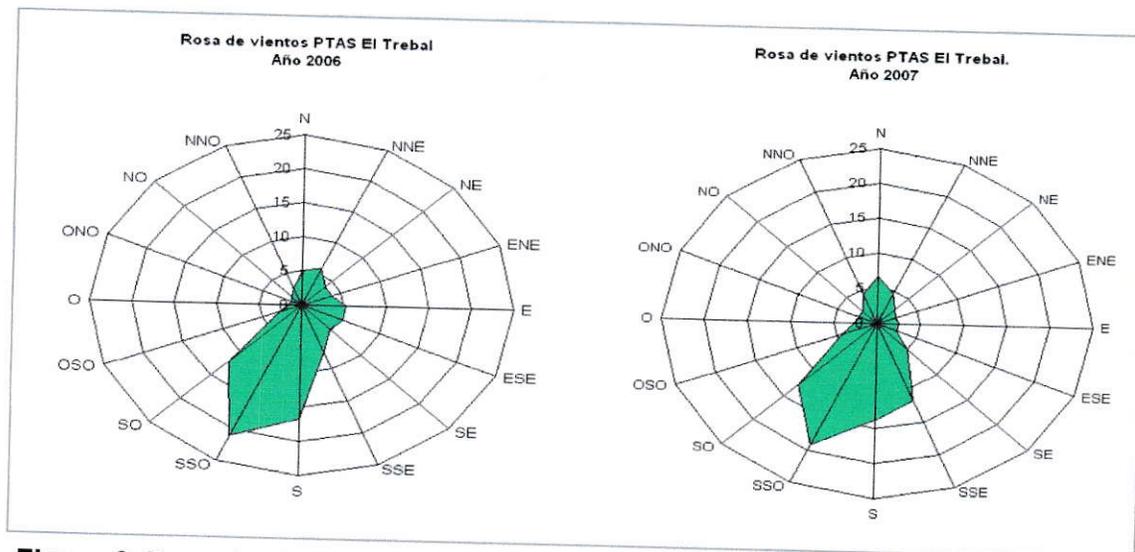


Figura 2. Rosa de viento anual 2006 y 2007. Estación meteorológica PTAS El Trebal.

Para el año 2006 y 2007 las direcciones predominantes de viento, es decir, las que presentan un mayor porcentaje de frecuencia, se encuentran entre Suroeste, Sursuroeste y Sur, como se puede observar en la Figura 2.

Los vientos en el sector El Trebal cambian de dirección según la estación del año y las horas del día, presentan diferencia entre primavera-verano y otoño invierno, así como horarios de madrugada y tarde.

La Figura 3, presenta la variación estacional de la Rosa de Vientos durante el año 2007.

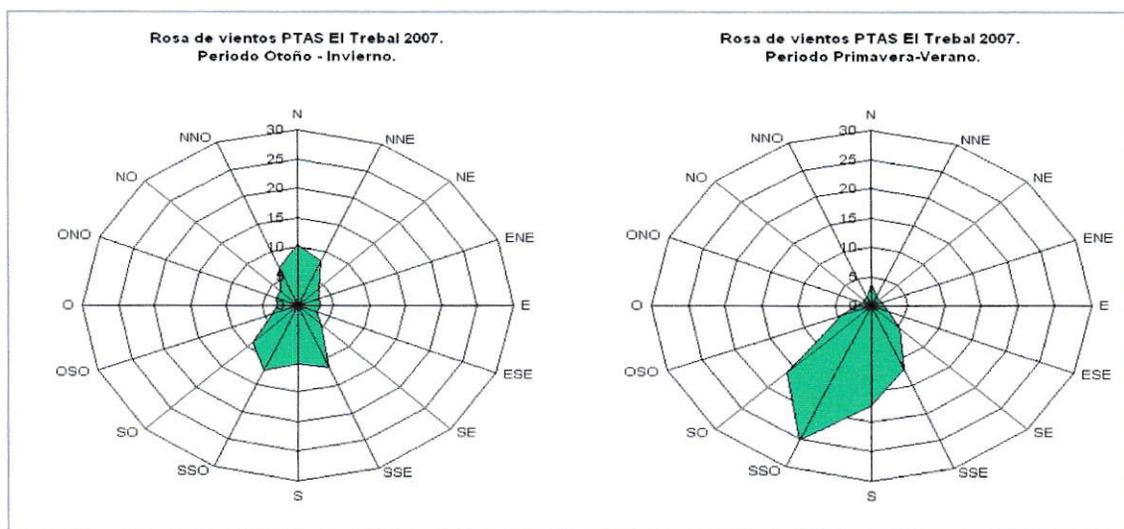


Figura 3. Variación estacional de Rosa de Vientos año 2007. Estación meteorológica PTAS El Trebal.

Durante el período primavera-verano, los vientos predominantes son en dirección SSO, mientras que en período otoño-invierno aumenta la frecuencia de vientos que van en dirección Norte, como se presenta en la Figura 3.

La Figura 4 y 5, presenta la variación horaria de los vientos para los diferentes períodos estacionales durante el año 2007.

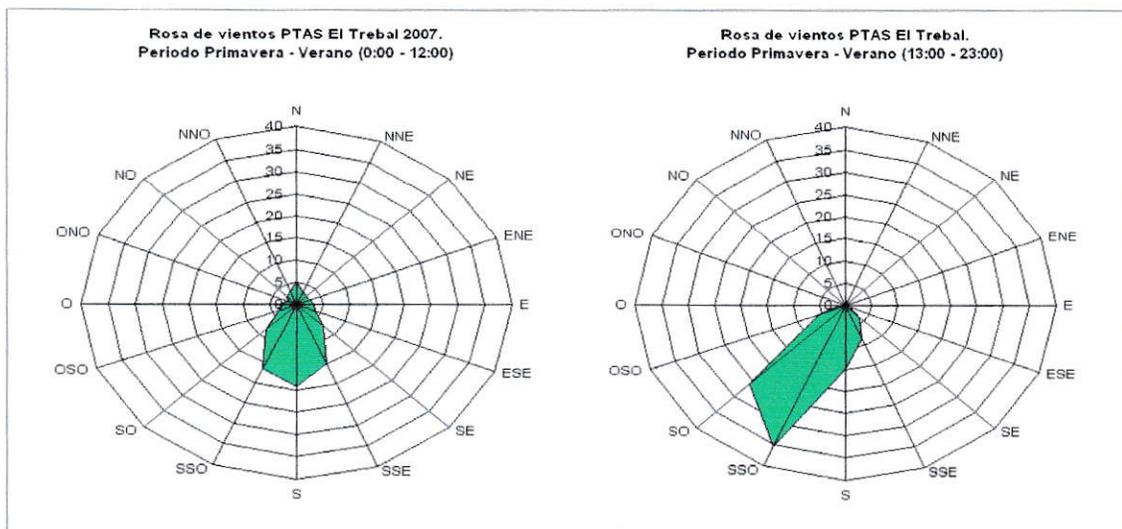


Figura 4. Variación horaria de las Rosas de Vientos. Período primavera – verano 2007. Estación meteorológica PTAS El Trebal.

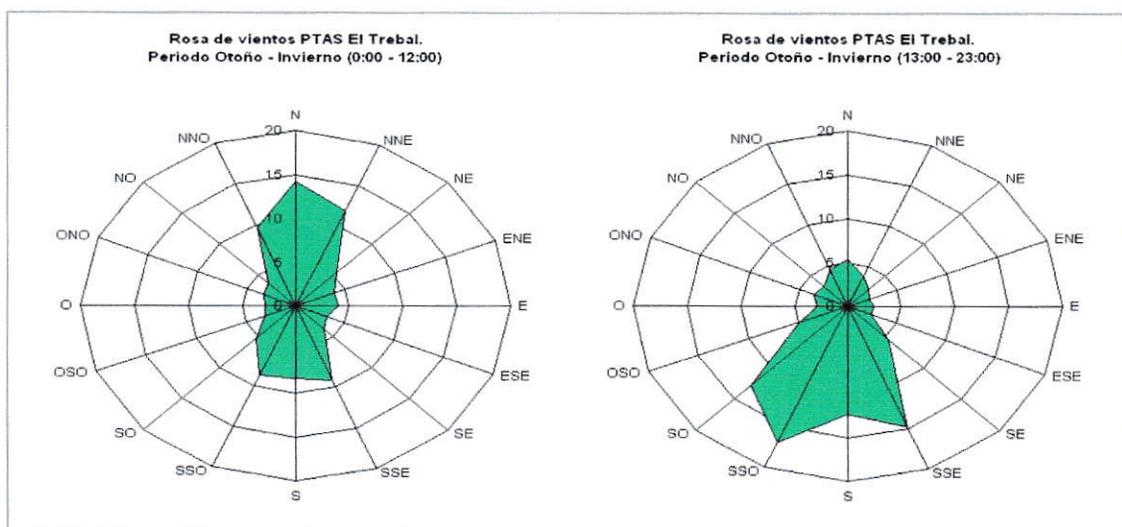


Figura 5. Variación horaria de las Rosas de Vientos. Período otoño – invierno 2007. Estación Meteorológica PTAS El Trebal.

Durante el período primavera – verano, la componente predominante del viento en horario mañana es S, presentándose una pequeña componente N, mientras que

para el horario de la tarde la componente predominante es SSO, como se puede observar en la Figura 4.

En el período otoño – invierno, durante el horario de mañana predomina principalmente la componente N, mientras que en horarios de la tarde la dirección del viento cambia a la componente SSO – SSE, como es posible observar en la Figura 5.

b. Velocidad del viento.

La velocidad promedio anual en la zona es de 2,5 m/s, presentándose las mayores velocidades en los meses de primavera – verano, decreciendo en los meses de otoño – invierno.

La Figura 6, muestra el comportamiento de la velocidad promedio mensual para el año 2007 en la zona de la PTAS El Trebal.

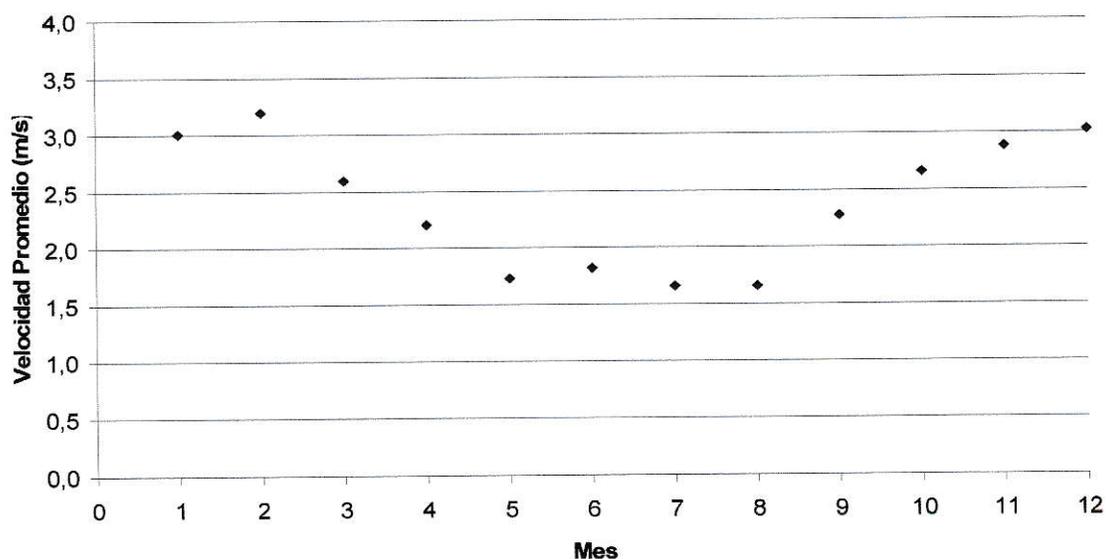


Figura 6. Velocidad promedio mensual año 2007. Estación meteorológica PTAS El Trebal.

Durante los meses de primavera – verano la velocidad promedio mensual es superior a los 2,5 m/s, mientras que para los meses de otoño – invierno la velocidad promedio mensual no supera los 2,5 m/s, llegando en los meses de invierno a velocidades promedio de 1,6 m/s como se puede apreciar en la Figura 6. Las velocidades diarias máximas registradas en esta zona son alrededor de los 10-11 m/s

c. Temperatura ambiente y Humedad relativa.

Las temperaturas en la zona El Trebal varían, en promedio, entre una máxima en el mes de enero de 28 °C y una mínima en julio de 4 °C. La humedad relativa sigue una tendencia contraria a la temperatura con un descenso en los horarios de la tarde, cuando se presentan las mayores temperaturas. Los valores van entre 55 % en enero y 80 % en julio. (Fernandez y col, 2002).

La Figura 7, presenta el comportamiento de la temperatura ambiente y la humedad relativa en el sector de la PTAS El Trebal durante el año como promedio mensual.

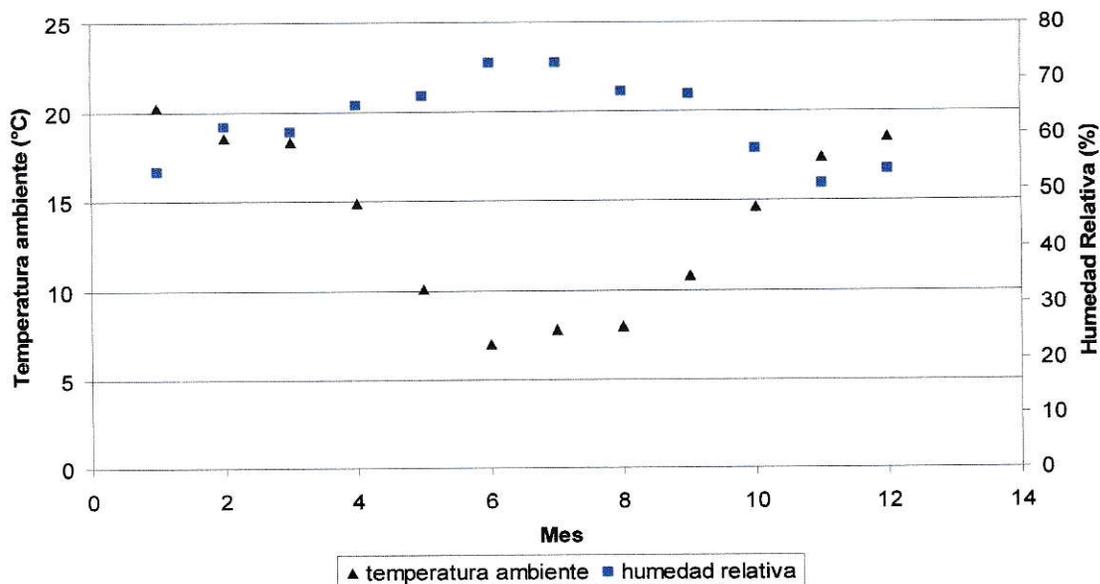


Figura 7. Temperatura ambiente y humedad relativa promedio mensual año 2007. Estación meteorológica PTAS El Treal.

En los meses de otoño – invierno se presenta la mayor humedad relativa llegando a 75 % como promedio mensual y la temperatura mínima es de 7 °C promedio mensual, las que aumentan en período primavera – verano pudiendo llegar a un promedio mensual de 20 ° C y la humedad relativa presenta el mínimo llegando a 52 %, como se puede observar en la Figura 7.

2.1.2 Proceso de Tratamiento de Aguas Servidas PTAS El Trebal.

El agua servida que ingresa a la planta debe pasar por una serie de procesos unitarios los cuales eliminan los diversos contaminantes que esta posee. Estos procesos conforman lo que se llama la línea de agua. Además, como el tratamiento del agua servida genera subproducto con alto contenido de sólidos denominado "Lodo", que continúa por otra serie de procesos para ser estabilizado que conforman la línea de lodo.

A continuación, se describen los procesos que se producen tanto en la línea de agua como en la de lodo.

2.1.2.1 Línea de agua.

a. Tratamiento Preliminar.

Con la utilización de baterías de rejillas gruesas y finas, y desarenadores aireados se produce la remoción de sólidos gruesos.

b. Tratamiento Primario.

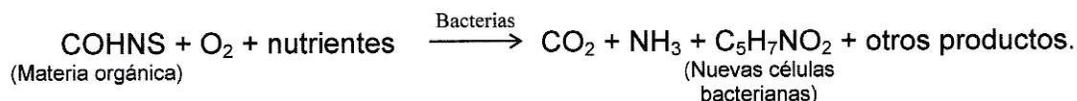
Consiste en la utilización de estanques de gran tamaño (40 m de diámetro), en donde se hace circular el agua a tratar. La velocidad de flujo se reduce con el objeto de

producir la sedimentación de los sólidos más gruesos quedando en la superficie la fracción más fina.

c. Tratamiento Secundario.

Esta compuesto de Estanques de Aireación, los que poseen material en suspensión con microorganismos, los cuales utilizan como alimento la materia orgánica proveniente del agua salida del tratamiento primario. Los microorganismos en los estanques residen en promedio 4,5 días.

La reacción que describe la degradación de la materia orgánica en los estanques de aireación se puede describir de la siguiente manera (Metcalf & Eddy, 1995).



Posteriormente, el efluente pasa a unos estanques de sedimentación secundarios, en donde se separa el material suspendido de la fase líquida, generándose los lodos secundarios. Una fracción de estos lodos secundarios es recirculado hacia los estanques de aireación, para mantener la concentración de biomasa requerida por los microorganismos, el resto de los lodos continua por la línea de lodos.

d. Desinfección.

Se reduce la carga patógena del efluente proveniente del tratamiento secundario, a través de la inyección de cloro gaseoso.

2.1.2.2 Línea de Lodos.**a. Espesadores.**

Los lodos provenientes del tratamiento primario y secundario son espesados, mediante espesadores de banda, concentrándose en un 5% de materia sólida. El líquido que se extrae de los lodos es retornado a la entrada de agua de la PTAS, mezclándose con el afluente para su tratamiento.

b. Digestión Anaeróbica.

Este proceso permite a lo largo de 21 días estabilizar cerca del 50% de la materia orgánica presente en los lodos, gracias a la actividad de microorganismos anaeróbicos. Como consecuencia de ello se genera un subproducto denominado Biogás compuesto en un 60 % por CH_4 , 30 % de CO_2 y 10% de compuestos trazas (sulfuro de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno molecular). En este proceso de digestión, los lodos son calentados mediante un sistema de intercambiadores de calor en contracorriente, con un flujo de agua caliente.

La conversión biológica de la materia orgánica de los lodos se produce en tres etapas. En el primer paso del proceso se produce la transformación vía enzimática (hidrólisis) de los compuestos de alto peso molecular, como son los polímeros orgánicos y los lípidos, para así transformarlos en aminoácidos, monosacáridos, ácidos grasos, purinas y pirimidinas. El segundo paso (acidogénesis), implica la conversión bacteriana de los compuestos originados en la primera etapa en compuestos como ácido acético, hidrógeno, CO₂, metanol, propionato, butirato, lactato, etanol, entre otros. Entre las bacterias que participan en esta etapa, se encuentra: *Clostridium spp*, *Peptococcus anaerobus*, *Bifidobacterium spp*, entre otras. Finalmente, en la tercera etapa (metanogénesis) un grupo de microorganismos (*Methanobacterium*, *Methanobacillus*) transforman el ácido acético y el hidrógeno en gas metano y dióxido de carbono. (Metcalf & Eddy, 1995).

c. Deshidratación.

Luego del proceso de digestión anaeróbica, los lodos son conducidos a dos estanques de almacenamiento, los que permiten una alimentación continua hacia centrifugas, con las cuales se reduce la cantidad de agua presente en los lodos de un 95 % a un 75 % de humedad.

d. Secado en cancha.

Los lodos, también llamados biosólidos, saliente de las centrifugas son dispuestos en una cancha de secado para disminuir la cantidad de agua, quedando entre un 65 – 60 % de materia seca (35 – 40 % de humedad).

e. Monofill o Monorrelleno.

Finalizado el proceso de deshidratación de los biosólidos en la cancha de secado, estos son llevados a una superficie impermeable en donde se procede a la disposición temporal o final.

Un esquema de los diversos procesos utilizados en la planta El Trebal para la depuración de las aguas es presentado en la Figura 8.

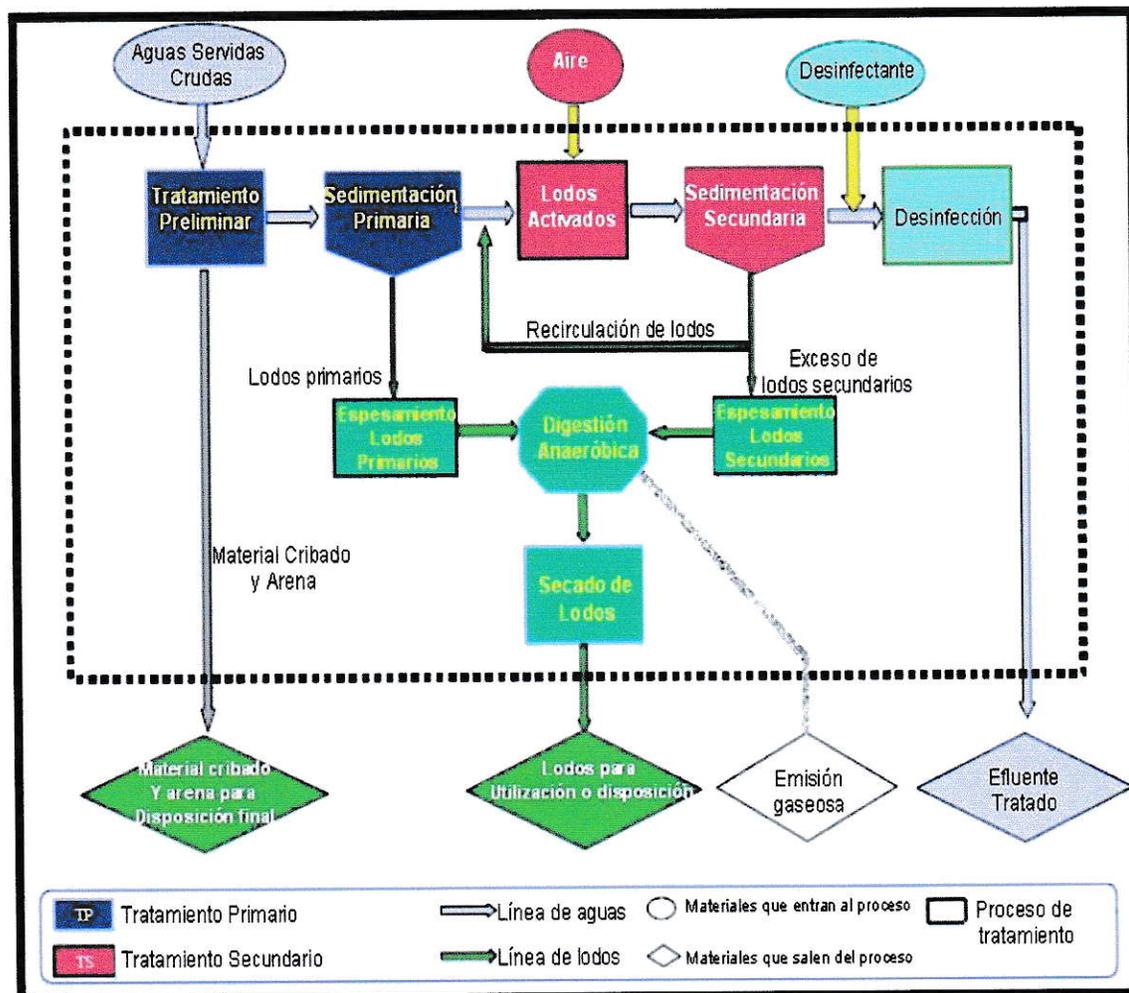


Figura 8. Diagrama del tratamiento de las aguas servidas en la PTAS El Trebal. (EMOS, 2000)

Además, la Figura 9 presenta el Lay-out de la PTAS El Trebal, en donde es posible observar la ubicación al interior de la planta de los distintos procesos por los cuales debe transcurrir el agua y los lodos.

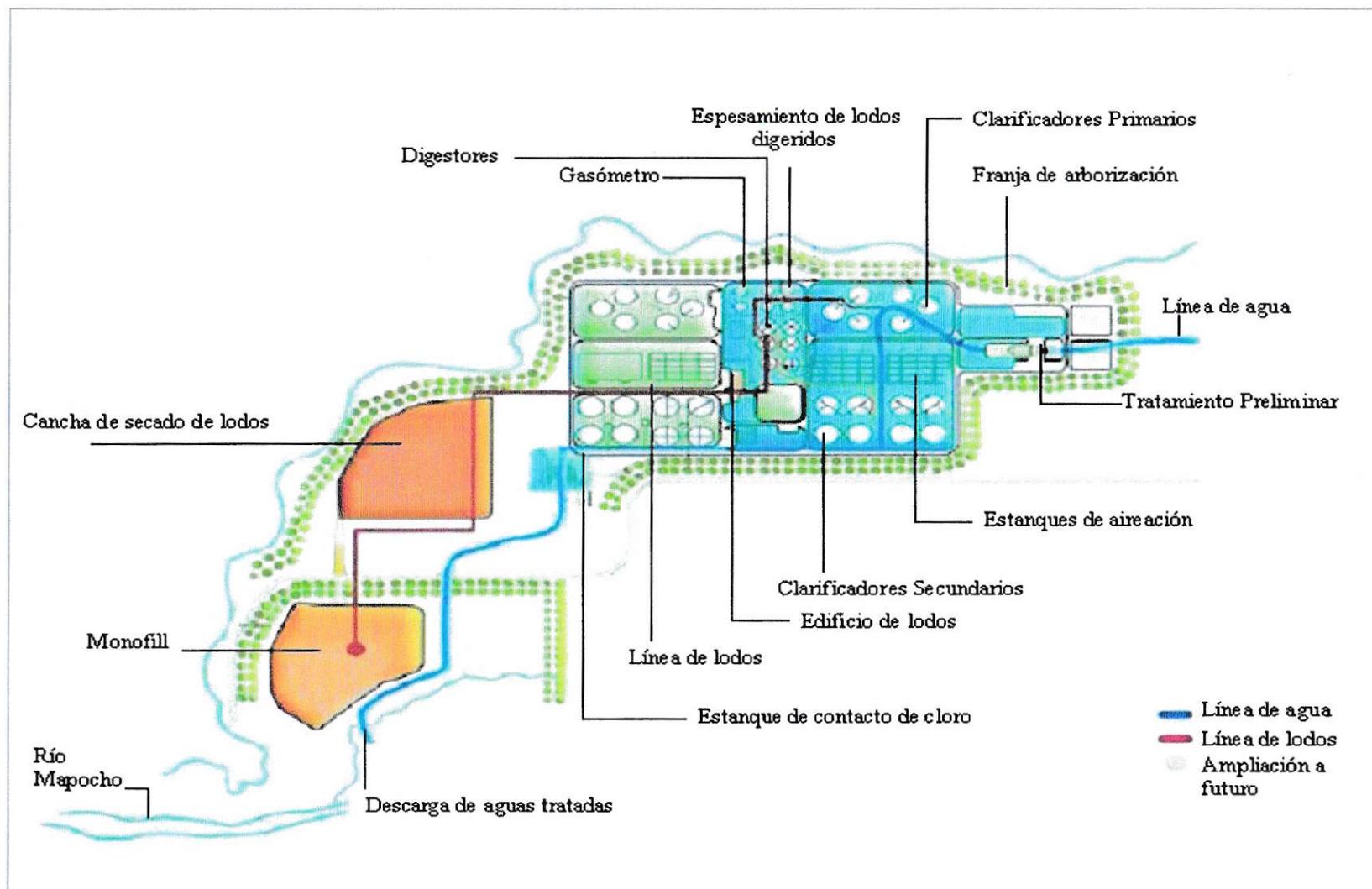


Figura 9. Esquema PTAS El Trebal. (Maturana, 2007)

2.2 Biosólidos.

El biosólido, es el lodo tratado biológicamente, que está compuesto por materia orgánica, macro y micronutrientes, y elementos traza, susceptible de ser reutilizado con fines ambientales benéficos. (Aguas Andinas, 2006).

La composición de los biosólidos varía según las características de las aguas residuales de donde provienen y sobre todo del proceso de tratamiento por medio del cual son obtenidos. (Chamy, 2003).

La Tabla 1, presenta la composición química típica de los biosólidos digerido.

Tabla 1. Composición típica de los biosólidos digeridos.

Característica	Fango Primario Digerido	
	Intervalo	Valor Típico
Sólidos secos totales (ST), %	6,0 – 12,0	10,0
Sólidos Volátiles (% de ST)	30 – 60	40
Grasas y Aceites (% de ST)		
Solubles en éter	5 – 20	18
Extractable en éter	-	-
Proteínas (% de ST)	15 – 20	18
Nitrógeno (N, % ST)	1,6 – 6,0	3,0
Fósforo (P ₂ O ₅ , % ST)	1,5 – 4,0	2,5
Potasio (K ₂ O, % de ST)	0,0 – 3,0	1,0
Celulosa (% de ST)	8,0 – 15,0	10,0
Hierro (no como sulfuro)	3,0 – 8,0	4,0
Sílice	10,0 – 20,0	-
PH	6,5 – 7,5	7,0
Alcalinizad (Mg/L como CaCO ₃)	2.500 – 3.500	3.000
Ácidos orgánicos (Mg/L como Hac)	100 – 600	200
Poder calorífico (Mj/kg)	9.000 – 13.500	11.500

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995.

Además, los biosólidos presentan contenido de elementos trazas, los cuales son los que se presentan en pequeñas cantidades, y pueden ser esenciales o perjudiciales para las plantas. Entre estos elementos se encuentran los metales pesados, tales como As, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Mo, Ni, Se, Sn y Zn. (Metcalf & Eddy, 1995).

2.3 Cancha de Secado de Biosólidos.

Como se mencionó anteriormente, los biosólidos que salen de la centrifuga en un orden de 200 a 220 toneladas diarias, son dispuestos en una cancha para disminuir la humedad, a través de sucesivos volteos.

El proceso utilizado para deshidratar los biosólidos depende de la época del año, para los meses de calor (octubre a abril normalmente) se utiliza el secado solar. En los meses fríos (mayo a septiembre), el biosólido era acopiado en la espera de las condiciones favorables de temperatura para proceder a su secado. Pero, desde 2006 se ha incorporado gradualmente durante estos meses el proceso de biosecado.

La Figura 10, muestra la cancha de secado de biosólidos de la PTAS El Trebal.



Figura 10. Cancha de secado de biosólidos PTAS El Trebal. 14 de abril 2008.

Se pueden observar los dos procesos realizados actualmente en la cancha de secado, los cuales son explicados a continuación.

2.3.1 Secado Solar.

El biosólido que llega a la cancha de secado acopiado temporalmente en pilas. La altura de cada pila, va desde 0,8 a 1,0 m y en periodos de lluvia puede aumentar a 1,5 m. (Aguas Andinas, 2006). La extensión de estas en la cancha, es de 200 m de largo y el ancho es de 2 – 3 m.

El proceso de secado tiene como objetivo reducir la humedad del biosólido a 35 %, para esto, se realiza la apertura de la pila, es decir, se baja la altura del biosólido dispuesto en la cancha. Posteriormente, para aumentar la velocidad de secado, el biosólido es volteado sucesivamente, para así exponer nueva superficie al sol. Para finalmente ser retirado a su disposición final cuando alcanza la sequedad requerida, la cual se puede adquirir en 7 – 8 días o 20 días en condiciones más desfavorables. (Aguas Andinas, 2006).

El biosólido, luego del volteo, alcanza una extensión de 200 m de largo, 10 m de ancho y 0,2 m de altura.

La Figura 11, muestra la cancha de secado en el mes de marzo del 2008, durante la realización del proceso de secado solar.

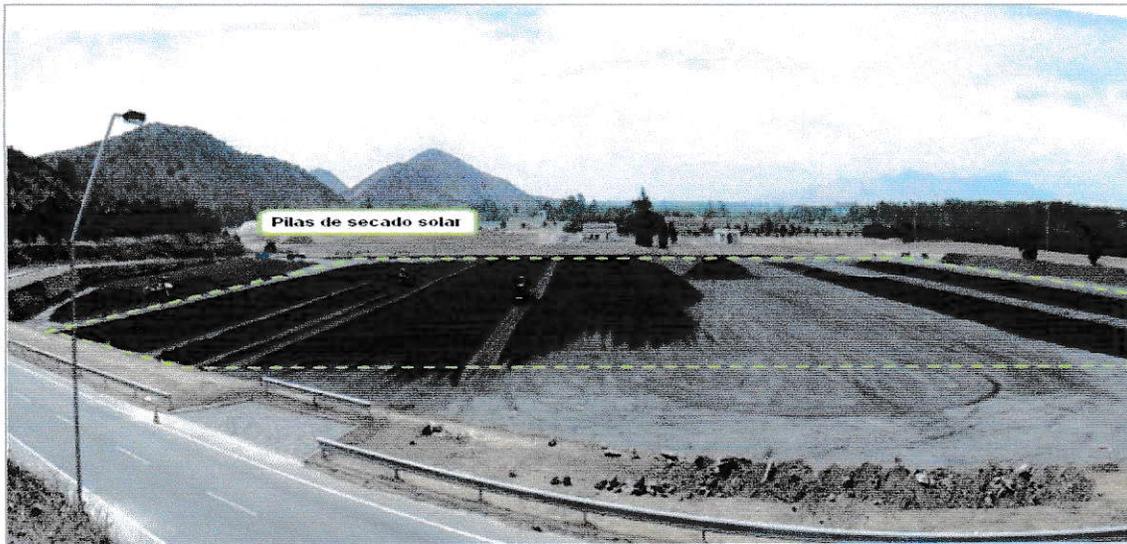


Figura 11. Cancha de secado durante proceso de secado solar. Marzo 2008.

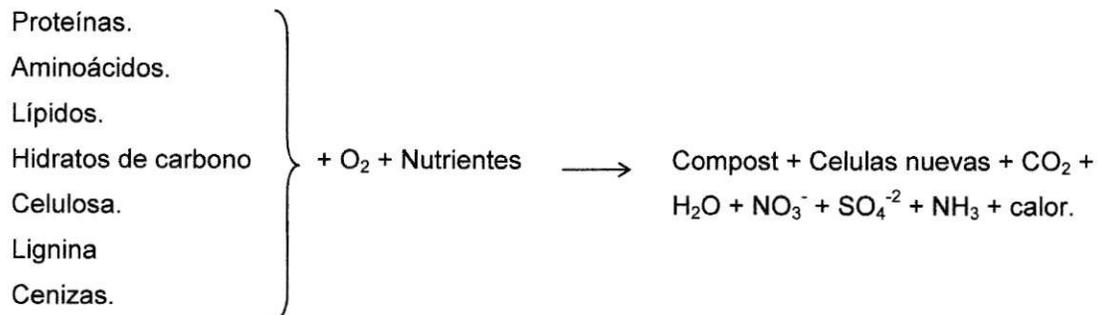
2.3.2 Biosecado

El biosecado es un proceso biológico, que permite secar biosólidos durante los meses de bajas temperaturas. Se produce al formar pilas de biosólidos húmedos, digeridos y centrifugados con biosólido seco y/o astillas de madera u otro estructurante (cuezcos de duraznos, corontas de choclo, entre otras), que le otorgaran porosidad y estabilidad estructural a las pilas.

El proceso de biosecado aerobio tiene su fundamento en la utilización de la energía liberada, en forma de calor, como consecuencia de una serie de reacciones bioquímicas que se producen debido a la degradación de la materia orgánica disponible por parte de los microorganismos. Es este calor, el utilizado para la evaporación del agua presente en los biosólidos, aplicando al igual que el secado solar

sucesivos volteos, lo cual además permite mantener las condiciones aeróbicas. (Maturana, 2007)

El proceso de biosecado se puede resumir mediante la siguiente ecuación. (Tchobanoglous, 1994).



**Composición del biosólido
en proceso de biosecado.**

La formación de la pila comienza, disponiendo el biosólido centrifugado en la cancha en forma de hilera (largo 200 m). En seguida es adicionado el biosólido seco para mejorar la concentración de sólidos en la mezcla y finalmente antes de realizar el primer volteo es adicionado el material estructurante con el que se da comienzo al proceso de biosecado. Hasta alcanzar la sequedad necesaria de 60 % (40 % de humedad).

Durante los días de lluvia, las pilas de biosecado que se encuentran con un mayor porcentaje de sequedad son tapadas para así evitar que estas se humedezcan.

La Figura 12, muestra la cancha de secado durante el mes de agosto 2007, en pleno proceso de biosecado.



Figura 12. Cancha de secado PTAS El Trebal durante proceso de biosecado. Agosto 2007. (Maturana, 2007)

2.4 Compuestos liberados por los Biosólidos.

Debido a la alta cantidad de materia orgánica que los biosólidos poseen, son una fuente abundante de alimento para los microorganismos que incluyen: lípidos, carbohidratos y aminoácidos – proteínas. Los microorganismos degradan estas fuentes de energía, liberando compuestos odorantes al ambiente. Dentro de los compuestos tanto orgánicos como inorgánicos liberados por los biosólidos se pueden mencionar los mercaptanos, el amoníaco, las aminas y los ácidos grasos orgánicos. (EPA, 2000). En este contexto, tanto en el secado solar como en el biosecado se generan emisiones de estos gases odorantes.

En la Figura 13, se presenta un esquema que describe los principales gases odorantes liberados por los biosólidos al ambiente y su procedencia.

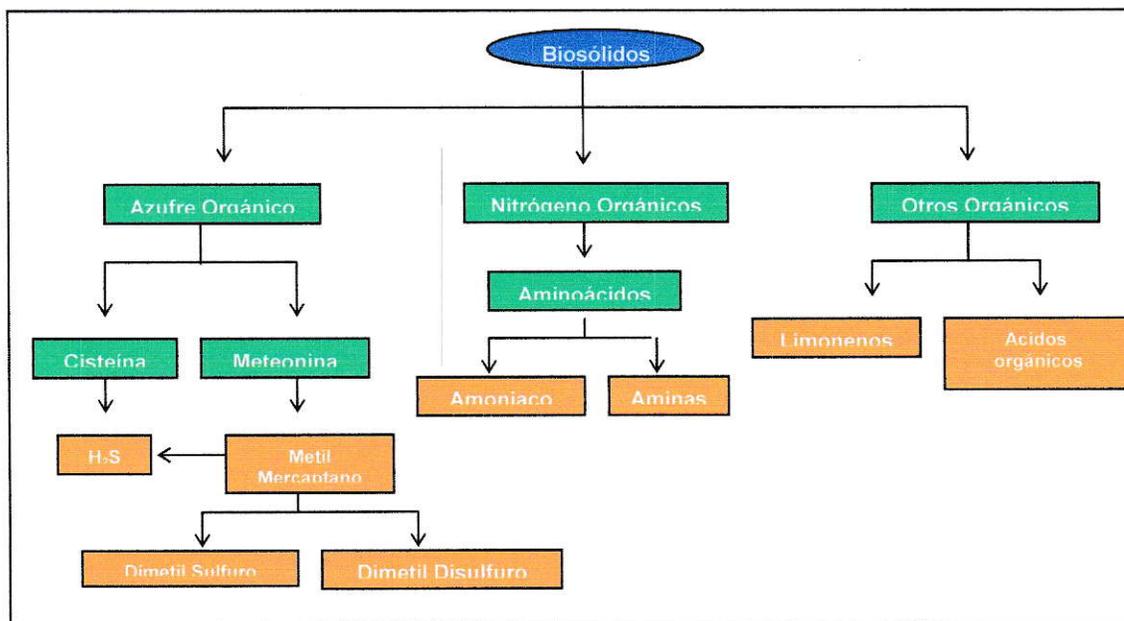


Figura 13. Gases odorantes provenientes de los biosólidos. (Fuente: Bradley, 2004).

2.4.1 Características Físicoquímicas de los Gases Odorantes.

2.4.1.1 Amoniac.

El amoniac (NH_3) es emitido por la digestión anaeróbica de proteínas presentes en los biosólidos, por la acción de las bacterias en estos. Es un gas incoloro, de olor penetrante, menos denso que el aire y que además se puede disolver fácilmente en agua. En solución acuosa, la mayor parte del amoniac cambia a la forma iónica conocido como ión amonio (NH_4^+), el cual no es gaseoso y por lo tanto no se capta por olor al ambiente. La forma iónica y neutra permanecen en equilibrio en la solución, como consecuencia dichas soluciones, aún en bajas concentraciones, generan vapores con olor irritante. Posee un olor intenso y su umbral de olor se encuentra entre 23 – 53 ppm. En estado gaseoso y en bajas concentraciones, el amoniac es absorbido por inhalación, pero a concentraciones más elevadas es posible absorberse por vía dérmica.

La Tabla 2, presenta las características físicoquímicas de este gas.

Tabla 2. Propiedades físicoquímicas del amoniac

Propiedades	Valores
Masa Molar	17,03 g/mol
Olor Característico	Amoniacal, Irritante
Punto de fusión	-77,7 °C
Punto de ebullición	-33,35 °C
Densidad	0,7710 g/L
Densidad de vapor	0,5967
Umbral de Olor	25 – 53 ppm
Solubilidad (H ₂ O)	33,1 % (20°C)
Constante de Henry	59 M/atm

Fuente: ATSDR, 2004

Bajo condiciones atmosféricas normales, el amoniaco no sufre ninguna reacción fotoquímica primaria a longitudes de onda mayores a 290 nm. Cuando se expone a radicales u otras especies fotoquímicas excitadas, el amoniaco sufre descomposición secundaria.



Las propiedades toxicológicas del amoniaco indican que se comporta como una sustancia corrosiva. A bajas concentraciones es irritante de los ojos, piel, membranas mucosas, tracto respiratorio y digestivo, a altas concentraciones se comporta como un gas letal.

Los efectos nocivos producidos por el amoniaco son presentados en la Tabla 3.

Tabla 3. Reacciones fisiológicas al amoniaco.

Concentración NH ₃ en el aire [ppm _v]	Efectos.
23	Umbral de olor.
53	Olor detectable.
100	Máxima concentración para exposiciones prolongadas
408	Irritación de garganta inmediata.
698	Irritación ocular inmediata.
1720	Concentración que causa tos.
2500 – 4500	Peligro por un periodo corto.
5000 – 10000	Muerte por una exposición corta.

Fuente: Vega, 2008.

2.4.1.2 Sulfuro de Hidrógeno.

El sulfuro de hidrógeno (H_2S), también conocido como ácido sulfhídrico, es un gas incoloro, soluble en varios líquidos incluyendo el agua y el alcohol, es más pesado que el aire y posee el olor característico a huevo podrido. Puede ser formado bajo condiciones anóxicas. A bajas concentraciones es un potente irritante de los ojos y del tracto respiratorio. La liberación de este gas por parte de los biosólidos, se produce por la acción de las bacterias que degradan la cisteína, un aminoácido azufrado.

Las principales propiedades fisicoquímicas para este gas son presentadas en la Tabla 4.

Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas del sulfuro de hidrógeno.

Propiedades	Valores
Masa Molar	34,08 g/mol
Olor Característico	Huevo Podrido
Punto de fusión	-85,5 °C
Punto de ebullición	-60 °C
Densidad	0,5392 g/L
Densidad de vapor	1,19
Umbral de Olor	0,0047 ppm
Solubilidad (H_2O)	0,33 % (20 °C)
Constante de Henry	0,1 M/atm

Fuente: CITUC, 2006

El sulfuro de hidrógeno en el aire es oxidado por el oxígeno molecular y por radicales hidroxilos, formando el radical sulfhidrilo, pasando finalmente a dióxido de azufre o compuestos de sulfato. El dióxido de azufre y los sulfatos son eventualmente removidos de la atmósfera a través de absorción por plantas y suelo o a través de la precipitación. El tiempo de residencia de este gas va desde uno a 42 días. (WHO, 2003).

Los efectos físicos provocados por el sulfuro de hidrógeno son producidos a más bajas concentraciones que el amoniaco. Este se absorbe por inhalación, es metabolizado en el hígado y excretado por la orina.

Los efectos toxicológicos producidos por el sulfuro de hidrógeno son presentados en la Tabla 5.

Tabla 5. Efectos fisiológicos del sulfuro de hidrógeno.

Concentración H ₂ S en el aire [ppm _v]	Efectos.
3 – 10	Moderadamente intenso, olor ofensivo.
10 – 20	Umbral para irritación ocular.
20 – 50	Olor fuerte, intenso, pero tolerable.
50 – 100	Daño ocular severo.
100 – 250	Parálisis del nervio olfativo e irritación de membranas mucosas.
250 – 530	Formación de edema pulmonar con riesgo letal.
530 – 1000	Estimulación del SNC, hiperapnea seguida de paro respiratorio.
1000 – 2000	Colapso inmediato debido a parálisis respiratoria.

Fuente: Vega, 2008.

2.4.1.3 Dimetil Sulfuro.

El dimetil sulfuro es un líquido o gas incoloro que posee un desagradable olor a repollo o rábano, es más pesado que el aire y es el gas que posee el menor umbral de olor. Es soluble en éter, etanol y metanol, y es insoluble en agua. Una vez en la atmósfera, el dimetil sulfuro es oxidado fotoquímicamente a metano ácido sulfónico (CH_3SO_3^-), dióxido de azufre (SO_2) y sulfato (SO_4^{-2}). La principal fuente de este gas en los biosólidos, es la meteonina, un aminoácido que libera metil mercaptano el que posteriormente pasa a formar dimetil sulfuro.

La Tabla 6, presenta las propiedades fisicoquímicas del dimetil sulfuro.

Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas del dimetil sulfuro

Propiedades	Valores
Masa Molar	62,14 g/mol
Olor Característico	Repollo o Rábano
Punto de fusión	-98,3 °C
Punto de ebullición	37,5 °C
Densidad	1,539 g/L
Densidad de vapor	2,14
Umbral de Olor	0,001 ppm
Solubilidad (H_2O)	Insoluble

Fuente: CITUC, 2006

La ingestión de dimetil sulfuro por las personas puede causar irritación en la boca, garganta, esófago y todo el tracto intestinal. Al ser inhalado puede causar irritación de ojos, nariz y garganta. A altas concentraciones puede provocar la pérdida de memoria, convulsiones, compromiso de conciencia y muerte por parálisis respiratoria. (CITUC, 2006).

2.4.1.4 Aminas.

Las aminas liberadas por los biosólidos incluyen metilamina, etilamina, trimetilamina y dietilamina. Estas resultan de la descomposición microbiana que involucra la descarboxilación de aminoácidos. Las aminas que son producidas fácilmente se volatilizan cuando las temperaturas están cercanas a los 27°C.

2.4.1.5 Ácidos Orgánicos Volátiles.

Son ácidos orgánicos de cadena corta, menor a 8 carbonos. Son generados durante la descomposición anaeróbica de materiales vegetales, tales como hierba, hojas, entre otras. Estos ácidos incluyen: ácido fórmico, acético, propiónico, láctico, butírico, isobutírico, valérico, isovalérico, heptanoico. Estos son volátiles y están sujetos a la rápida descomposición microbial bajo condiciones aeróbicas.

2.5 Olores.

El olor es la sensación resultante de la recepción de un estímulo por el sistema sensorial olfativo.

Todas las sustancias que estimulan el sentido de olor son conocidas como odorantes. Las características de muchas de estas sustancias produce el estímulo de las células del sistema sensorial olfativo.

2.5.1 Sistema Sensorial Olfativo.

Este sistema está compuesto por el epitelio olfativo y el nervio trigémino. En la parte trasera del techo de la cavidad nasal se encuentra localizada una membrana mucosa, sobre la cual se encuentra el epitelio olfativo, el cual contiene las células nerviosas que inicialmente perciben los olores. (ASCE, 1995)

En un extremo de cada célula olfativa están los cilios, los cuales a través de evidencia experimental Gesteland, en 1983, citado por la ASCE (1995) indicó que son los actuales receptores de los estímulos del olor. En el otro extremo se encuentran las fibras nerviosas que conectan la célula nerviosa al bulbo olfativo, ubicado detrás de los ojos.

Para que las sustancias odoríferas puedan ser percibidas deben solubilizarse en la secreción acuosa que recubre los cilios para luego entrar en contacto con las terminaciones nerviosas. (Sancho, 2001).

El nervio trigémino, que también se encuentra en la membrana mucosa, posee la función de desencadenar la sensación de dolor, cuando algunos compuestos odorante causan irritación.

Se representa la organización que posee el sistema sensorial olfativo en la Figura 14.

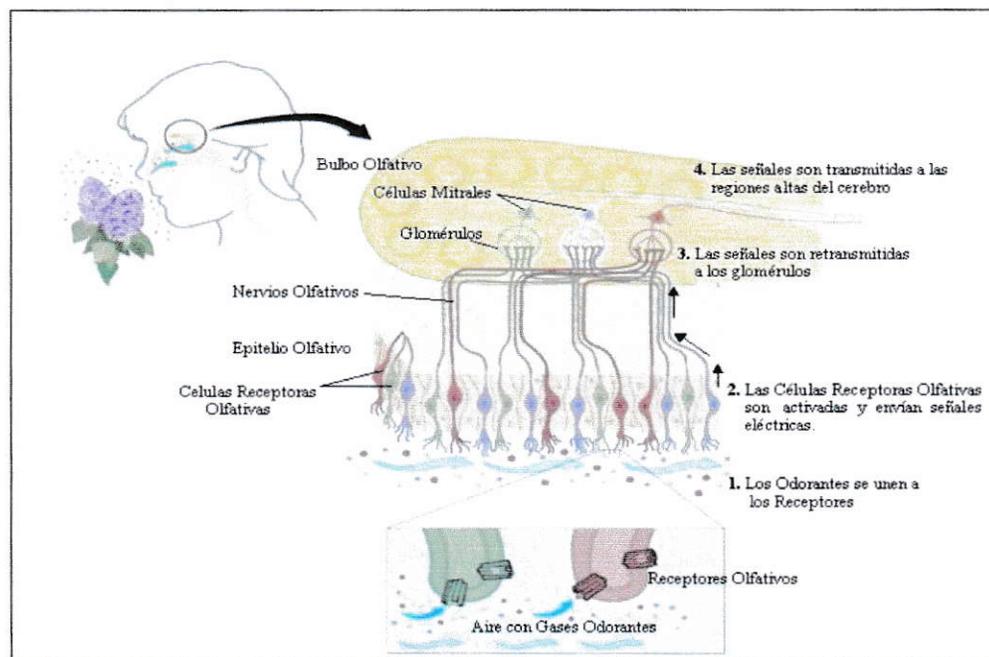


Figura 14. Receptores odorantes y organización del Sistema Olfativo (El Nobel del Olfato, 2004).

2.5.2 Características de los Olores.

La percepción de los olores por parte de los humanos puede ser evaluada a través de diversas características que pueden ser cuantificables. Entre estas características se pueden mencionar la concentración, intensidad, calidad, tono hedónico y umbral de olor. El efecto combinado de estas propiedades relaciona el grado de molestia que pueden causar los olores.

a. Concentración.

Según, la norma española adoptada a partir de una norma europea UNE-EN 13.725 (2004), la concentración de olor "es el número de unidades de olor europeas en un metro cúbico en condiciones normales".

Las unidades de olor europeas se determinan a partir del número de veces que hay que diluir un gas para que pueda ser detectado por el 50% de las personas debidamente entrenadas (panel). (Olores, 2004).

b. Intensidad.

La intensidad del olor es una medida de la fuerza de la sensación del olor y esta relacionada a la concentración del odorante. (ASCE, 1995). Pero, esta característica no es una medida lineal de la concentración de olor.

c. Calidad de Olor.

Esta es la propiedad que identifica un olor y los diferencia de otros.

Se refiere a las asociaciones mentales hechas por la persona al percibir un olor, permitiendo describir y diferenciar cualitativamente los diferentes olores. (Toro, 2005). Ejemplo de esto pueden ser términos como: frutal, huevo podrido, alcantarilla, humo, pescado, entre otros.

d. Tono Hedónico.

El tono hedónico está relacionado con la sensación de agrado y desagrado que puede ser causada por un olor.

Cuando un olor es evaluado en un laboratorio por su tono hedónico, el panelista es expuesto a estímulos de intensidad y duración controladas. El grado de agrado o desagrado por cada experiencia de los panelistas y sus asociaciones emocionales. La respuesta entre los miembros del panel de expertos puede variar dependiendo del carácter del olor. (ASCE, 1995).

e. Detectabilidad o Umbral de Olor.

Se refiere a la concentración mínima de un gas odorante que produce una respuesta o sensación olfativa. Es determinado por un panel de expertos y es

considerado cuando el 50 % de los miembros de este panel detecta el olor. (ASCE, 1995).

En la Tabla 7, se presentan los valores de umbral de reconocimiento y umbral de olor para algunos gases odorantes liberados por las aguas residuales.

Tabla 7. Umbral de olor de compuestos odorantes presentes en aguas residuales.

Compuesto Odorante	Formula Molecular	Umbral de Olor (ppm _v)
Amoniaco	NH ₃	46,8
Cloro	Cl ₂	0,314
Clorofenol	ClC ₆ H ₄ OH	0,00018
Dimetil sulfuro	CH ₃ -S-CH ₃	0,0001
Difenilsulfuro	(C ₆ H ₅) ₂ S	0,0047
Etilmercaptano	CH ₃ CH ₂ -SH	0,00019
Etil Sulfuro	(CH ₃ CH ₂) ₂ S	0,000025
Sulfuro de Hidrógeno	H ₂ S	0,00047
Metilamina	CH ₃ NH ₂	21,0
Metil Mercaptano	CH ₃ SH	0,0021
Triocresol	CH ₃ -C ₆ H ₄ -SH	0,000062
Trimetilamina	(CH ₃) ₃ N	0,0004

Fuente: Metcalf & Eddy, 2003.

f. Umbral de Reconocimiento o Identificación.

El umbral de reconocimiento es la concentración mínima en la cual el 50 % del panel de expertos es capaz de reconocer o describir el olor de un compuesto.

2.5.3 Métodos de Medición de Olores.

Existen diversos métodos utilizados para la medición de olores, estos se dividen en métodos analíticos y métodos sensoriales.

2.5.3.1 Métodos Analíticos.

Las emisiones de olores provenientes de diversas actividades, frecuentemente son una mezcla de compuestos odorantes, a través de este tipo de metodología es posible la identificación de los gases odorantes que componen la mezcla. La ventaja de estos métodos es que son fáciles de realizar, pero poseen la desventaja de que no proporcionan información de la molestia que puede generar un olor, en términos de percepción humana.

Entre este tipo de métodos se puede mencionar la cromatografía de gases, sensores piezzoeléctricos (Narices Electrónicas), tubos colorimétricos y sensores electroquímicos, entre otros.

a. Cromatografía de Gases.

Para una mezcla compleja de gases odorantes se puede utilizar la cromatografía de gases, la cual es un método de separación basado en la distribución de la muestra entre dos fases y se basa en la volatilidad de los compuestos químicos.

En la cromatografía de gases, los compuestos que se encuentran en la muestra son vaporizados en un colector de calefacción, para luego ser transportados por un gas inerte como helio a través de la columna que contiene una sustancia no volátil, que va reteniendo los gases odorantes. El gas que transporta la muestra se denomina fase móvil y el compuesto que se encuentra al interior de la columna se denomina fase estacionaria.

Los compuestos individuales van saliendo de la columna en intervalos diferentes de tiempo, en donde el compuesto más volátil es el que sale primero. Estos compuestos salen hacia un detector para así producirse una serie de señales en un registro gráfico llamado cromatograma.

Usualmente, un detector de ionización de llama de hidrógeno (FID) es usado para percibir compuestos que contienen hidrógeno y carbono. El detector fotométrico de llama (FPD) es utilizado para compuesto de azufre. El detector de ionización de llama alcalina (una modificación del FID), es utilizado para compuestos orgánicos que contienen nitrógeno. Se debe mencionar que estos detectores sólo entregan una medida semicuantitativa de los compuestos individuales. (ASCE, 1995)

Si se desea una identificación individual de los componentes de la muestra cromatográfica, es posible realizarlo acoplado al cromatógrafo de gases un espectrofotómetro de masas, el que identifica los compuestos según la masa y abundancia de sus fragmentos moleculares ionizados.

b. Narices Electrónicas.

Son dispositivos que poseen diversos sensores, de óxido de metal u otro, que responden a diferentes componentes de una muestra de olor. Las secuencias de las señales de los sensores son reconocidas a través de un software.

El funcionamiento de este dispositivo es el siguiente, la serie de sensores se utilizan para medir un gas específico o una mezcla de gases, la respuesta de los sensores se compara con las señales de los sensores medidas y clasificadas con anterioridad usando técnicas de reconocimiento de patrones. (narices electrónicas, 2004). Con esto es posible extraer los rasgos característicos o “huella” de cada aroma.

c. Tubos Colorimétricos.

Los tubos colorimétricos son tubos de vidrio con ambos extremos cerrados. Al momento de realizar la medición, se rompe la punta de ambos extremos y se acopla el tubo a una bomba de mano. La bomba hace pasar, a través del tubo, un volumen de gas oloroso conocido. El medio reacciona en el tubo y cambia de color según el tipo de gas que haya en la muestra. Para medir la cantidad de medio que reacciona con el gas se utiliza una escala, la que indica la concentración de gas detectado. (Método Colorimétrico, 2004).

La Figura 15, muestra los tubos colorimétricos.



Figura 15. Tubos Colorimétricos para la medición de sulfuro de hidrógeno.

d. Sensores Electroquímicos.

Los sensores electroquímicos son utilizados en equipos portátiles de monitoreos de gases, con estos es posible medir hasta tres gases en paralelo. Dentro de los gases odorantes que son posibles de medir están el amoniaco, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos, los cuales son detectados a través de sensores específicos.

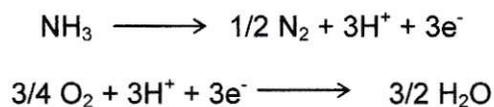
El aire monitoreado por estos equipos difunde a través de una membrana al electrolito líquido contenido al interior del sensor. Este electrolito contiene un electrodo sensible, un electrodo de cuenta y un electrodo de referencia. El flujo de electrones producidos a partir de la reacción química entre el gas monitoreado y el electrolito, reacciona electro-químicamente con el electrodo de cuenta generando una medida de concentración de dicho gas.



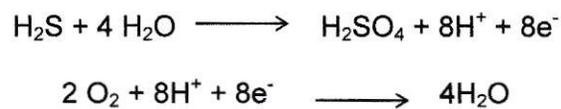
Figura 16. Equipo de monitoreo de gases con sensores electroquímicos. (Draeger Safety Inc, 2008).

El mecanismo de reacción de los gases odorantes en los sensores es el siguiente:

- Sensor de amoníaco:



- Sensor de sulfuro de hidrógeno:



2.5.3.2 Métodos Sensoriales.

El sistema sensorial olfativo, es capaz de detectar y identificar olores, por lo que el olfato humano es capaz de proporcionar resultados fiables y significativos. Es por esto que se utilizan estos tipos de métodos para medir los olores y la molestia que producen las actividades e industrias generadoras de estos gases. La desventaja de los métodos sensoriales es que no son específicos y no identifican las especies químicas causantes del olor.

Entre este tipo de métodos se puede mencionar la psicometría, inspecciones de campo, olfatometría de campo y la olfatometría dinámica.

a. Psicometría.

La psicometría es el estudio que se realiza en la zona de donde provienen las quejas por los malos olores. Este estudio se hace a las personas que residen en este lugar, proporcionándoseles un cuestionario, en el cual se evalúan las molestias causadas. Con esto se realiza un análisis estadístico, con el que se puede detectar los sectores más afectados aledaños a la actividad o industria emisora de los olores.

b. Inspecciones de Campo.

Las inspecciones de campo son estudios que se realizan para registrar los olores que son rápidamente reconocibles bajo condiciones reales.

Con este tipo de mediciones es posible determinar el grado de molestia en un área determinada, mediante el uso de las capacidades olfativa que posee un grupo de personas (panel) debidamente entrenado para ello.

Las inspecciones de campo son útiles cuando en el área de estudio se encuentran diferentes fuentes de emisión de olores, ya que a través de estos estudio es posible identificar cual es la fuente que esta generando las molestias.

c. Olfatometría

La olfatometría es la medida de la respuesta de un grupo de evaluadores (panel) a un estímulo. Esta medida se realiza a través de un olfatómetro que es un aparato en el cual una muestra de gas oloroso se diluye con gas neutro en una proporción definida y esta es presentada a los evaluadores. (UNE-EN 13725, 2004).

Se puede destacar la olfatometría dinámica y la olfatometría de campo, ambas utilizan el mismo principio.

En la olfatometría dinámica la muestra de gases odorantes es llevada a un laboratorio en bolsas especiales para su traslado (bolsas Tedlar), en donde es evaluada.

En el olfatómetro la corriente de muestra es continuamente diluida con otra corriente de aire libre de olor usando un dispositivo de dilución adecuadamente controlada por un caudalímetro. La muestra olorosa es presentada al panel (conjunto

de evaluadores) en diferentes diluciones o libre de olor y cada panelista debe señalar cuando detecta el olor. (La Olfatometría, 2004).

La norma española UNE-EN 13725 del 2004 define un método para la determinación de la concentración de olor de una muestra a través de la olfatometría dinámica.

En la Figura 17, se presenta un olfatómetro de gases.



Figura 17. Olfatómetro de gases. (Ecometrika, 2008).

La olfatometría de campo es la combinación de las inspecciones de campo con un equipo llamado Olfatómetro de Campo. (La Olfatometría, 2004). Las evaluaciones, a diferencia de la olfatometría dinámica, se realizan en terreno.

Es una herramienta que es posible emplearla para el control en línea de actividades molestas o para la verificación del cumplimiento de estándares de calidad

ambiental en la periferia de las fuentes de emisión de olores o también en la zona afectada. (St. Croix Sensory, 2004).

El olfatómetro de campo permite crear una serie calibrada de diluciones discretas mediante la mezcla del olor ambiental con aire libre de olor (filtrado por carbón activado). La olfatometría de campo define cada nivel discreto de dilución como el cociente "Dilución hasta el Umbral", el que determina la dilución necesaria para que el olor no se perciba. (St. Croix Sensory, 2004).

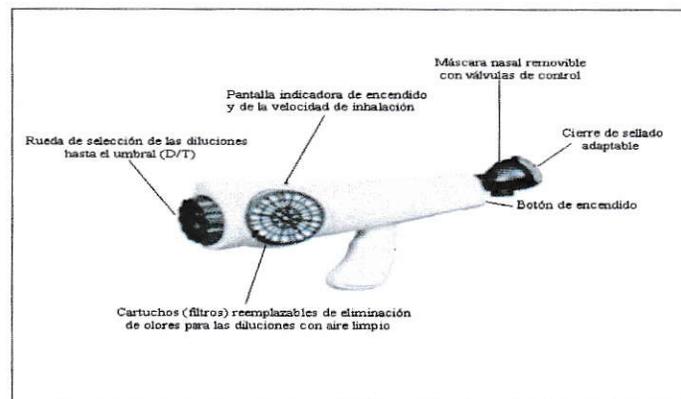


Figura 18. Olfatómetro de campo Nasal Ranger. (St. Croix Sensory, 2004).

2.6 Legislación.

La contaminación por olores es un tema que ha tomado mayor relevancia, ya que no sólo puede involucrar un riesgo y/o daño para la salud de las personas, si no que también puede deteriorar la calidad de vida. Comenzó a ser tratado recién en los últimos 20 años en los países desarrollados, mientras que en Chile sólo hace algunos años atrás se dio el primer paso promulgándose la primera norma de Emisión de olores molestos, que se mencionará en el apartado 2.6.2.

2.6.1 Legislación Internacional.

En la actualidad varios países han desarrollado el tema de la contaminación por olores molestos, debido a esto existe una diversidad de enfoques regulatorios para esta problemática.

Además de las legislaciones para cada país, existe una normativa técnica europea sobre la medición de olores por métodos olfatométricos, la UNE-EN 13725 fue presentada en 1995 y finalmente aprobada en el 2004.

Esta norma europea define un método para la determinación objetiva de la concentración de olor de una muestra gaseosa utilizando la olfatometría dinámica con evaluadores humanos y de la velocidad de emisión de olores que emanan de fuentes puntuales, fuentes superficiales con flujos hacia el exterior y fuentes superficiales sin flujo al exterior. El objetivo de esta, es proporcionar una base común para la evaluación

de las emisiones de olor dentro de los estados miembros de la Unión Europea. (UNE-EN 13725, 2004).

La unidad de medida utilizada en esta norma es la unidad de olor europea por metro cúbico (OU_E/m^3) y la concentración se mide determinando el factor de dilución requerido para alcanzar el umbral de detección, que por definición es $1 OU_E/m^3$ y que es cuando el 50% de los evaluadores puede detectar la muestra.

En la Tabla 8, se muestran ejemplos de regulaciones internacionales referentes al tema de olores, algunos de estos será explicado en mayor detalle a continuación.

Tabla 8. Marcos Legales Internacionales para olores.

País	Ley	Enfoque
Australia	Environment Protection Act, State Regulations	Autorización oficial / Molestia
Austria	Federal laws and Provincial laws	Molestia
Canadá	1979 H ₂ S standard	Medición / Control
Dinamarca	Environmental Protection Act	Medición / Litigación
Finlandia	Air Pollution Control Act	Molestia
Francia	Law 76-663 (1976)	Medición / Control / Litigación
Alemania	Federal Emisión Control Act, Technical Instruction on Air Pollution, Directive on Odor in Ambient Air	Medición / Control
Israel	Abatement of Nuisances Law, The Regulation of prevention of Unreasonable Air and Odor Pollution from Solid Waste Disposal Sites	Molestia
Italia	Air Pollution Law, National Health Service Law, No han sido establecidos los límites legales para olores	Molestia / Medición
Japón	Offensive Odor Control Law	Control
Corea	Air Quality Preservation Law	Control

Países Bajos	Revised Odor Policy Document	Medición / Control
Nueva Zelanda	Resource Management Act	Control
Sudáfrica	Atmospheric Pollution Prevention Act	Control
Suiza	Order of December 16, 1985	Control
Reino Unido	Environmental Protection Act, Public Health Act, BPM – 10	Medición / Control
Estados Unidos	Individual States (no federal law)	Molestia

Fuente: Toro, 2005.

2.6.1.1 Alemania.

La base legal para cualquier requerimiento con respecto a la calidad del aire en Alemania es el Acta de Control Federal de Inmisión de 1990 (Bundes-Immisionsschutzgesetz, BimSchG), la cual establece que los olores causados por las instalaciones son tratados como una molestia. El problema es averiguar si una molestia tiene que ser considerada significativa, lo que se realiza para la obtención de licencias y procedimiento de vigilancia en instalaciones. (Both y Koch, 2005).

El instrumento de regulación de olores en Alemania es la Guía sobre el Olor al Aire Ambiente de 1999 (Geruchsimmissions-Richtlinie), que corresponde a una versión revisada de la antigua Directiva de Olores de 1994.

Para evaluar la importancia del impacto de olor, esta Guía establece los valores límites para los olores en el aire ambiente para varios usos de suelo, de modo de sirvan como medición de referencia, ver Tabla 9. Estos valores límites deben ser comparados con los valores característicos que consideran el impacto inicial del olor

aportado por otras instalaciones. También, contiene reglas para los casos en los cuales el impacto inicial del olor excede ya el valor límite permisible y establece criterios para que una autorización no sea negada a pesar de haberse excedido un valor límite si el impacto adicional de la instalación es juzgado como irrelevante. (GOAA, 1998).

Tabla 9. Valores de Límites de Inmisión I_{limit} para diferentes usos del suelo.

Áreas Residenciales y Mixtas	Áreas Comerciales y Industrial
0,10	0,15

Fuente: GOAA, 1998

En esta Guía se señalan dos métodos básicos para determinar la frecuencia de olor. Primero, las medidas de campo con paneles y segundo, el uso de modelos de dispersión. La Guía Alemana VDI 3940, establece los lineamientos y estándares para la determinación de olores en el medio ambiente utilizando paneles (miembros). Los métodos de medición de olores al aire libre descritos en esta norma hacen uso directo de la acción de los gases olorosos en el sistema olfativo del hombre. El parámetro de medición introducido es el “porcentaje de tiempo de olor”, el cual representa cuan frecuente los odorantes en el aire ambiente exceden un umbral de reconocimiento de manera que se hace definitivamente identificable por el observador. (VDI 3940, 1993).

2.6.1.2 Japón.

Para este país existe la Ley para el control de olores ofensivos de 1971, actualizada en 1995 y 1997. Esta ley identifica a 22 compuestos como sustancias olorosas ofensivas y establece valores límites a cada uno de ellos, dentro de estos se pueden mencionar el amoniaco, metil mercaptano, sulfuro de hidrógeno, metil sulfuro, trimetilamina, acetaldehído, tolueno, entre otros. Establece como “Índice de Olor” al

valor que a través de múltiples diluciones no puede ser detectado por el olfato humano. Los gobernadores de cada prefectura deberán designar las áreas de regulación, en donde las actividades de las industrias descargan gases odorantes ofensivos. (Ley N°91, 1971).

La regulación de los gases ofensivos se define en la ley según tres criterios:

1. Olor ofensivo proveniente de la superficie de la tierra con límite de propiedad.
2. Olores ofensivos descargados desde chimeneas u otra emisión desde una fabrica.
3. Olor ofensivo proveniente de las aguas servidas descargadas fuera del límite de la propiedad.

La regulación japonesa se basa en un método específico de olfatometría, basado en un test triangular después de preparar diferentes diluciones del olor en pequeñas bolsas desechables por un método de inyección. Los olores son evaluados por miembros selectos de un panel utilizando una mascarilla y un aspirador directo de la bolsa. Los miembros del panel son seleccionados sobre la base de una prueba de selección utilizando 5 compuestos diluidos en parafina o propilenglicol. (Legislación, 2004).

La Tabla 10, presenta la escala que se considera para la evaluación de la intensidad según la norma japonesa.

Tabla 10. Escalas de intensidad de olor.

Escala	Intensidad de Olor
0	Sin olor
1	Apenas Perceptible (umbral de detección)
2	Débil, pro identificable (Umbral de reconocimiento)
3	Fácilmente perceptible
4	Fuerte
5	Repulsivo

Fuente: Ley N°91, 1971.

2.6.1.3 Australia.

En Australia los Estados tienen la responsabilidad de establecer las políticas de calidad del aire para olores. Los diferentes estados han tenido diversos enfoques, pero recientemente parece haber una tendencia a la convergencia.

El proyecto de norma australiana "Calidad del aire - determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica" (DR 99306), pretende el cambio de las regulaciones tradicionales por la medición cuantitativa de olores que establece la CEN EN 13725. Se espera que la mayoría de los estados la apoyen, con excepción de Victoria que posee su método propio de olfatometría. (Legislación, 2004).

A continuación se resumen los distintos enfoques de los Estados:

- a. Australia Occidental: La Agencia de Protección Ambiental ha publicado en abril del 2000 la Guía para la Evaluación de Factores Ambientales (de conformidad con la Ley de Protección Ambiental de 1986). Evaluación de Impacto de Olor, N° 47. Esta guía asume las mejores prácticas de gestión para minimizar los

impactos de los olores. La evaluación de un olor comprende tres pasos, primero la cuantificación de la fuente de olor, a través de olfatometría dinámica, segundo modelización de la dispersión de olor y por último la comparación con criterios adecuados, los que varían en función de los diferentes olores.

- b. Nueva Gales del Sur: Tiene una política para la evaluación y gestión de olor de fuentes estacionarias. Esta incluye una ley de molestia, criterios de eficacia de olor, tres nivel de evaluación de impacto de olor, estrategias de prevención y mitigación, supervisión de la ejecución y manejo de las denuncias. (RWDI Air Inc, 2005).

Los tres niveles de impacto son: nivel 1, basado en parámetros genéricos para el lugar y el tipo de servicio propuesto, requiere un mínimo de datos y utiliza ecuaciones para determinar el impacto; nivel 2, modelización de la dispersión de olor considerando el peor de los escenarios de los datos de entrada y por último el nivel 3, modelización de la dispersión de olor utilizando los datos específicos de entrada. (Legislación, 2004).

- c. Australia del Sur: La principal herramienta que se utiliza para la gestión de olores es la distancia de separación mínima, tanto fija como variable. Evaluación del impacto de olor más detallada utilizando modelos de dispersión que pueden ser requeridos para el desarrollo de aplicaciones dependiendo del sitio o naturaleza de la industria, la sensibilidad de la ubicación y la sensibilidad de los receptores vecinos a las instalaciones. Australia del Sur también posee una ley de molestia de olor. (RWDI Air Inc, 2005).

2.6.2 Legislación Nacional.

En Chile, hasta hace algunos años atrás se carecía de todo marco normativo que regulara exclusivamente el tema de olores, dedicándose la mayor parte de la normativa, actualmente vigente, a cuestiones relativas a la contaminación atmosférica, generada por el monóxido de carbono, dióxido de azufre, material particulado, entre otros y a la regulación de emisiones de gases peligrosos, como plomo y arsénico. (Canales, Bórquez y Vega, 2007). A pesar de esto, en 1961 fue promulgado el decreto supremo 144, el cual establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza, entre los que pueden ser considerados los olores. El artículo 1° de este decreto establece que los gases, vapores, humos, polvo, emanaciones o contaminantes de cualquier naturaleza, producidos en cualquier establecimiento fabril o lugar de trabajo, deben ser captados o eliminados de manera que no causen peligros, daños o molestias al vecindario. (D.S. N° 144, 1961). Este decreto, por lo tanto, incluye la contaminación por olores, pero no establece límites de emisión de esto.

Sólo en 1999 para resolver el problema de malos olores provenientes de la industria de celulosa en las Regiones del Maule, Bío-Bío y La Araucanía, se establece la Norma de Emisión para Olores Molestos (Compuestos sulfuro de hidrógeno y mercaptanos: Gases TRS) Asociados a la fabricación de pulpa sulfatada del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

El objetivo de esta norma es prevenir y regular la producción de olores molestos provenientes mediante el control de la emisión de compuestos TRS (compuestos de azufre reducido) provenientes de la fabricación de celulosa mediante el proceso kraft. La norma establece cantidades máximas de emisión dependiendo de la fuente, ya sea para calderas recuperadoras, horno de cal y estanque disolvedor de licor verde. Además, establece la metodología de medición de referencia, los plazos y niveles programados para el cumplimiento de la norma, y la fiscalización que corresponde al Servicio de Salud en cuyo territorio se encuentre emplazado el establecimiento. (D.S. N° 167, 1999).

Además de esta norma, existen diversas ordenanzas municipales que tratan la contaminación por olores de manera muy genérica, dentro de las que se pueden mencionar:

- Ordenanza N° 5 de la Municipalidad de La Florida.
- Ordenanza N° 10 de la Municipalidad de Ñuñoa.
- Ordenanza N° 5 de la Municipalidad de Coyhaique.
- Ordenanza N° 2 de la Municipalidad de lo Barnechea.

Actualmente, se encuentran en la primera etapa de tramitación en el Congreso, dos proyectos que consideran la modificación de la Ley de Bases del Medio Ambiente, ley 19.300 y que incluyen la contaminación por olores:

- Boletín N° 4846-12, proyecto de ley que pretende introducir un nuevo artículo a la Ley 19.300 sobre la contaminación olfativa, la cual sería considerada cuando

los olores molestos fueran detectables luego de diluir 7 veces o más con aire libre de olor, utilizando un olfatómetro Nasal Ranger o cualquier otro instrumento que realice series discretas. Este proyecto se encuentra en tramitación desde el 23 de enero del 2007.

- Boletín N° 4982-12, proyecto de ley que también pretende introducir un nuevo artículo a la Ley 19.300, este establece como contaminación olfativa cuando la concentración de olor es superior a 10 unidades de olor, determinadas con los instrumentos de olfatometría de mayor tecnología. Además, establece sanciones cuando se incurra en incumplimiento al límite máximo permitido. Este proyecto se encuentra en tramitación desde el 12 de abril del 2007.

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA.

3.1 Materiales.

3.1.1. Resultados del Monitoreo Continuo de Olores para el año 2006, 2007 y 2008.

El “monitoreo continuo de olores” es un método que se basa en las mediciones del tiempo total en el cual se percibe un olor durante un tiempo definido y en unos puntos específicos, llevada a cabo por una persona debidamente entrenada.

Las mediciones se realizan durante 10 minutos, 3 veces al día (comprendiendo mañana, tarde y noche) y para todos los días del año en cada punto.

La Figura 19, presenta los puntos medidos durante el “monitoreo continuo de olores”.

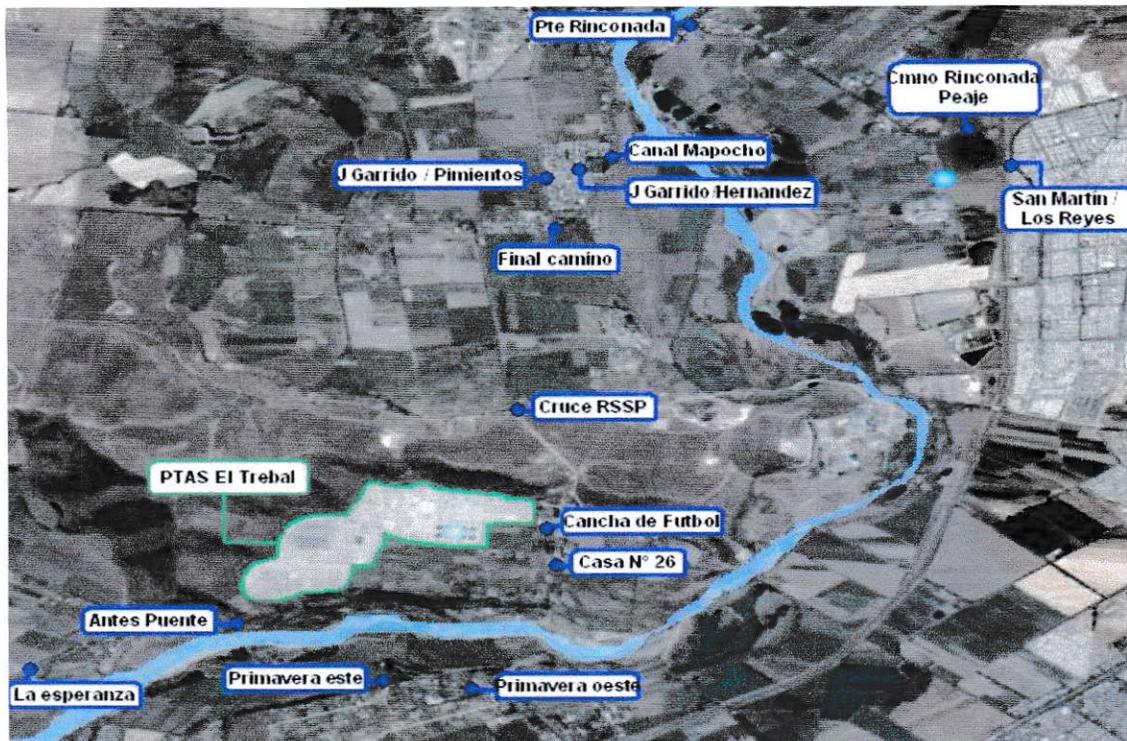


Figura 19. Puntos de medición en Monitoreo Continuo de Olores PTAS El Trebal.

El evaluador se dispone en el punto de medición, iniciando el monitoreo realizando inhalaciones regulares de aire. Al momento de percibir una notas de olor, se echa a andar un cronómetro que este posee, el cual se detiene al momento de dejar de percibir la nota de olor. En caso, que durante el transcurso de los 10 minutos de monitoreo, se vuelva a percibir un olor, se retoma el inicio del cronómetro. Finalmente, se registra el tiempo de olor y las notas percibidas durante los 10 minutos de medición.

La Figura 20, enseña la planilla que debe ser completada por el caminante al momento de realizar el monitoreo.

MONITOREO CONTROL PUNTOS EXTERNOS (1) PTAS EL TREBAL										
TURNO NOCHE										
Nombre:	Fecha:	Día:	Hora Inicio	Hora Término						
Rodolfo Briones D	3-07-08	Jueves	0:46	1:59						
					Maipú Poniente				Puente Rinconada	Cruce RSSP Camino El Trebal
Punto	Puntos en perímetro	Valle de los Reges/ Nva. Sn Martín	Camino Rinconada/ Autopista	Puente Rinconada	J. Garrido c/ J. Hernandez Villa El Maitén	J. Garrido c/ Los Pimientos Villa El Maitén	Canal Mapocho	Final Camino	Cruce RSSP Camino El Trebal	
Secuencia	Nº									
Hora	Hora de visita									
Nivel de olor	0: sin olor 1: Muy suave 2: Suave 3: Medio 4: Fuerte 5: Muy Fuerte									
Origen pluma	Asociar notas al Nº Area/Unidad									
Nota de olor El Trebal	29: Agua cruda 30: Agua Trat. 31: Lodos en tratamiento 32: Lodos Cent. 33: Lodos en proceso de secado 34: Lodos Monofill 35: Lodos en procesode bio secado 36: agua Servida									
Permanencia olor	Tiempo de olor en 10'									
Dirección del viento										
Intensidad del Viento (m/s)										
			Hora inicio					Hora término		
					Sede Social		La primavera	La Esperanza	Puente Mapocho	
Punto	Puntos en perímetro	Cancha de futbol	Casa N° 26 Sede Social	La primavera este	La Primavera Oeste	La Esperanza	Antes Puente			
Secuencia	Nº									
Hora	Hora de visita									
Nivel de olor	0: sin olor 1: Muy suave 2: Suave 3: Medio 4: Fuerte 5: Muy Fuerte									
Origen pluma	Asociar notas al Nº Area/Unidad									
Nota de olor El Trebal	29: Agua cruda 30: Agua Trat. 31: Lodos en tratamiento 32: Lodos Cent. 33: Lodos en proceso de secado 34: Lodos Monofill 35: Lodos en procesode bio secado 36: agua Servida									
Permanencia olor	Tiempo de olor en 10'									
Dirección del viento										
Intensidad del Viento (m/s)										
Viento		Sensación térmica:								
Nubosidad		Lluvia								

Figura 20. Ficha de medición en Monitoreo Continuo de Olores.

3.1.2. Resultados de paneles de Olor para el año 2006, 2007 y 2008.

Las mediciones se basan en la guía Alemana VDI 3940, "Determinación de Odorantes en el aire ambiente mediante evaluaciones de terreno".

Este método se basa en mediciones de porcentajes de observaciones con olor, en puntos definidos y en el testeo de olores en el aire ambiente, llevado a cabo por personas entrenadas como evaluadores sensoriales, quienes realizan la medición vía inhalación regular de aire durante un tiempo definido (medición individual).

Conforme a lo descrito en la guía VDI 3940, se aplica el concepto de "**horas de olor**" la que indica el porcentaje de observaciones positivas de notas de olor atribuibles al foco de estudio y expresado como frecuencia acumulada para cada punto.

La Figura 21, presenta los puntos monitoreados de los paneles de olor en los sectores cercanos a la PTAS El Trebal.

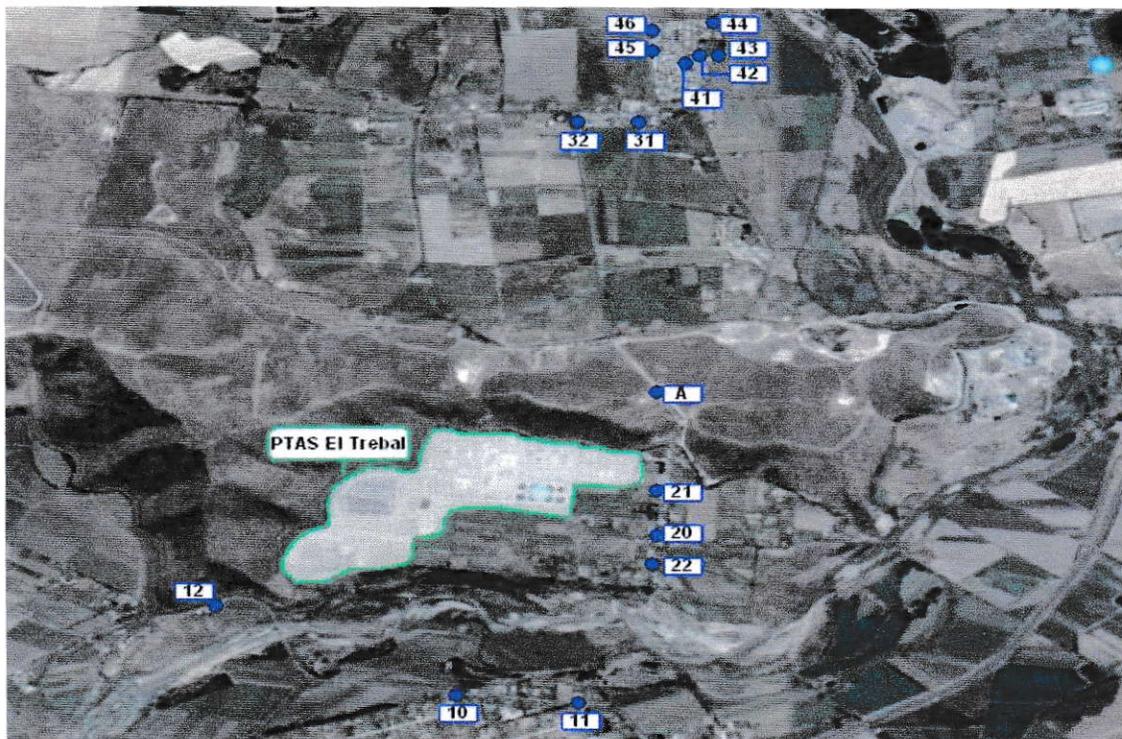


Figura 21. Puntos de monitoreo Paneles de Olor PTAS El Trebal.

Cada medición debe tener un tiempo total de duración de al menos 10 minutos de manera de alcanzar un 80 % de representatividad de la situación particular a esa hora.

Las mediciones se realizan con 11 panelistas, los cuales se disponen en el punto de medición, y registran las notas percibidas en cada 10 segundos de medición, durante 10 minutos para cada punto.

La Figura 22, muestra una ficha de monitoreo utilizada en los paneles de olor.

MEDICIÓN PTAS EL TREBAL 04.08

Fecha: 08 / 04 / 08 Punto: 20 Sector: Robledo el Trebal
 Hora Inicio: 18:10 Hora Término: 18:20 VºBº IDIEF: [Firma]
 Código Panelista: 305 CI: 13432705-7 Firma: [Firma]
 Panelista de: IDIEF Ecometrika Líder: SS

<p>Minuto 1: <input type="radio"/>0 <input type="radio"/>1 <input type="radio"/>2 <input type="radio"/>3 <input type="radio"/>4 <input type="radio"/>5 <input type="radio"/>6</p> <p>Minuto 2: <input type="radio"/>0 <input type="radio"/>1 <input type="radio"/>2 <input type="radio"/>3 <input type="radio"/>4 <input type="radio"/>5 <input type="radio"/>6</p> <p>Minuto 3: <input type="radio"/>0 <input type="radio"/>1 <input type="radio"/>2 <input type="radio"/>3 <input type="radio"/>4 <input type="radio"/>5 <input type="radio"/>6</p> <p>Minuto 4: <input type="radio"/>0 <input type="radio"/>1 <input type="radio"/>2 <input type="radio"/>3 <input type="radio"/>4 <input type="radio"/>5 <input type="radio"/>6</p> <p>Minuto 5: <input type="radio"/>0 <input type="radio"/>1 <input type="radio"/>2 <input type="radio"/>3 <input type="radio"/>4 <input type="radio"/>5 <input type="radio"/>6</p> <p>Minuto 6: <input type="radio"/>0 <input type="radio"/>1 <input type="radio"/>2 <input type="radio"/>3 <input type="radio"/>4 <input type="radio"/>5 <input type="radio"/>6</p> <p>Minuto 7: <input type="radio"/>0 <input type="radio"/>1 <input type="radio"/>2 <input type="radio"/>3 <input type="radio"/>4 <input type="radio"/>5 <input type="radio"/>6</p> <p>Minuto 8: <input type="radio"/>0 <input type="radio"/>1 <input type="radio"/>2 <input type="radio"/>3 <input type="radio"/>4 <input type="radio"/>5 <input type="radio"/>6</p> <p>Minuto 9: <input type="radio"/>0 <input type="radio"/>1 <input type="radio"/>2 <input type="radio"/>3 <input type="radio"/>4 <input type="radio"/>5 <input type="radio"/>6</p> <p>Minuto 10: <input type="radio"/>0 <input type="radio"/>1 <input type="radio"/>2 <input type="radio"/>3 <input type="radio"/>4 <input type="radio"/>5 <input type="radio"/>6</p>	<p>Notas de Olor - Códigos (*)</p> <p>0 = No se percibe olor 1 = Olores PTAS El Trebal 2 = Olores de Otros emisores 3 = Otras</p>
--	---

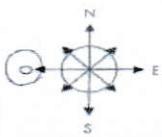
(*) Las Notas de olor deben ser especificadas.
 1 = Notas PTAS El Trebal *Lodo en tratamiento, bioresiduos*
 2 = Notas Otros Emisores (indicar el emisor):
 3 = Otras Notas:

Datos Meteorológicos:

Fuerza del Viento: Calmado Débil Moderado Severo Tempestuoso

Nubosidad: Despejada Parcial Densa Cerrada

Precipitaciones: No hay Llovizna Lluvia Nevadas Niebla Otros



146

Figura 22. Ficha de medición de olores en Paneles de Olor.

Se debe registrar la fecha, el sector de medición, hora de inicio y término de la medición, se especifican las notas percibidas, fuerza y dirección del viento, nubosidad, y precipitaciones como demuestra la Figura 22.

3.1.3 Resultados de las fichas de registro (estudio psicométrico) realizados en sectores aledaños a la planta.

Las fichas de registro de olores, son fichas que se entregan a personas que viven cercanas a la planta.

Estas fichas son realizadas en dos sectores cercanos a la PTAS; localidad El Trebal y sector La Primavera. Los registros comenzaron en febrero y junio del 2007, respectivamente y se continúan realizando hasta la actualidad.

A cada uno de los vecinos que participan, se les entrega una ficha, en la cual, si ellos perciben una nota de olor (cualquiera sea) deben registrarla. El registro se compone de fecha, hora de inicio del olor, hora de término del olor, intensidad del olor, nota de olor (que olor se percibe), dirección del viento y situación en la que se encontraban. Se proporciona una ficha por semana, la cual se va retirando y renovando a la semana siguiente.

Para la localidad El Trebal, durante febrero a diciembre 2007, participaron 3 – 4 personas por semana. Para el sector de La Primavera, participaron durante junio a agosto dos vecinos por semana, aumentando posteriormente a seis vecinos por semana.

La Figura 23, presenta el formato de la ficha de registro típica entregada a los vecinos.

3.1.4 Datos meteorológicos proporcionados por la Estación ubicada en la PTAS Trebal.

Al interior de la PTAS El Trebal se encuentra ubicada una estación meteorológica, la que monitorea datos cada 15 minutos de la dirección del viento, velocidad del viento, temperatura ambiental, humedad relativa y radiación solar.

3.1.5 Datos de operación de la cancha para el año 2006, 2007 y 2008.

Dentro de los datos a analizar, que corresponden al manejo de la cancha se menciona el área utilizada en cancha, la cantidad de biosólido traspasada de la cancha al monofill, cantidad de biosólido en cancha dispuesto para secado solar y biosecado, volteos de los biosólidos, mezclado de las pilas de biosecado y biosólido acumulado en los meses de invierno.

3.2. Metodología de Análisis de Datos.

Se definió los elementos a analizar, considerando la operación de la cancha y los parámetros de dispersión de los gases emitidos. Por esto, los elementos a tomar son: monitoreos de olores, dirección del viento, velocidad del viento, temperatura, cantidad de biosólido secado, superficie utilizada en cancha y maniobras operativas específicas en la cancha (volteos).

El análisis de los datos se realizó de la siguiente manera:

- Análisis de las notas de olor de las fichas de registros del Trebal y Primavera. El período de medición que contemplan las fichas de registros para estos sectores durante esta etapa es de febrero 2007 a diciembre 2007 y junio 2007 a diciembre 2007, respectivamente.

Con estos datos, en una hoja de cálculo se ordenaron los registros de los vecinos por sector, colocando fecha del registro, nombre del vecino, hora de percepción, nota de olor, dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad relativa.

Los cuatro últimos parámetros se determinaron con los datos entregados por la estación meteorológica presente al interior de la PTAS El Trebal. La dirección del viento, corresponde a la dirección del viento predominante, es decir, con mayor porcentaje de frecuencia, determinada en un rango de 2 horas antes y 2

horas después del registro realizado por el vecino. La velocidad del viento, temperatura y humedad relativa se determinaron calculando el promedio de estas en un rango de una hora antes y después del registro.

La Figura 24, muestra los datos que contempló la planilla de datos excel para el análisis de las fichas de registros para cada sector.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Fecha	Nombre	Hora	Nota	Dirección Viento	Vel Viento (m/s)	T (C)	HR (%)	Prov.Planta	
1										
2	02-06-2007	Eduardo Gajardo	20:30	NE	ONO	1	7,3	70	no	
3	06-06-2007	Eduardo Ramirez	19:50	E	-	-	-	-	-	
4	07-06-2007	Eduardo Ramirez	11:40	E	NNO	0,4	8,4	69,6	si	
5	11-06-2007	Eduardo Gajardo	12:03	-	N	3,8	7,4	60,5	si	
6	13-06-2007	Eduardo Ramirez	19:50	E	N	1,9	9,8	83,6	si	
7	14-06-2007	Eduardo Ramirez	11:40	E	SO	2,2	9,4	81,6	no	
8	21-06-2007	Eduardo Gajardo	10:30	A	NNE	3,1	0,8	87,2	no	
9	22-06-2007	Eduardo Gajardo	10:30	A	NNE	2,1	3,9	83	no	
10	23-06-2007	Eduardo Gajardo	8:30	A	NNO	1,3	0,6	87,3	no	
11	23-06-2007	Eduardo Gajardo	17:00	A	N	0,9	6,7	72,2	no	
12	23-06-2007	Eduardo Ramirez	18:07	NE	N	0,9	4,8	80	si	
13	26-06-2007	Eduardo Ramirez	14:00	NE	NE	1	7,8	76,6	no	
14	26-06-2007	Eduardo Gajardo	15:00	A	ONO	1	12	64,7	no	
15	27-06-2007	Eduardo Ramirez	11:47	E	N	2,2	12,6	58,2	si	
16	27-06-2007	Eduardo Gajardo	12:00	A	N	2	13,2	56,6	no	
17	27-06-2007	Eduardo Gajardo	14:00	A	SO	2	18,6	35	no	
18	27-06-2007	Eduardo Ramirez	20:01	NE	OSO	0,6	9	65,9	si	
19	28-06-2007	Eduardo Ramirez	14:30	E	ONO	1,7	23,6	21,9	no	
20	28-06-2007	Eduardo Gajardo	17:00	-	NNE	0,8	17,8	23,9	si	
21	29-06-2007	Eduardo Gajardo	9:30	A	N	2,7	6,7	62,5	no	
22	29-06-2007	Eduardo Ramirez	11:40	E	N	3,1	18	34,1	si	
23										
24										

Figura 24. Planilla de datos excel para el análisis de las fichas de registros sector La Primavera.

Se realizó un filtro inicial de los registros considerando las notas percibidas (notas a biosólido, fecas o excremento) por los vecinos.

Posteriormente, a estos registros se les realizó otro filtro según la dirección del viento al momento de realizarse el registro por el vecino. Con esto se pretende

verificar la proveniencia efectiva de la planta de tratamiento. Para el caso de la localidad El Trebal, se consideró positivo el olor si la dirección del viento es ONO – OSO; para el sector de La Primavera se consideró positivo el olor si la dirección del viento es NNE – NO. Sin embargo, dada la cercanía de estas localidades a la plata (1,2 – 1,6 Km.) se consideró además positivo el olor si al momento de realizarse el registro la velocidad promedio es calma o suave, es decir, menor a 1 m/s.

Finalmente, se determinó el porcentaje de registros. El cálculo se realizó a través de la siguiente ecuación:

$$R(\%) = \frac{NTRO \times 100}{NTRP} \quad \text{Ec.1.}$$

Donde: R es el porcentaje de registros.

NTRO es número total de registros positivos observados (luego de realizado el filtro).

NTRP es el número total de registros posibles. Corresponde al número total de días que se pueden realizar registros por 3 (mañana, tarde y noche). Descartando las fichas no devueltas.

- Relación de los resultados de porcentaje de registro semanal o mensual con los datos de operación de la cancha para este periodo.

- Relación y análisis de la velocidad, temperatura y humedad en las que se realizan los registros. Para esto se determinó el porcentaje de registros obtenido a diferentes velocidades.
- Compilación de los resultados de los paneles de olor para este periodo. Incluye porcentaje de frecuencia, hora de olor, notas percibidas, dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad relativa.
- Relación de los resultados de los paneles de olor con los datos de operación de la cancha.
- Relación y análisis de la dirección del viento, velocidad del viento, temperatura y humedad en las que se obtienen porcentajes de frecuencia de olor.
- Compilación de los resultados obtenidos para el monitoreo continuo de olores. Se determinó para cada sector de medición el porcentaje de tiempo de olor asociado a biosólidos en proceso de secado a través de la siguiente ecuación:

$$TO(\%) = TP \times 100 / TTM \quad \text{Ec.2.}$$

En donde: TO es el porcentaje de tiempo de olor (%).

$\sum TP$ es la sumatoria del tiempo total (min.) percibido a notas de biosólido en proceso de secado.

TTM es el tiempo total de medición en ese punto o sector.

Para el caso en que se determinó el porcentaje de tiempo de olor en el sector, el tiempo total de medición se determina de la siguiente forma:

$$TTM = NTP \times 10 \quad \text{Ec.3.}$$

En donde: NTP es el número total de puntos realizados en el sector.

10 es el tiempo que dura cada medición.

- Relación de los resultados del monitoreo continuo de olores con los datos de operación de la cancha.
- Relación y análisis de la dirección del viento, velocidad del viento, temperatura y humedad con los porcentajes de tiempo de olor mensual obtenidos para cada sector.

IV. RESULTADOS

4.1 Relación entre la Percepción de Olor y los Parámetros Meteorológicos.

a. Velocidad del Viento.

Al analizar los resultados obtenidos para las fichas de registros (presentados en la Figura 49 y Figura 50 del anexo) en relación a la velocidad del viento se obtienen los siguientes resultados.

La Figura 25, presenta el porcentaje de registros realizados en la localidad El Trebal a diferentes velocidades de viento.

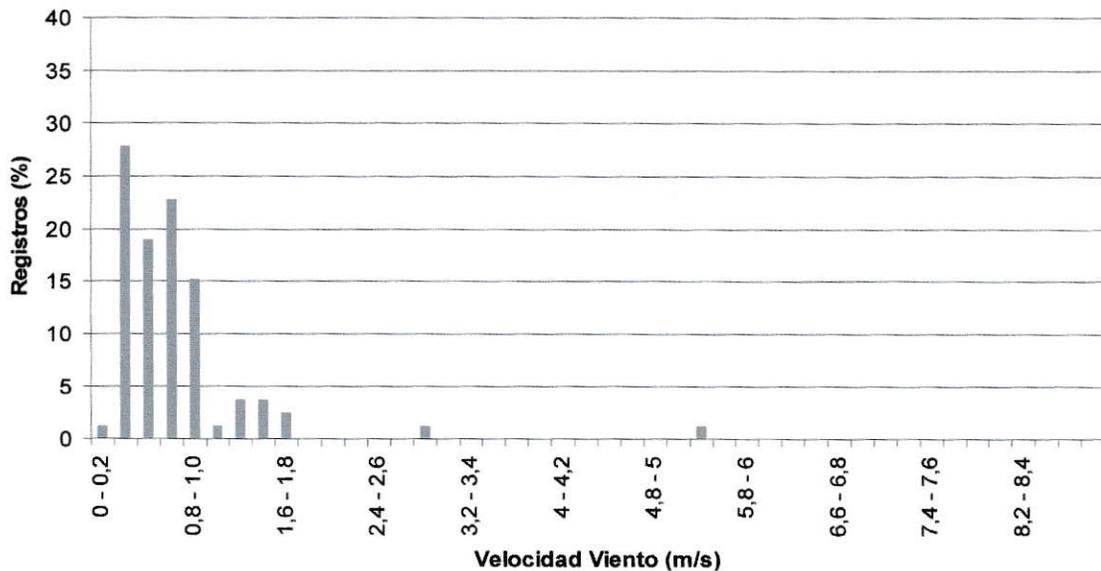


Figura 25. Relación entre las fichas de registros del año 2007 y la velocidad del viento. Localidad El Trebal.

Se desprende de los resultados que el 84,4 % de los registros realizados en la localidad El Trebal se concentran a bajas velocidades. Las mayores observaciones positivas se producen entre 0,2 – 1 m/s.

La Figura 26, presenta el porcentaje de registros realizados en el sector de La Primavera a diferentes velocidades.

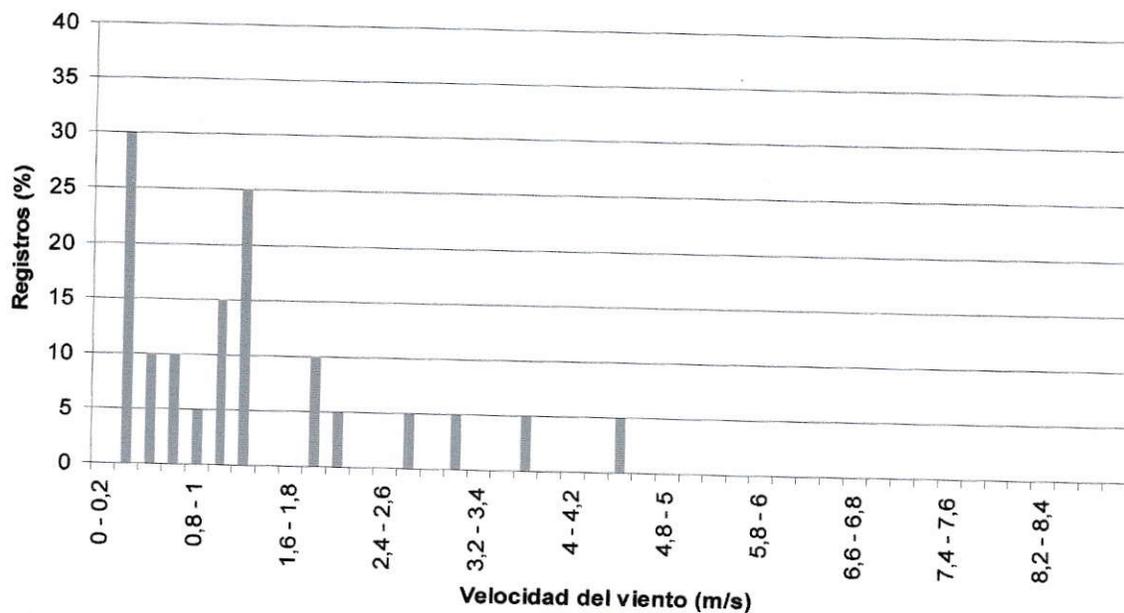


Figura 26. Relación entre las fichas de registros del año 2007 y la velocidad del viento. Sector La Primavera.

Para el sector La Primavera, el 73,1% de los registros provenientes de la cancha de secado se producen a bajas velocidades. Estos se concentran a velocidades entre 0,2 – 1,4 m/s.

b. Evaluación Horaria y por Estación.

La evaluación horaria de los resultados de la fichas de registros presentan los siguientes resultados.

La Figura 27, muestra la evaluación horaria de los registros realizados en la localidad El Trebal y para el sector de La Primavera.

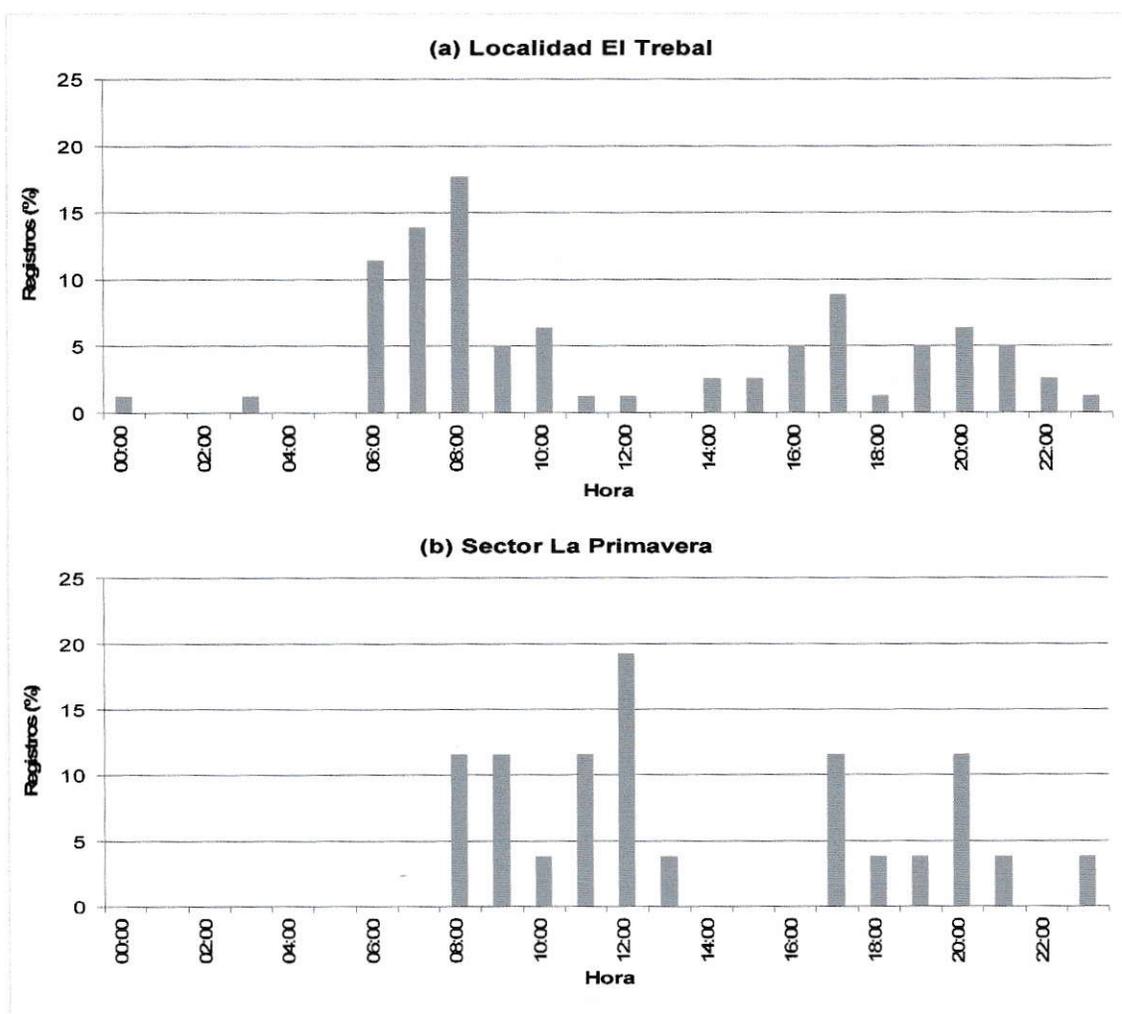


Figura 27. Evaluación horaria de los registros para el año 2007. (a) Localidad El Trebal. (b) Sector La Primavera.

Se demuestra que el mayor porcentaje de los registros se presentan entre las 06:00 – 10:00 de la mañana para la localidad El Trebal, mientras que para el sector de La Primavera se presentan entre las 08:00 – 12:00 del día.

Considerando las estaciones del año, se obtiene la Tabla 11, la cual muestra la evaluación horaria de los registros por estación del año.

Tabla 11. Evaluación horaria estacional de las fichas de registros para el año 2007.

Hora	Localidad El Trebal, Registros (%)				Sector La Primavera, Registros (%)		
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Otoño	Invierno	Primavera
00:00	1,27	1,3	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	1,3	0	0	0
04:00	0	0	0	0	0	0	0
05:00	0	0	0	0	0	0	0
06:00	0	0	1,3	10,1	0	0	0
07:00	12,7	0	0	1,3	0	0	0
08:00	10,1	2,5	0	6,3	0	0	0
09:00	1,3	1,3	0	2,5	0	11,5	00
10:00	0	6,3	0	1,3	0	3,9	0
11:00	0	2,5	0	0	11,5	0	0
12:00	1,3	0	0	0	3,9	15,4	11,5
13:00	0	0	0	0	0	3,9	0
14:00	0	3,8	1,3	0	0	0	0
15:00	0	5,1	0	0	0	0	0
16:00	0	7,6	1,3	0	0	0	0
17:00	0	10,1	2,5	0	3,9	7,7	0
18:00	0	1,3	0	0	3,9	0	0
19:00	0	3,8	2,5	0	3,9	0	0
20:00	0	10,1	0	0	3,9	7,7	0
21:00	0	3,8	1,3	0	0	0	3,9
22:00	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	1,3	0	3,9	0
Total	26,6	59,5	10,1	24,1	30,8	53,9	15,4

Los resultados indican que para la localidad El Trebal, los registros se concentran principalmente en los horarios de 06:00 a 10:00 de la mañana en periodo primavera-verano; mientras que en el periodo otoño-invierno se distribuyen durante todo el día, pero principalmente en el horario de la tarde. Para el sector de La Primavera, se presenta el mismo comportamiento, pero en el periodo otoño-invierno se producen principalmente en el horario de mañana.

c. Dirección del Viento.

Al analizar los resultados de los monitoreos de olores (fichas de registros y monitoreo continuo de olores) con respecto a la dirección del viento se presentan los siguientes resultados.

La Figura 28, muestra el comportamiento de los resultados de las fichas de registros mensual para el sector de la primavera, comparándolas con el área utilizada en cancha y la dirección del viento hacia este sector (NO – NNE).

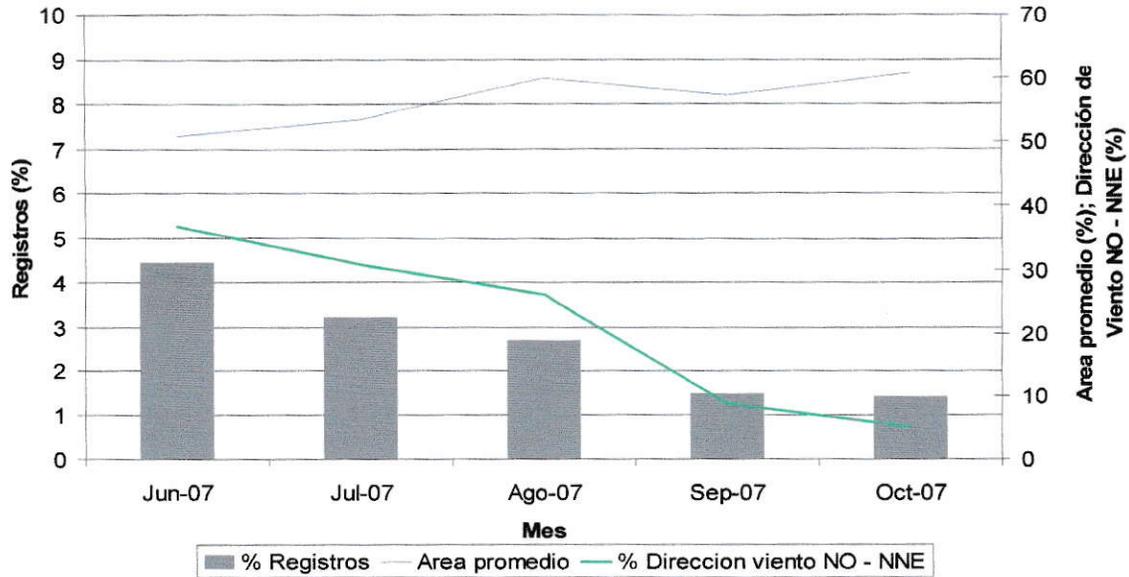


Figura 28. Relación entre fichas de registros La Primavera, área utilizada en cancha y dirección del viento (NO – NNE).

Los resultados indican que los porcentajes de registros dependen de la dirección del viento que va en dirección de la cancha hacia el sector de La Primavera, independiente del área utilizada en cancha.

La Figura 29, presenta el comportamiento de los resultados del monitoreo continuo de olores para el sector de La Esperanza y Villa El Maitén, en relación al área utilizada en cancha y la dirección del viento hacia cada sector (La Esperanza dirección NNE – NE y Villa El Maitén dirección SSE-SO).

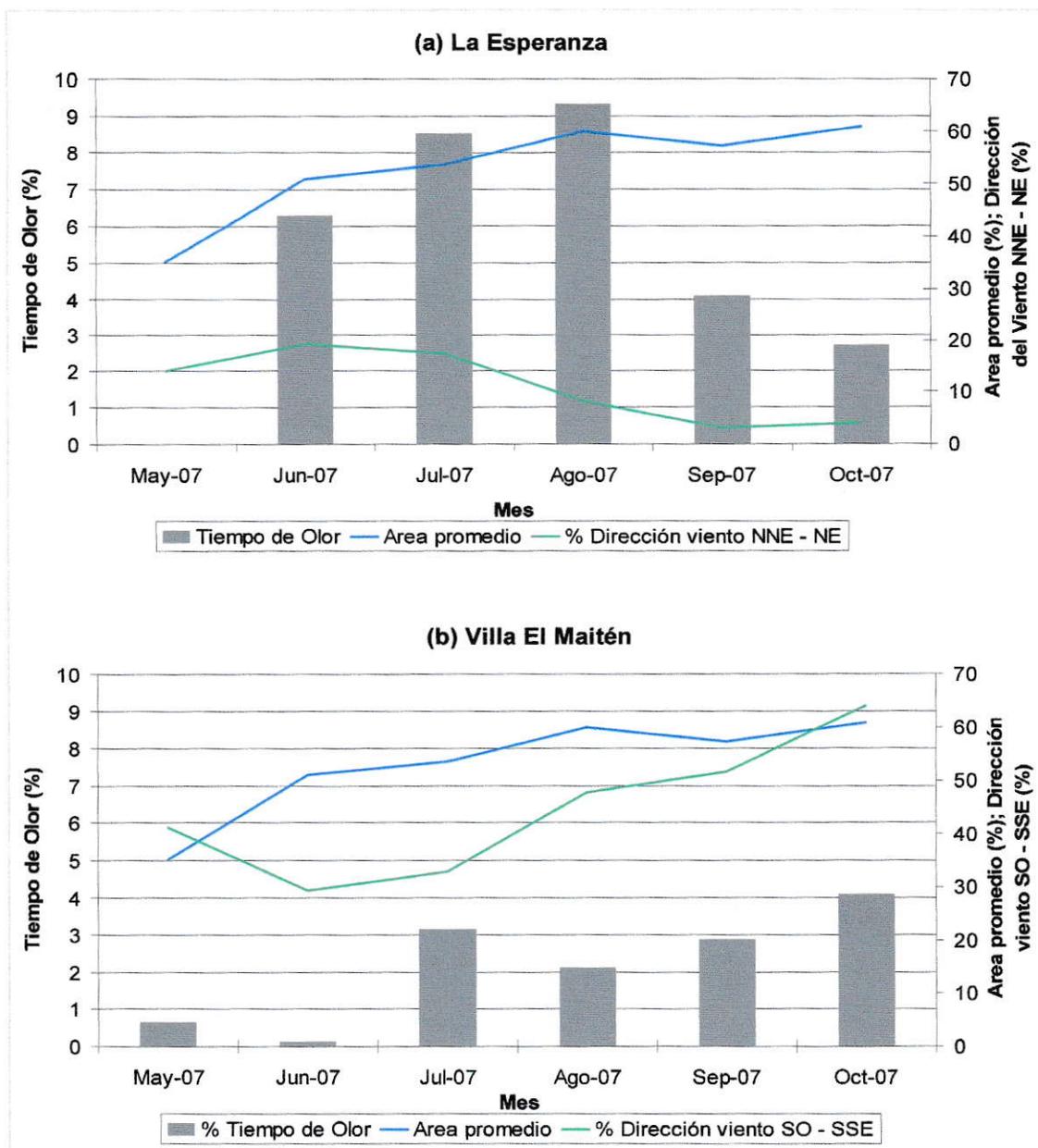


Figura 29. Relación entre monitoreo continuo de olores, área utilizada en cancha y dirección del viento. (a) La Esperanza. (b) Villa El Maitén

Los resultados indican, al igual que para el sector de la Primavera, la influencia de la dirección del viento en la percepción de olor en cada uno de los sectores.

Disminuyendo esta, cuando la dirección del viento que se dirige desde la cancha hacia Villa El Maitén o La esperanza, es menor.

4.2 Relación entre la Cantidad de Biosólido seco trasladado desde la Cancha de Secado al Monofill y los Monitoreos de Olores.

Al realizar el análisis de la cantidad de biosólido seco traspasado de la cancha al Monofill y los monitoreo de olores realizados para el sector Villa El Maitén y localidad El Trebal se obtienen los siguientes resultados.

La Figura 30, presenta la relación entre los resultados de la fichas de registros y la cantidad de biosólido seco trasladado de la cancha al Monofill para la localidad El Trebal.

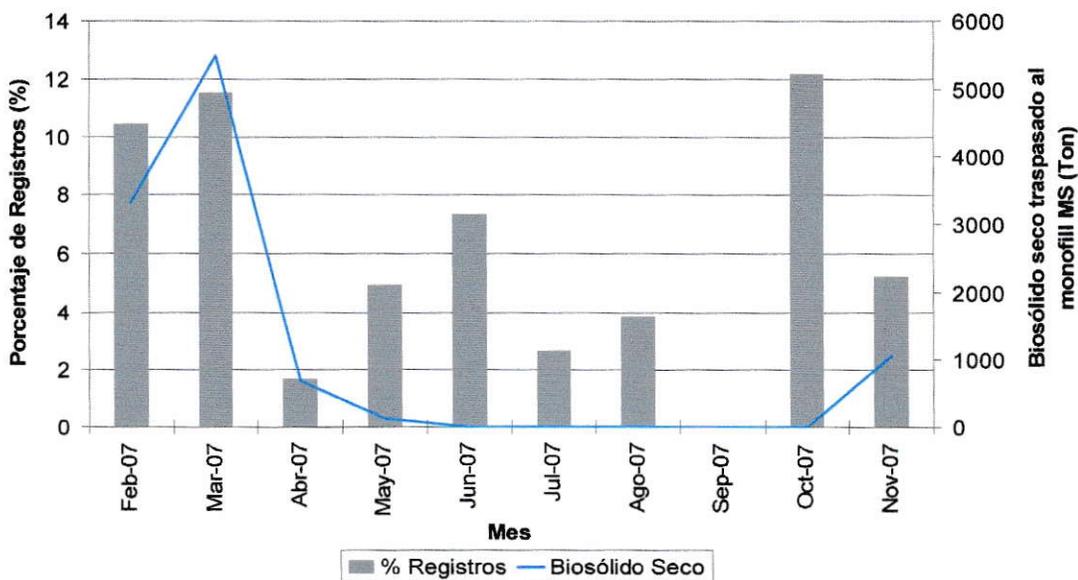


Figura 30. Relación mensual entre el biosólido seco trasladado al monofill y los resultados de la fichas de registros para localidad El Trebal.

Se puede distinguir para el periodo febrero a marzo del 2007, periodo en el cual se realiza el proceso de secado solar de los biosólidos, que el aumento de la percepción por parte de los vecinos, coincide con el aumento de la cantidad de biosólido trasladado para su disposición final.

Esto, también es posible observar en la Figura 31, la cual representa la relación semanal durante los meses de febrero a marzo entre el biosólido seco y los resultados de las fichas de registros para esta misma localidad.

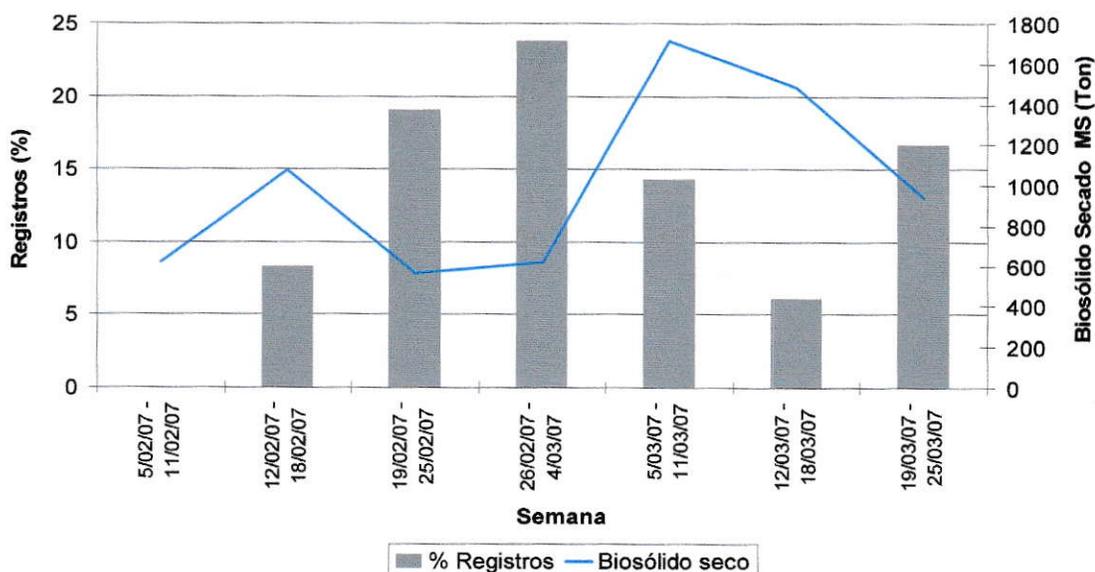


Figura 31. Relación semanal durante los meses de febrero a marzo 2007 entre el biosólido seco trasladado al monofill y los resultados de las fichas de registros para localidad El Trebal.

En esta figura es posible apreciar, que luego del aumento de la percepción por parte de los vecinos, una semana después, aumenta la cantidad de biosólido seco que se traslada de la cancha para su disposición final.

Para el caso de Villa El Maitén, la Figura 32, representa la relación mensual entre el biosólido seco trasladado de la cancha al monofill y los resultados del monitoreo continuo de olores.

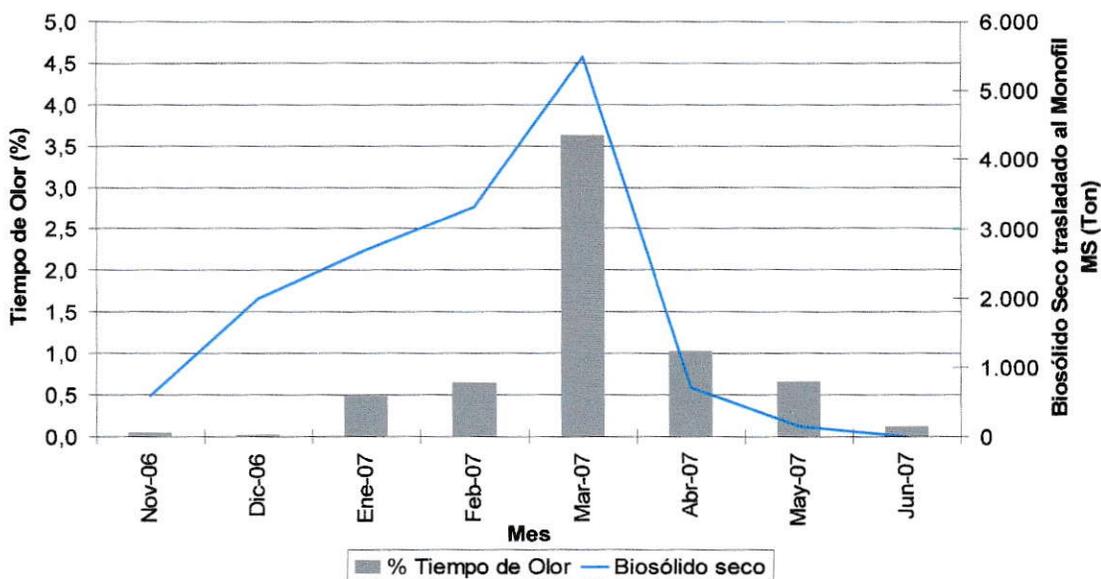


Figura 32. Relación entre resultados del monitoreo continuo de olores y biosólido seco trasladado al monofill. Sector Villa El Maitén.

Esta figura, demuestra que para el mes de marzo del 2007 hubo un aumento en el porcentaje de tiempo de olor, lo que coincide con que para ese mismo mes hubo un aumento en la producción de biosólido seco que se traslada de la cancha al monofill.

Lo anterior, también puede ser visto en la Figura 33, la cual representa la relación entre el monitoreo continuo de olores y la cantidad de biosólido seco en masa seca trasladado al monofill durante el mes de marzo 2007.

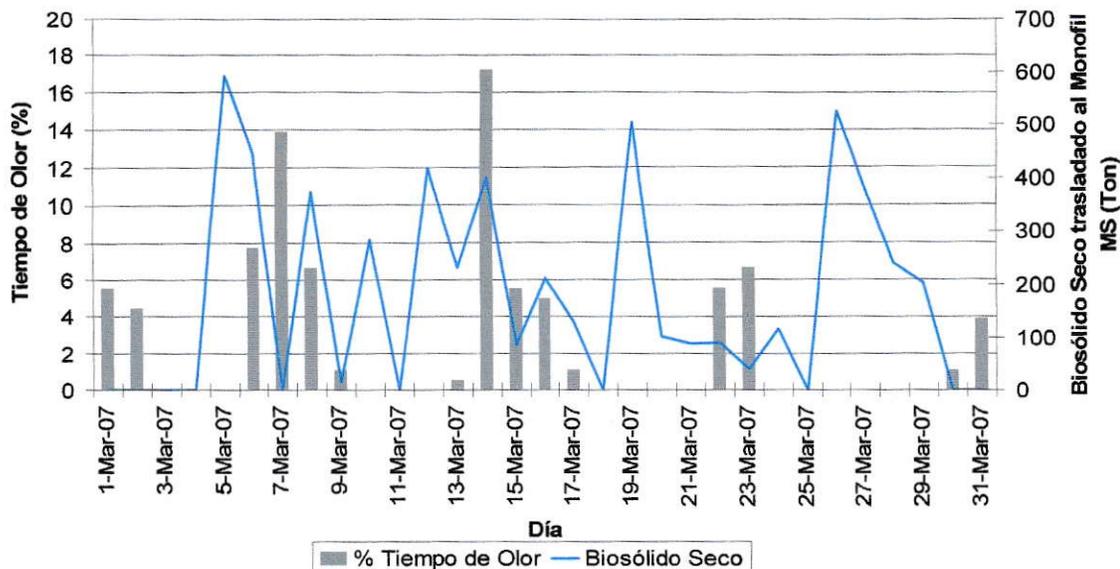


Figura 33. Relación diaria entre resultados del monitoreo continuo de olores y biosólido seco trasladado al monofill para el mes de marzo 2007. Sector Villa El Maitén.

Observando la figura anterior y considerando un secado óptimo del biosólido, es decir, se demora entre 5 – 7 días en secar, se aprecia que luego de que los caminantes perciben un mayor porcentaje de tiempo de olor a los días después aumenta la cantidad de biosólido seco trasladado al monofill.

Los meses de invierno en este análisis no son considerados, ya que durante este periodo la cantidad de biosólido seco que se traspasa desde la cancha al monofill es cero, debido a la realización de biosecado y/o a la acumulación del biosólido, por lo tanto esta variable operacional no es representativa para este periodo.

4.3 Relación entre Área utilizada en Cancha y los Resultados de Paneles de Olor.

A continuación se presentan los resultados obtenidos entre el área utilizada en cancha y los paneles de olor para el sector de Villa El Maitén y La Esperanza.

La Tabla 12, muestra los resultados de los paneles de olor obtenidos para el sector La Esperanza, durante los meses en proceso de secado solar.

Tabla 12. Resultados paneles de olor para periodo Oct 2006 – Ene 2007. Sector La Esperanza.

Fecha	Hora de Monitoreo	Frecuencia de Olor (%)	Temperatura (°C)	Velocidad Viento (m/s)	Humedad Relativa (%)	Dirección Viento
25-10-06	15:10 – 15:37	3,00	31,4	3,8	36,1	SO - SSO
22-11-06	11:35 – 11:58	0,00	31,8	4,9	37,5	SO - SSO
22-12-06	08:47 – 09:10	11,00	25,7	1,1	41,2	E a SSO
12-01-07	14:20 – 14:44	0	32,3	4,1	25,8	SO - S

En la tabla se observa que sólo en un monitoreo se produce una hora de olor, con un 11 % de frecuencia de olor. Sólo se consideró este periodo de monitoreo por poseer el área utilizada en cancha y además por ser el tiempo en el cual sólo se realiza secado solar.

Para estos días se debe considerar el estado de la cancha. En la Figura 34, se representa la situación en que se encontraba esta para cada uno de los días, es decir, se indica el área total utilizada. Se especifica el área utilizada por el acopio de invierno, el área utilizada para secado solar y finalmente el área disponible en cancha.

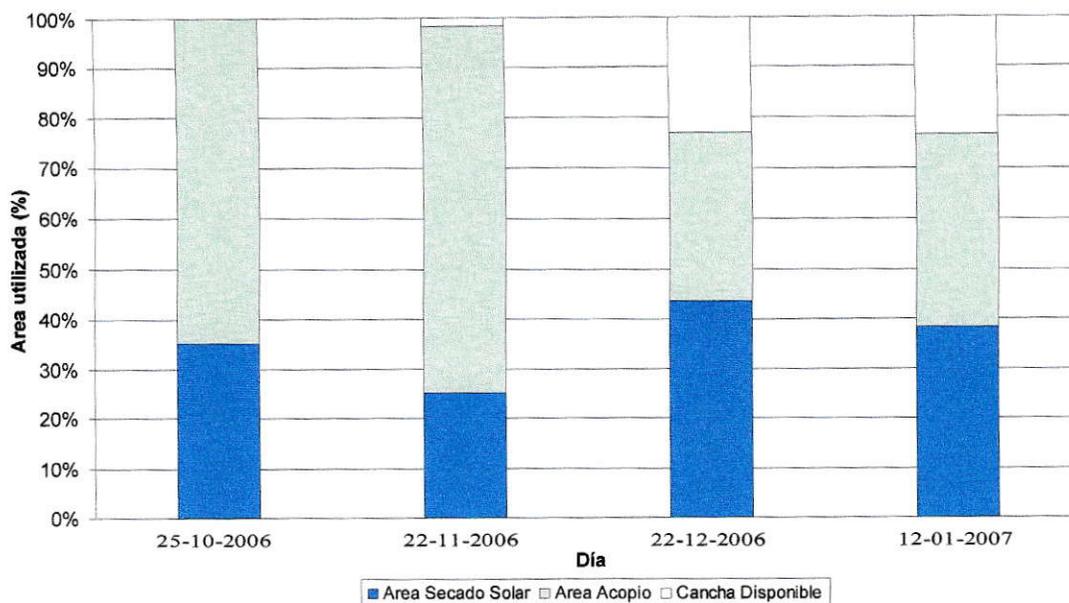


Figura 34. Área utilizada en cancha de secado para los días de monitoreo en los meses de Oct 2006 – Ene 2007.

Para el monitoreo del 22-12-06, la cancha se encuentra con mayor disponibilidad que para los monitoreos anteriores y muy similar al monitoreo del 12-01-07, a pesar de esto sólo para ese día se produce una hora olor.

Durante el proceso de biosecado 2007, meses entre mayo a octubre 2007, se producen 3 horas de olor en este mismo sector. En la Tabla 13, se presentan los resultados para los paneles de olor en este periodo.

Tabla 13. Resultado paneles de olor sector La Esperanza y parámetros meteorológicos para el periodo May - Oct 2007.

Fecha	Hora de Monitoreo	Frecuencia de Olor (%)	Temperatura (°C)	Velocidad Viento (m/s)	Humedad Relativa(%)	Dirección Viento
23-05-07	12:03 – 12:13	33	16,2	1,6	38,3	N - NE - SSO
27-06-07	13:28 – 13:38	0	18,1	1,9	36,3	SSO
17-07-07	12:56 – 13:06	36	12,6	3,1	73,6	NNO - NNE
10-08-07	12:39 – 12:49	89	9,7	2,9	44,7	N / NNO - ENE
13-09-07	15:12 – 15:22	0	11	2,0	65,7	SSE
22-10-07	16:39 – 16:49	0	27,8	3,4	23	S - SSO

Se observa que para los monitoreos de mayo, julio y agosto se generan horas de olor. La situación en la que se encontraba la cancha para esos días se presenta en la Figura 35.

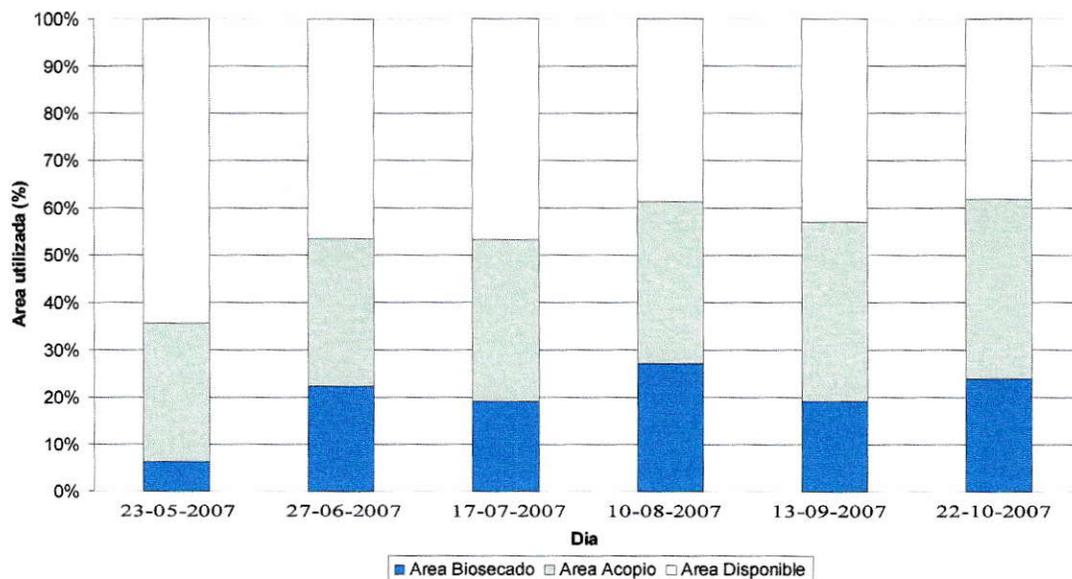


Figura 35. Área utilizada en cancha de secado para los días de monitoreo en los meses de May – Oct 2007.

De lo anterior se puede desprender que para el monitoreo de mayo, la cancha se encuentra utilizada en un 35%, menor a todos los otros que son mayores al 50 %. A pesar de esto se perciben olores a diferencia de las mediciones realizadas en los meses de junio, septiembre y octubre, en donde no se perciben olores.

En la Figura 36, se presenta la relación entre el área utilizada en la cancha y el porcentaje de frecuencia de olor para este mismo periodo, tomando en cuenta sólo los monitoreos en los cuales se percibieron notas a la cancha de secado.

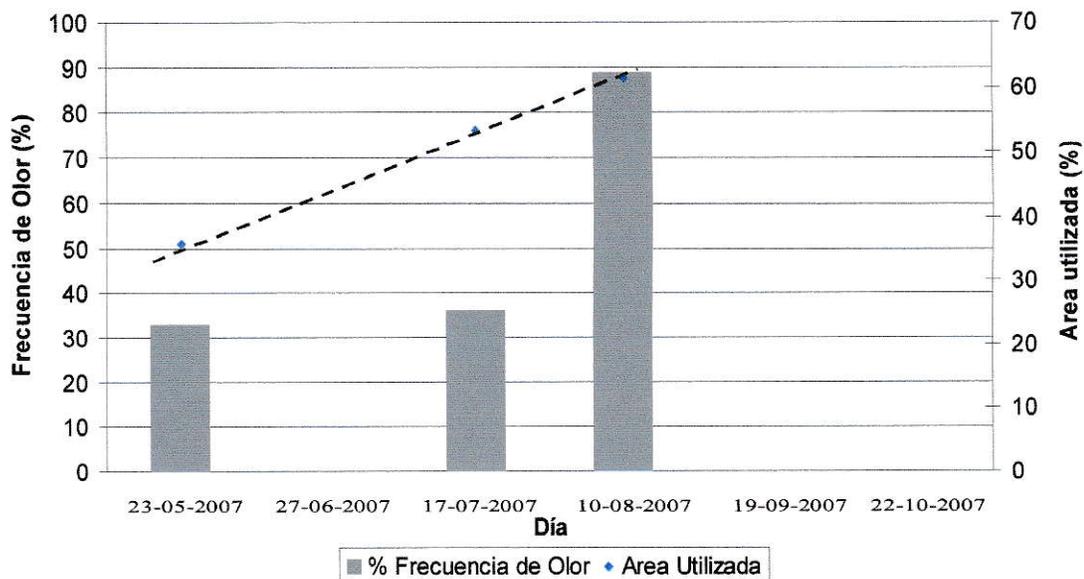


Figura 36. Relación área utilizada en cancha y resultados paneles olor. Sector La Esperanza. Periodo May – Oct 2007.

Se puede apreciar en la figura, que existe una relación directa entre lo que se encuentra en la cancha y la percepción de olor por parte de los miembros del panel. El día 23 de mayo presentó un porcentaje de frecuencia de olor similar al 17 de julio, a pesar de que para el primer caso la cancha se encuentra utilizada en un 50 %, mientras que para el último la cancha esta utilizada en un 75 %.

Finalmente, la Tabla 14, presenta los resultados de porcentajes de frecuencia de olor y los parámetros meteorológicos para los monitoreos realizados durante el periodo de biosecado desde mayo a octubre del 2007 para el sector de Villa El Maitén.

Tabla 14. Resultados paneles de olor sector Villa El Maitén y parámetros meteorológicos para May – Oct 2007. Sector Villa El Maitén.

Fecha	Frecuencia de olor (%)	Temperatura (°C)	Velocidad viento (m/s)	Humedad relativa (%)	Dirección viento
23-5-07	4,9	21,3	1,5	19,2	OSO - ONO - S
27-6-07	6,3	16,6	1,0	42,9	S - N
17-7-07	0	7,1	3,1	87,8	N - NNE
10-8-07	0	14,3	2,8	30,0	N - NNO
13-9-07	4,9	8,5	2,5	79,9	SSE
22-10-07	5,9	25,0	3,3	33,2	S - SO

De la tabla se desprende que no se producen horas de olor asociadas a la cancha de secado en el sector de Villa El Maitén. La Figura 37, presenta los resultados de los paneles de olor y el área utilizada en cancha durante esos monitoreos, considerando sólo los días en los cuales se percibieron notas asociadas a la cancha.

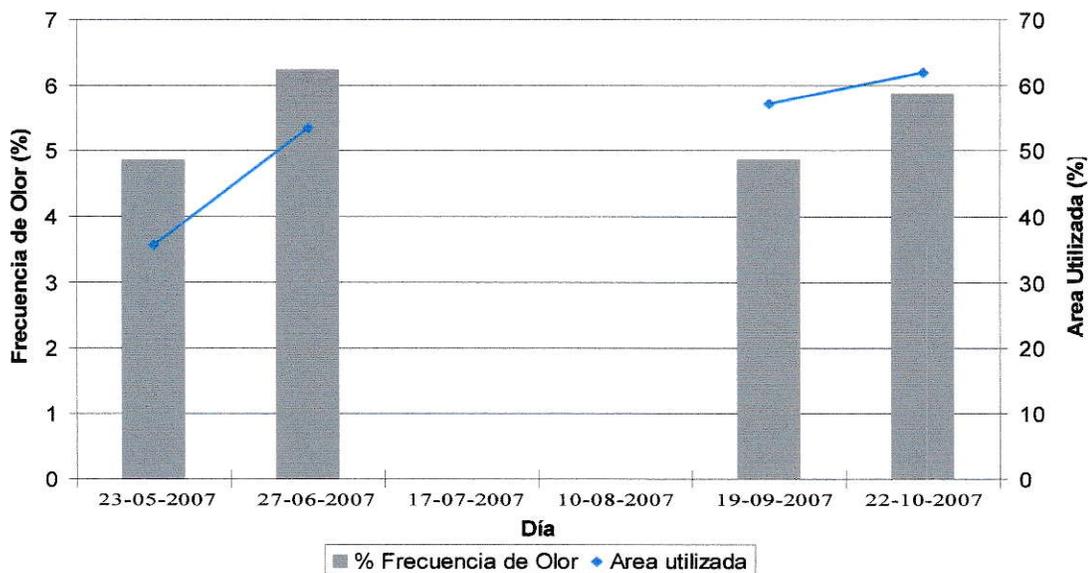


Figura 37. Relación área utilizada en cancha y resultados paneles de olor periodo May-Oct 2007. Sector Villa El Maitén.

En la figura se observa que existe una relación directa entre el área utilizada en cancha y la percepción de olor. En los periodos en los cuales existe una mayor superficie utilizada en cancha se produce una mayor percepción de olor. Pero, además se puede apreciar que en los paneles (mayo y junio), en los cuales la cancha se encuentra con un menor porcentaje utilizado, la percepción es un poco mayor.

4.4 Relación entre la Cantidad de Biosólido acopiado en invierno, Cantidad de Biosólido en Proceso de Biosecado y los Monitoreos de Olores.

A continuación se presentan los resultados del monitoreo continuo de olores para la localidad El Trebal.

En la Figura 38, se muestra el porcentaje de tiempo de olor semanal obtenido durante el año 2006 – 2007 para la localidad El Trebal.

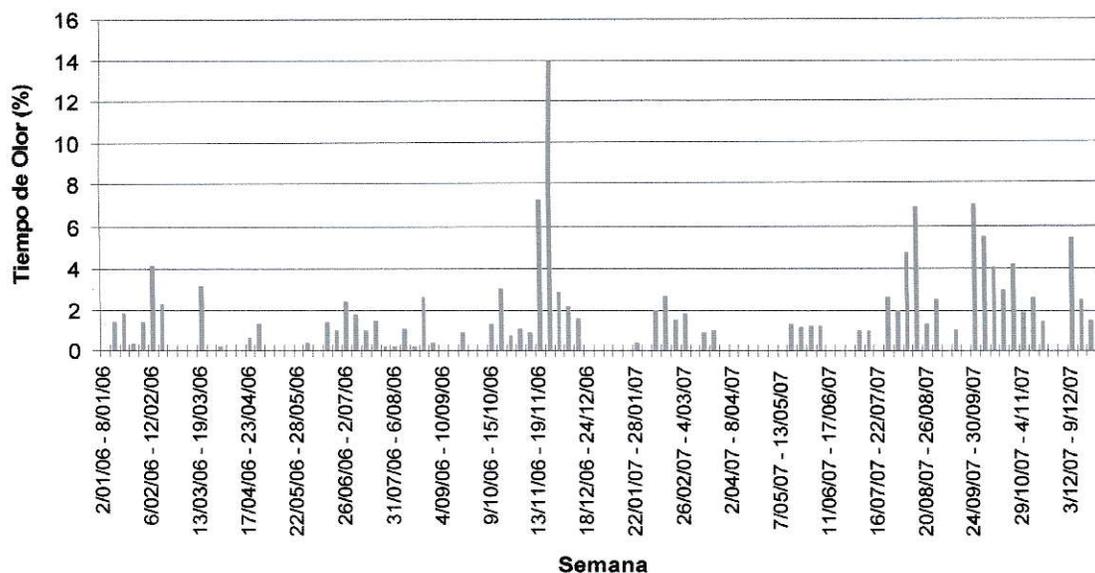


Figura 38. Resultado monitoreo continuo de olores para año 2006 – 2007. Localidad El Trebal.

Se puede apreciar que para las semanas del 13-11-2006 al 26-11-2006, periodo en el cual se comienza la apertura de las pilas de biosólido acumulado de invierno se producen peak de olor, situación que no ocurre para el año 2007 (semana del 5-11-2007 apertura de pila).

La Tabla 15, presenta la cantidad de biosólido acumulado de invierno para los años 2006 y 2007.

Tabla 15. Cantidad de biosólido acumulado de invierno en la cancha de secado. Año 2006 y 2007.

Año	Cantidad de biosólido acumulado ms. (Ton)	Área utilizada (Ha)
2006	8.175	2,18
2007	4.371	1,17

Durante el año 2006, se presentó una mayor cantidad de biosólido acumulado, en comparación al año 2007, provocando los peak de olor en la localidad El Trebal al momento de la apertura de estos.

Además, durante el periodo de invierno 2007 aumentan los porcentajes de tiempo de olor, en comparación al invierno 2006, como se puede observar en la Figura 38.

Finalmente, la Figura 39, presenta la relación entre la cantidad de producción destinada a biosecado y los resultados del monitoreo continuo entre los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre (proceso de biosecado) en los sectores de la Primavera, la Esperanza, Villa El Maitén y localidad El Trebal para el periodo 2006 y 2007.

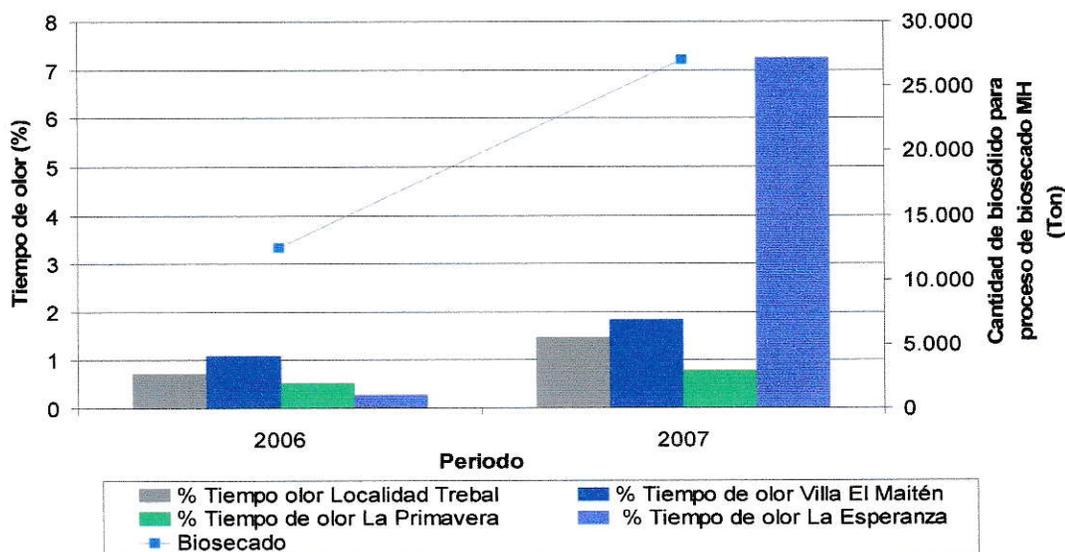


Figura 39. Relación entre la producción de biosólido destinada a biosecado y el monitoreo continuo de olores para cada sector durante el periodo 2006 y 2007.

La Figura 39, demuestra que aumenta la percepción de olor para cada uno de los sectores al aumentar la cantidad de biosólido que se dispone para proceso de biosecado.

4.5 Proceso de Biosecado versus Secado Solar.

Una comparación entre el proceso de biosecado y el proceso de secado solar muestra los siguientes resultados.

La Figura 40, presenta una comparación entre el secado solar realizado entre los meses de noviembre 2007 a marzo 2008, y el biosecado realizado entre los meses de mayo 2007 a septiembre 2007.

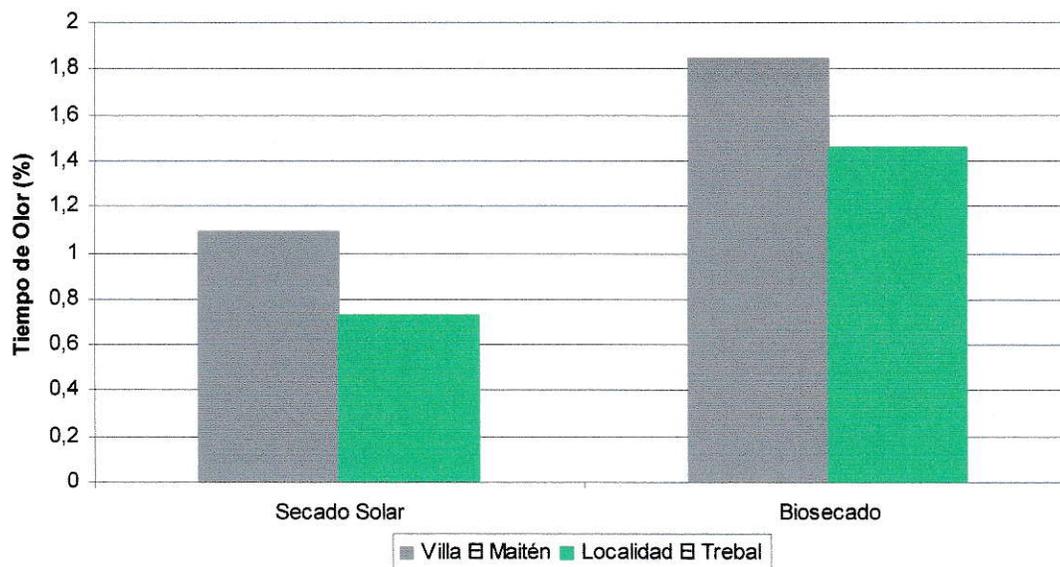


Figura 40. Comparación secado solar y biosecado.

Los resultados indican que tanto para el Sector de Villa El Maitén, como para la localidad El Trebal, aumenta el porcentaje de tiempo de olor durante el proceso de biosecado. Aumentan en 1,7 a 2 veces el tiempo de olor, respectivamente.

4.6 Relación entre la Cantidad de Biosólido en Proceso de Secado Solar y los Monitoreos de Olores.

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante el proceso de secado solar para el año 2008, específicamente desde diciembre 2007 a marzo del 2008.

La Figura 41, muestra la cantidad de días con olores asociados a la cancha en relación a la cantidad de biosólido en cancha para los monitoreos en el punto Cruce RSSP, Villa El Maitén y localidad El Trebal.

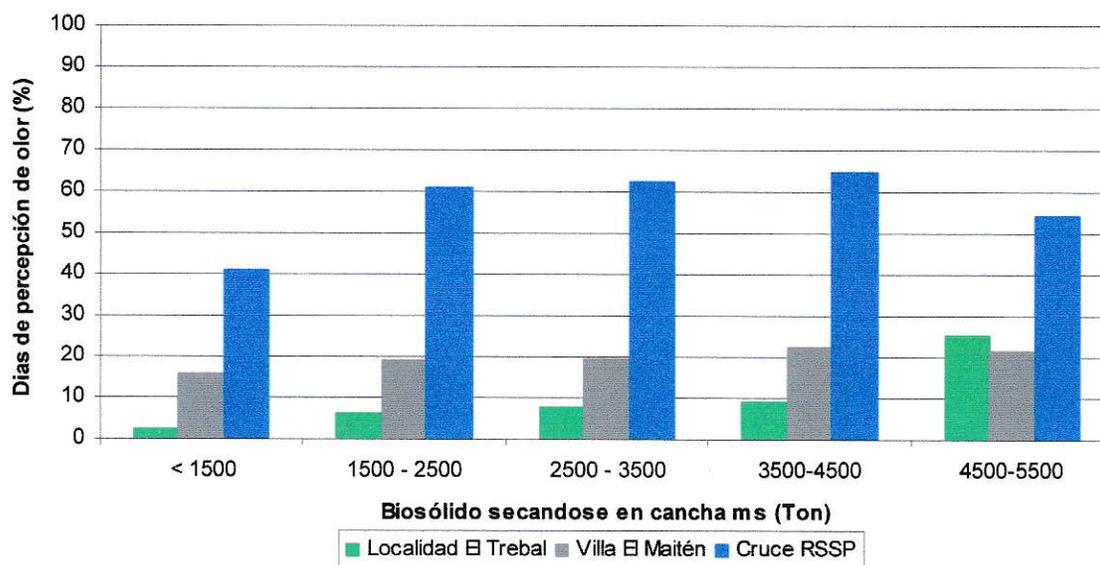


Figura 41. Relación entre la cantidad de días con percepción de olor y la cantidad de biosólido dispuesto para secado solar.

En general, aumenta el porcentaje de frecuencia de eventos de olor al aumentar la cantidad de biosólido dispuesto para ser secado, como es posible apreciar en la Figura 41. Es posible observar este comportamiento para la localidad El Trebal y para el punto Cruce RSSP, sin embargo para el sector de Villa El Maitén el comportamiento en la frecuencia es relativamente constante. El menor porcentaje de días con percepción de olor se presentan cuando la cancha se encuentra con una cantidad menor a 1.500 Ton ms.

4.7 Relación entre el Área utilizada en Cancha y los Resultados del Monitoreo Continuo de Olores.

La Figura 42, presenta la influencia del área utilizada en cancha en el porcentaje de tiempo de olor para el punto Cruce RSSP, localidad El Trebal y el sector de Villa El Maitén.

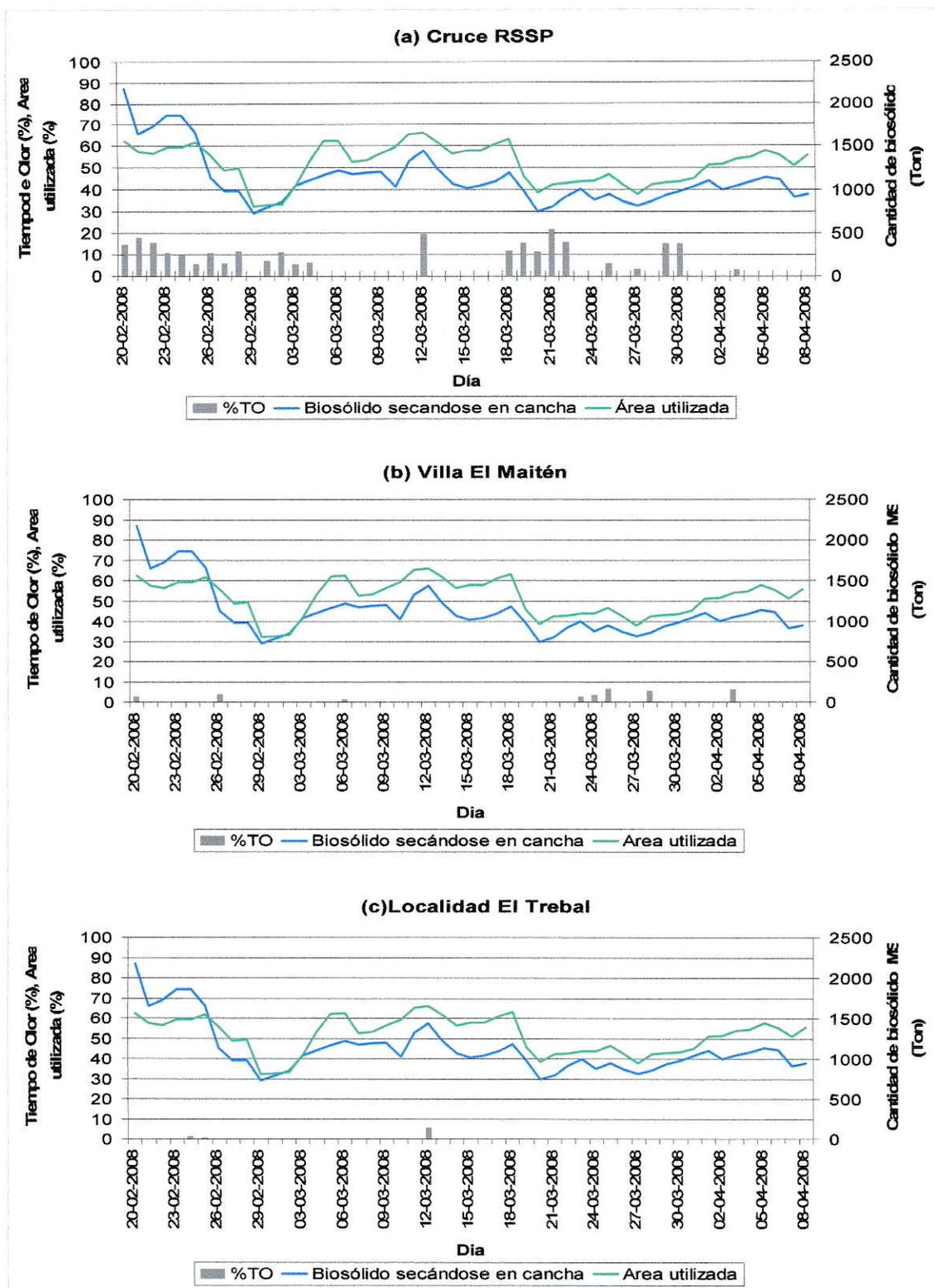


Figura 42. Relación área utilizada en cancha y porcentaje de tiempo de olor. (a) Cruce RSSP. (b) Villa El Maitén. (c) localidad El Trebal.

Es posible apreciar en la Figura 42, que cuando una cierta cantidad de biosólido secándose en cancha, en este caso, menor a 1500 Ton en ms, es dispuesto en una mayor superficie en cancha, específicamente mayor a 50%, disminuyen los eventos de olor. Esta situación es aún más clara, en el punto Cruce RSSP, desde el 5 de marzo al 17 de marzo.

4.8 Relación entre la Cantidad de Biosólido en Proceso de Biosecado y los Monitoreos de Olores.

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante el proceso de secado solar para el año 2008, específicamente desde 9 de abril a 10 de julio del 2008.

La Figura 43 y 44, muestra la relación entre biosólido en cancha, número de pilas en proceso de biosecado y el tiempo de olor en los monitoreos realizados en el Cruce RSSP y el sector de Villa El Maitén.

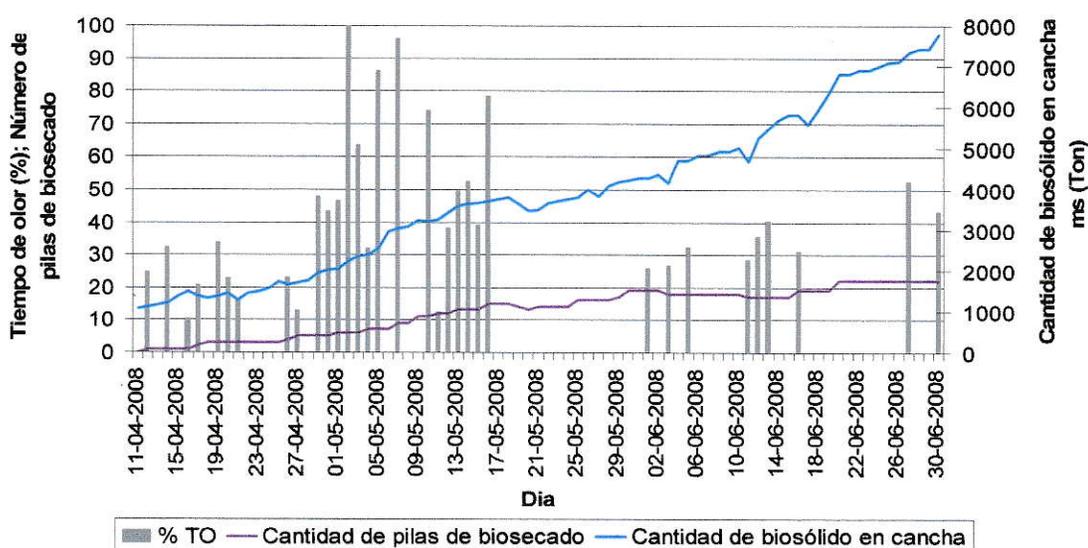


Figura 43. Relación biosecado y porcentaje de tiempo de olor. Punto Cruce RSSP.

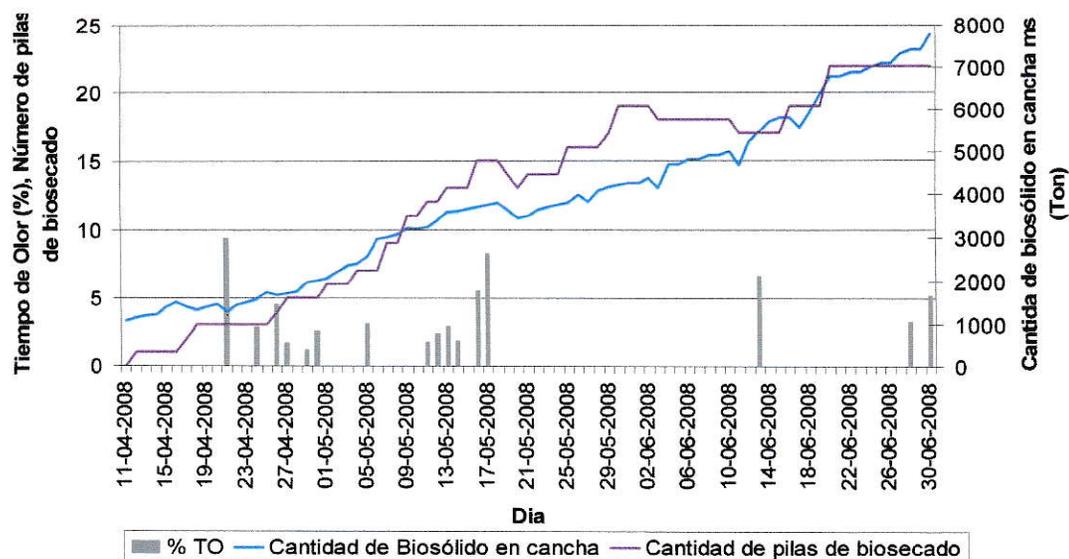


Figura 44. Relación biosecado y porcentaje de tiempo de olor. Sector Villa El Maitén.

Tanto para el punto Cruce del RSSP y el sector de Villa El Maitén, desde la segunda quincena de abril hasta la primera quincena de mayo, se observa en la figura 43 y 44, un aumento en la frecuencia de eventos de olor, que luego no se producen a pesar de tener una mayor cantidad de biosólido en cancha y un mayor número de pilas.

Durante el 25 de abril al 17 de mayo se pasó de 3 a 15 pilas de biosecado, es decir que en 22 días se realizaron 12 pilas (una pila cada 1,8 días), situación que en los años anteriores no se produjo, por la menor cantidad de producción de biosólido que se dispuso para biosecado.

La Tabla 16, presenta una comparación entre el mes de mayo para el año 2007 y 2008 para estos dos sectores analizados.

Tabla 4-6. Comparación mayo 2007 y mayo 2008 en la producción de biosecado y la percepción de olor.

Sector	Mayo 2007				Mayo 2008			
	Tiempo de Olor (%)	Días percibidos (%)	Pilas máx de biosecado	Producción de pilas/día	Tiempo de Olor (%)	Días percibidos (%)	Pilas máx de biosecado	Producción de pilas/día
Cruce RSSP	2,3	18,5	8	1 pila / 3 d	7,8	41,9	18	1 pila / 1,8 d
Villa El Maiten	0,6	9,6	8	1 pila / 3 d	0,8	23	18	1 pila / 1,8 d

La tabla demuestra el aumento en el porcentaje del tiempo de olor y en los días con olor durante el mes de mayo del 2008 en comparación a mayo del 2007, en el cual sólo se realizó una pila cada tres días a diferencia del 2008 en el cual se realizó una pila cada 1,8 día.

Con respecto al sector de La Primavera, los resultados se presentan en la Figura 45, los que muestran los resultados del porcentaje de tiempo de olor desde el 12 de abril hasta el 10 de Julio 2008, en comparación con la cantidad de biosólido en proceso de biosecado.

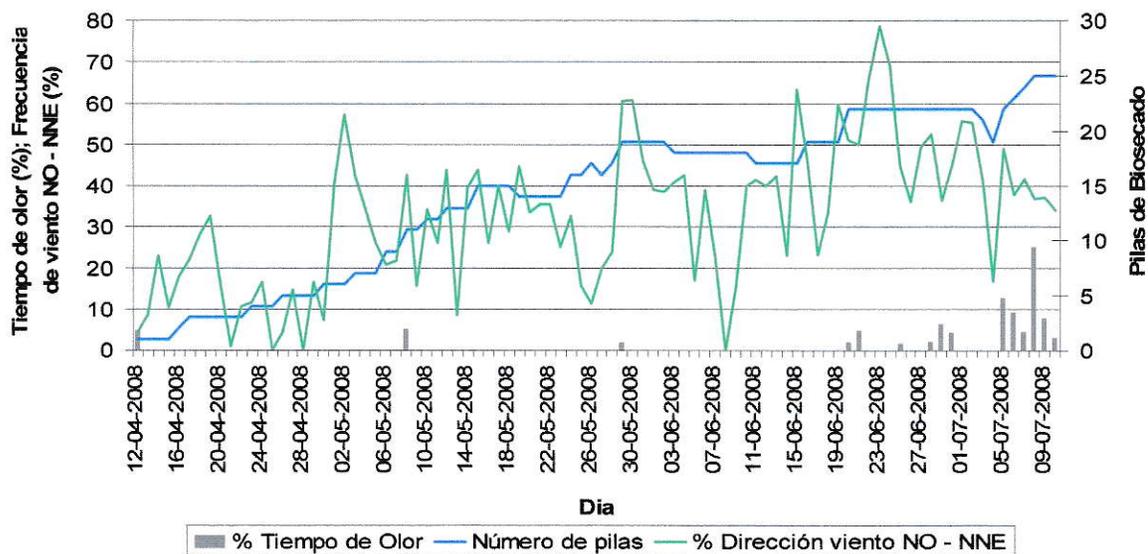


Figura 45. Relación entre el porcentaje de tiempo de olor en el sector La primavera y la cantidad de pilas en proceso de biosecado.

De la figura se desprende, que cuando se supera de 19 pilas en cancha, la frecuencia de eventos de olor es mayor y que cuando se supera de las 22 pilas en proceso de biosecado, se produce evento de olor todos los días en el sector de la Primavera. Además, en la figura, se observa el porcentaje de frecuencia de viento que se dirige hacia este sector, indicando que a partir de junio los vientos van en dirección desde la cancha de secado a La Primavera, descartando la influencia de este en el aumento de los porcentajes de tiempo de olor.

Dado lo anterior, la Figura 46, muestra una comparación entre el año 2007 y 2008 para el periodo desde el 1 de junio en el sector de La Primavera.

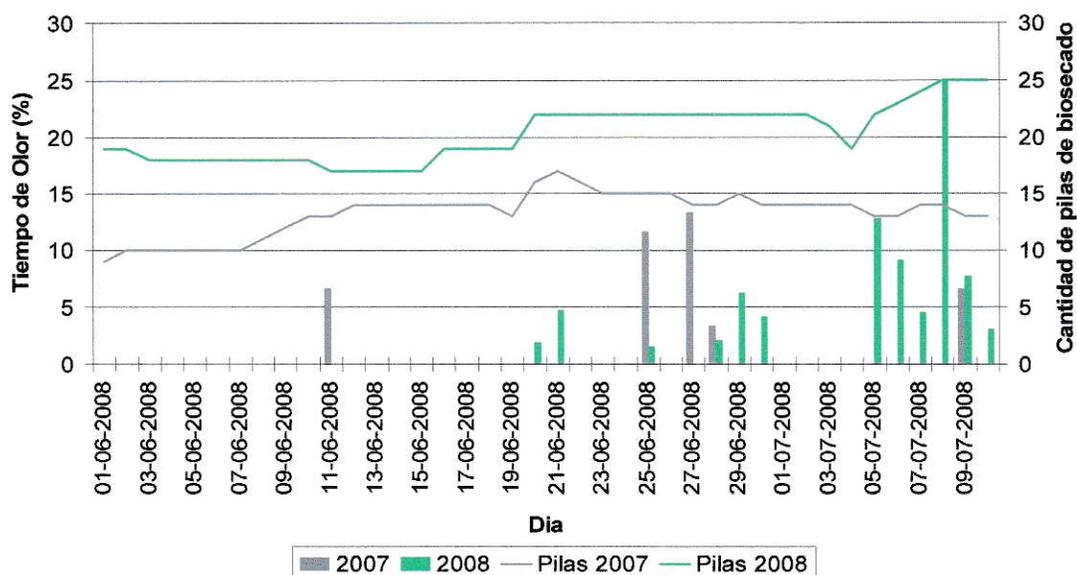


Figura 46. Comparación año 2007 y 2008. Sector La Primavera.

Durante el año 2008 aumenta la frecuencia de eventos de olor en comparación al año 2007, como se demuestra en la Figura 46. Para el año 2007, se produce una

menor frecuencia de eventos de olor, para este mismo año, no se superan de las 20 pilas de biosecado.

4.9 Relación entre la Percepción de Olor, Volteos de Pilas y Periodos de Lluvia.

Al realiza un análisis de la percepción de olor, durante y después de los días de lluvia, se obtienen los siguientes resultados.

La Figura 47, muestra el porcentaje de tiempo de olor en la localidad El Trebal, los días de lluvias y la cantidad de biosólido volteado diariamente en cancha.

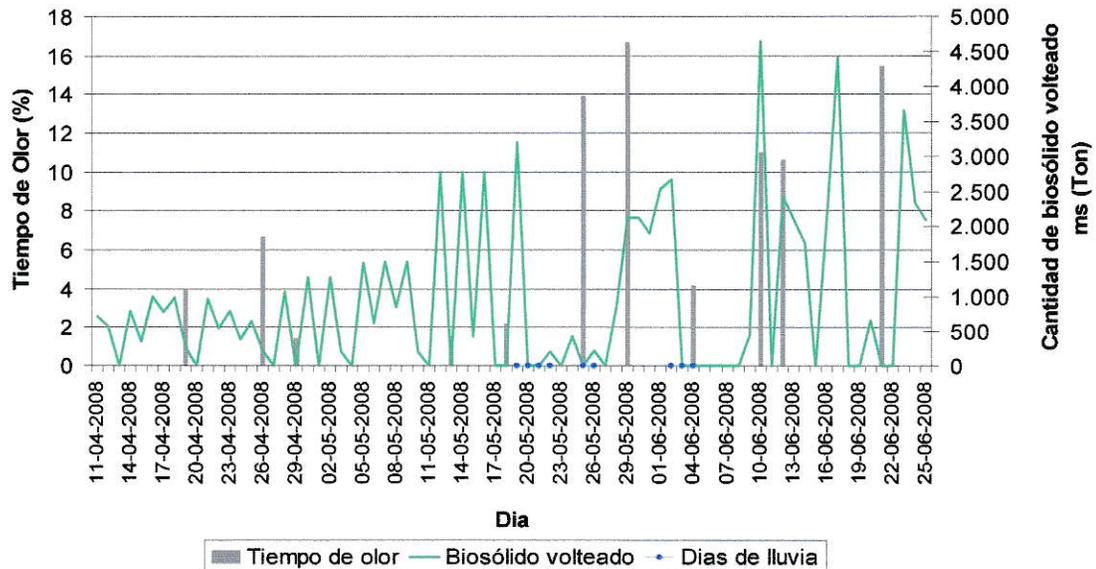


Figura 47. Comparación del porcentaje del tiempo de olor en localidad El Trebal y la cantidad de biosólido volteado en cancha, durante periodos de lluvia.

En la figura se puede apreciar, que durante los periodos de lluvia el biosólido se deja de voltear, luego del cese de las lluvias y de un largo periodo de sin movimiento de las pilas, al comenzar los volteos se presentan peak de olor, como es posible observar para el 29 de mayo y el 10 de junio.

A continuación la Tabla 17, presenta los tiempos de olor producidos en los sectores cercanos a la PTAS El Trebal durante la semana de lluvia del 26 al 31 de mayo del 2008.

Tabla 17. Porcentaje de tiempo de olor diario para los sectores cercanos a la PTAS El Trebal. Semana del 26 al 31 de mayo 2008.

Fecha	TO La Esperanza (%)	TO La Primavera (%)	TO Sede Social (%)	TO Villa El Maitén (%)	TO Cruce RSSP (%)
26-05-2008	0	0	0	0	0
27-05-2008	0	0	0	0	0
28-05-2008	0	0	0	0	0
29-05-2008	20,2	1,89	16,7	0	0
30-05-2008	20,0	0	0	0	0
31-05-2008	0	0	0	0	0

En la tabla, es posible apreciar que al comenzar el volteo posteriormente a la lluvia, no tan sólo afecta a la localidad El Trebal, sino que también a los sectores de La Primavera y La esperanza.

V. DISCUSIÓN

En este capítulo se entregará la interpretación de cada uno de los resultados presentados anteriormente.

5.1 Relación entre Percepción de Olor y Parámetros Meteorológicos.

Para la localidad El Trebal y el sector La Primavera, los mayores registros se presentan a velocidades menores de 1,4 m/s. Este comportamiento se puede explicar que a bajas velocidades la dispersión de los gases se produce alrededor de la fuente de emisión, en este caso, la cancha de secado; como consecuencia de esto los olores llegan a lugares ubicados entre 1,2 y 1,5 Km de la planta.

Además los resultados indican que los mayores registros durante el período primavera-verano se producen en el horario de mañana, mientras que en otoño-invierno los registros se distribuyen a lo largo del día, pero aumentando durante la tarde. La velocidad promedio para el periodo primavera-verano es menor en las mañanas y en las tardes aumenta a velocidades mayores de 5 m/s; mientras que para el periodo otoño-invierno las velocidades durante todo el día son bajas, no superando los 4 m/s, ver Figura 51 del anexo. Dado lo anterior, es posible explicar el comportamiento de los resultados de los registros de olor.

Con respecto a la dirección del viento, se puede mencionar que esta determina hacia que sectores se van a transportar los gases liberados por los biosólidos, influenciando por lo tanto en la percepción de olor, independiente de la situación en la que se encuentre la cancha. Para el sector de La Primavera, a partir del mes de agosto se observa una disminución considerable de los vientos que se dirigen hacia este sector (NO-NNE), provocando la disminución en el porcentaje de registros de olor realizados por los vecinos. Esta situación también es reflejada con los resultados de monitoreo continuo de olores para La Primavera, La esperanza y Villa El Maitén.

Para el caso de La Primavera y La esperanza, los meses en los cuales se producen las mayores frecuencias de vientos hacia estos sectores son durante junio a agosto, mientras que para Villa El Maitén se produce lo contrario, estos serían los meses más favorables y con menor impacto de olores.

5.2 Relación entre la Cantidad de Biosólido Seco trasladado desde la Cancha de Secado al Monofill y los Monitoreos de Olores.

Los resultados indican que durante los periodos en los cuales se traslada una mayor cantidad de biosólido seco al Monofill, se registran las mayores percepciones de olor. Esto demuestra que durante este periodo puede que se estuviera secando una mayor cantidad de biosólido y/o se estuvieran realizando mayores movimientos en la cancha de traslado de este, lo que implicó el aumento en la percepción de los vecinos.

Esto también se observa en las Figuras 32 y 33, en las cuales si se considera que el tiempo de secado óptimo de los biosólidos es entre 5-7 días, coinciden los aumentos de percepción con el aumento de biosólido seco, ver relación en la Figura 52 y Figura 53 del anexo.

Para el mes de marzo 2007, se trasladó la mayor cantidad de biosólido seco, 5.500 Ton ms., lo que corresponde a una producción de 3 meses y 10 días de biosólido centrifugado. Esto no quiere decir que en ese mes se haya secado esa cantidad, ya que los trabajos dependen de la cantidad de operarios y de camiones disponibles, pero esta claro que para ese periodo se debió realizar un mayor trabajo de traslado de biosólidos y quizás un mayor secado de estos, y por lo tanto de movimiento en cancha. Esta situación sólo se produjo para este mes, en todos los periodos de secado solar realizado durante los año 2006 al 2008, lo máximo que se había traslado de biosólido fue de 3.400 Ton ms. mensual, es decir, 2 meses y 2 días de producción de biosólido centrifugado, ver Tabla 18 del anexo.

5.3 Relación entre Área utilizada en Cancha y Resultados de Paneles de Olor.

En relación a los resultados de los Paneles de Olor, estos muestran que sólo para algunos monitoreos se presentan horas de olor, esto se debe a la influencia que los parámetros meteorológicos producen en el transporte de los gases odorantes. Para el caso de la Esperanza, ver Tabla 12, para ninguno de los monitoreos el viento va en

dirección a este sector, dirección NNE-NE, lo que explica que no se produzcan horas de olor, en los monitoreos de los meses octubre, noviembre y enero. Sin embargo, a pesar de que la dirección del viento no es coincidente en la medición del mes de diciembre, se perciben notas de olor asociadas a la cancha de secado. Esto se puede deber a la baja velocidad del viento que se presentaba durante la medición (1,1 m/s), lo que permite que los gases odorantes alcancen este sector.

En los monitoreos en los cuales la dirección del viento va desde la cancha hacia los sectores poblados (La Esperanza dirección NE-NNE y Villa El Maitén dirección SSE-SO), los resultados indican que al aumentar el área utilizada en cancha, aumenta la percepción de olor en los sectores. A pesar de esto, se puede apreciar tanto para la Esperanza y Villa El Maitén, ver Figuras 36 y 37, respectivamente, que la relación no es del todo proporcional. Esto se debe a la influencia que ejerce el viento en la dispersión de los gases, produciendo que estos se concentren, elevando la percepción, a pesar que la cancha se encuentre con una menor cantidad de biosólido y por lo tanto una menor emisión.

5.4 Relación entre la Cantidad de Biosólido acopiado en invierno, Cantidad de Biosólido en Proceso de Biosecado y los Monitoreos de Olores.

Los resultados indican, para la localidad El Trebal (sector más cercano a la Planta), que durante el periodo de otoño – invierno (proceso de biosecado) del 2006 se

percibió menos olor que en el 2007, esto se explica porque durante el primer año se le realizó proceso de biosecado a la producción de biosólido de 2 meses y 2 días, mientras que en el 2007 fue para la producción de 4 meses y medio. Esto no solamente afectó a la localidad El Trebal, sino que también a los otros sectores monitoreados, como indica la Figura 39.

El aumento que se produce en el 2007 en comparación al 2006 fue entre 1,5 y 2 veces para los sectores de Villa El Maitén, localidad El Trebal y La Primavera; mientras que el aumento en el sector de la Esperanza fue en 26 veces. Este mayor aumento en el último sector se debe, como ya se mencionó, a que en invierno aumenta el porcentaje de viento que va en dirección N a ENE y además la influencia que ejerce el Río Mapocho en el transporte de los gases hacia este sector.

La menor cantidad de biosólido que se dispuso para biosecado durante el 2006, provocó que se tuviera una mayor cantidad de biosólido acumulado de invierno. La apertura y el inicio de secado de estos biosólidos generó 2 eventos de olor importantes que se produjeron durante la semana de inicio de la apertura del biosólido de invierno y en la semana siguiente. La acumulación y no movimiento de estos biosólidos genera condiciones favorable para las bacterias, es decir, condiciones anaeróbicas, lo que provoca la mayor generación de gases odorantes como amoníaco, sulfuros y mercaptanos, los que son liberados al momento de la apertura de las pilas.

Para el año 2007, aumentó la cantidad de biosólido que se dispone para biosecado, lo provocó que no se presentaran peak de olor en la localidad El Trebal, al momento de la apertura de los biosólidos que fueron acumulados.

El porcentaje de olor total durante el mes de noviembre (mes que comienza la apertura de pilas) para el año 2006 y 2007 es de 5,82 % y 1,49 %, respectivamente. Se presenta una disminución del 25,6 % durante el 2007 en comparación al año 2006.

Para el año 2006, la cantidad de biosólido acumulado en cancha era de 8.175 Ton ms., las cuales utilizaban un área de 2,18 Ha. Mientras que para el año 2007, la cantidad de biosólido acumulado era de 4.371, ocupando un área de 1,17 Ha. Estos resultados indican que con un área utilizada para biosólido acumulado de invierno de 1,17 Ha es posible evitar los peak de olor.

5.5 Proceso de Biosecado versus Secado Solar.

Estudios realizados para el proceso de biosecado, indican que estos generan una menor cantidad de Sulfuros que el proceso de secado solar. El biosecado genera 114,8 g/Ton ms/ciclo y 707,0 g/Ton ms/ciclo de dimetil sulfuro y dimetildisulfuro, respectivamente; mientras que el proceso de secado solar emite 345,7 g/Ton ms/ciclo y 1244,7 g/Ton ms./ciclo, respectivamente. (Aguas Andinas, 2006).

Lo que no se considera es la generación de otros gases que no son ofensivos como los mencionados anteriormente, es decir, los compuestos orgánicos volátiles, especialmente terpenos. Estos compuestos son emitidos por la madera utilizada como estructurante para el biosecado. Los tipos de madera utilizados para biosecado son el Pino y Eucalyptus, para el caso del Pino, los principales compuestos emitidos al

ambiente son el α pineno, β pineno, el careno y el limoneno (en la Figura 54 del anexo, se presenta un cromatograma con los diversos compuestos presentes en esta madera). Esto explica que los resultados demuestren que el proceso de biosecado produce mayores porcentaje de tiempo de olor durante todo el período de realización que el proceso de secado solar. Sin embargo, debe ser considerado que el biosecado presenta un tono hedónico menor al del secado solar, es decir es menos agresivo, escenario que fue comprobado en terreno.

5.6 Relación entre Cantidad de Biosólido en Proceso de Secado Solar y los Monitoreos de Olores.

Al aumentar la cantidad de biosólido en proceso de secado solar aumentan los días en los cuales se generan eventos de olor.

En la Figura 41, es posible observar que cuando la cancha tiene una cantidad de biosólido en proceso de secado menor o igual a 1.500 Ton ms., se producen una menor cantidad de días con eventos de olor. Para el caso del punto Cruce RSSP los días con percepción de olor son menores al 50% y para localidad El Trebal es de 2,3%. A medida que va aumentando la cantidad de biosólido en proceso de secado solar van aumentando los días con percepción de olor, pero el aumento es paulatino para los sectores poblados de Villa El Maitén y localidad El Trebal. Sin embargo, al sobrepasar de 4.500 Ton ms. de biosólido en proceso de secado en cancha, se presenta un aumento en la percepción de olor en la localidad el Trebal. Aumenta desde un 9% de

días con percepción de olor (cancha con una cantidad de biosólido menor a 4.500 Ton ms) a 25,2% al superar esta cantidad de biosólido, presentándose una disminución del 35,7% de días con percepción de olor.

Estos resultados indican que las condiciones más favorables en la cuales se puede presentar la cancha durante la utilización de secado solar, es con 1.500 Ton en ms de biosólido, es decir, 27 días de producción de biosólido. Sin embargo, es posible que la cancha de secado disponga hasta 4.500 Ton en ms de biosólido, es decir, 2 meses y 22 días de producción, sin provocar un aumento considerable en la frecuencia de eventos de olor en los sectores poblados.

5.7 Relación entre Área utilizada en Cancha y los Resultados del Monitoreo Continuo de Olores.

A pesar de que los resultados del análisis de los paneles de olor y el área utilizada en cancha indican que, al aumentar el área en cancha con biosólido aumenta la percepción de olor. Es posible notar, con los resultados del análisis con los caminantes que al extender en un mayor área el biosólido, es posible disminuir la percepción y los días de olor. Con los resultados de los paneles de olor no es posible obtener este tipo de resultados, ya que son una medición mensual, mientras que para el monitoreo continuo, son mediciones diarias.

Los resultados indican que al disponer 1.500 Ton ms. o menos cantidad en un área mayor al 50 %, disminuye el porcentaje de tiempo de olor. Esto se explica porque al disminuir la altura de las pilas, no se propician las condiciones anáerobicas para que los microorganismos generen los gases odorantes.

Con una cantidad en cancha menor o igual a 1.500 Ton ms de biosólidos, dispuestos en un área menor al 50 % se tiene para el punto Cruce RSSP y para el sector Villa El Maitén un porcentaje de tiempo de olor de 7,7 % y 1 %, repectivamente. Mientras que con la misma cantidad, pero dispuesta en un área mayor al 50 % se obtiene para el punto Cruce RSSP y para el sector Villa El Maitén un porcentaje de tiempo de olor de 2,46 % y 0,47 %, respectivamente, presentándose con esto una disminución de 28 % y 47 %.

5.8 Relación entre la Cantidad de Biosólido en Proceso de biosecado y los Monitoreos de Olores.

Para el punto Cruce RSSP y el sector de Villa el Maitén, los resultados muestran que al realizar un mezclado de las pilas de biosecado en periodos cortos de tiempo aumenta el porcentaje de tiempo de olor. Esto se debe a que luego de que las pilas de biosecado son armadas, estas se mezclan (momento en el cual se comienza a realizar el proceso de biosecado en las pilas), provocando como consecuencia la emisión de gases odorantes. Sólo para el año 2008, se provoca esta situación, debido a que para

los años anteriores se realizó una menor cantidad de biosecado. En la Tabla 16, se observa que para el mismo período durante el 2007, tanto el tiempo de olor, como los días con percepción son menores, así también como la cantidad de pilas en cancha y la producción de pilas/días.

Los resultados para el sector de La Primavera demuestran que cuando se superan de las 19 pilas (7.676 Ton de biosólido centrifugado) de biosecado aumentan los porcentajes de tiempo de olor y los días con percepción. Esta situación no se produjo en el año 2007 para el periodo junio – julio, ya que en ningún caso se superó las 19 pilas y el máximo alcanzado fue de 16.

En resumen, para evitar eventos de olor, no se debe superar de las 19 pilas de biosecado en cancha, es decir, no disponer una cantidad mayor a 7.676 Ton de biosólido centrifugado en proceso de biosecado, lo que conlleva el acopio del biosólido durante este periodo. Además se debe considerar el período de mezclado de las pilas, el cual sea en una tasa menor a 1,8 pilas/día, es decir, que aumenten los días por pila mezclada.

5.9 Relación entre Percepción de Olor, Volteos de Pilas y Periodos de Lluvia.

En los periodos de lluvia se dejan de voltear las pilas de biosecado para que estas no se humedezcan, y posteriormente al reanudar los volteos se producen peak de olor. La lluvia, provoca que las pilas permanezcan sin movimiento durante 7 – 8 días, lo que favorece condiciones anaeróbicas en ellas, como consecuencia de ello, los microorganismos generan una mayor cantidad de gases odorantes como amoniac, dimetil sulfuro y sulfuro de hidrógeno, entre otros. Estos gases generados, quedan retenidos al interior de la pila y luego de reanudarse el movimiento, son liberados.

VI. CONCLUSIONES

En base a los resultados analizados se puede concluir lo siguiente:

De todas las variables analizadas, se pueden dividir entre las que pueden ser manejables y las que no pueden ser manejables para así disminuir los eventos de olor, en los sectores cercanos a la PTAS El Trebal. Dentro de las variables que se pueden manejar se encuentran:

- El área utilizada en cancha.
- La cantidad de biosólido dispuesto para proceso de secado solar como biosecado (número de pilas)
- Cantidad de biosólido centrifugado acopiado en cancha en el periodo de invierno
- Cantidad de biosólido seco trasladado desde la cancha al Monofill
- Tiempo que transcurre entre el mezclado de las pilas de secado.
- Volteos después de los periodos de lluvia.
- Horas de volteos durante mañana y tarde

Entre las variables que no se pueden manejar se encuentra las meteorológicas como:

- Dirección del viento.
- Velocidad del viento.

El análisis de cada una de estas variables, permitió definir los siguientes criterios de operación en la cancha de secado de biosólidos:

- Durante el período primavera-verano, la cantidad de biosólido en cancha no debe superar las 4.500 Ton ms de biosólido (2 meses y 22 días de producción), el cual puede estar dispuesto en cancha como secado solar y/o como biosólido centrifugado acumulado de invierno.
- Durante los meses de menor velocidad del viento (junio-julio) no se debe tener en cancha más de 19 pilas de biosecado activas (7.676 Ton de biosólido centrifugado dispuesto para biosecado), es decir, 1 mes y 5 días de producción de biosólido centrifugado.
- El período que debe transcurrir, entre el primer mezclado de una pila y el primer mezclado de otra no debe ser en un periodo promedio menor a 2 días. Se recomienda realizar el primer mezclado una pila cada 3 días (como valor promedio).
- Cuando en la cancha se encuentre una cantidad menor o igual a 1.500 Ton ms de biosólido en proceso de secado solar (condición más favorable), este se debe extender de tal manera que utilice un área mayor al 50 %.
- Se debe mantener un traslado máximo de la cancha al Monofill de 3.400 Ton ms mensual de biosólido seco (2 meses y 2 días de producción). En ningún

caso debe trasladarse una cantidad de biosólido de 5.500 Ton ms mensual (3 meses y 10 días de producción de biosólido centrifugado).

- Es posible acopiar durante el periodo de invierno hasta 1,17 Ha de biosólido, que corresponde a 4.371 Ton ms.
- No mantener las pilas de biosecado sin movimiento (sin volteo) por más de 7-8 días, durante los periodos de lluvia.
- Durante los meses de junio a agosto se debe tener precaución con los posibles impactos producidos por el movimiento en cancha en el sector de La Esperanza y La Primavera, mientras que en el periodo de octubre a mayo tener mayor precaución en el sector de Villa El Maitén.
- Tener cautela con los movimientos de volteo realizados en la cancha cuando la velocidad del viento es menor a 1 – 1,4 m/s.
- Finalmente, se debe tener precaución con los movimientos realizados en cancha durante las mañanas para los meses de primavera – verano y durante todo el día para los meses de otoño – invierno, en especial en horario de la tarde, en donde se produce una mayor cantidad de vientos calmos.

Cada uno de los criterios establecidos, son resumidos en el esquema presentado en la Figura 48

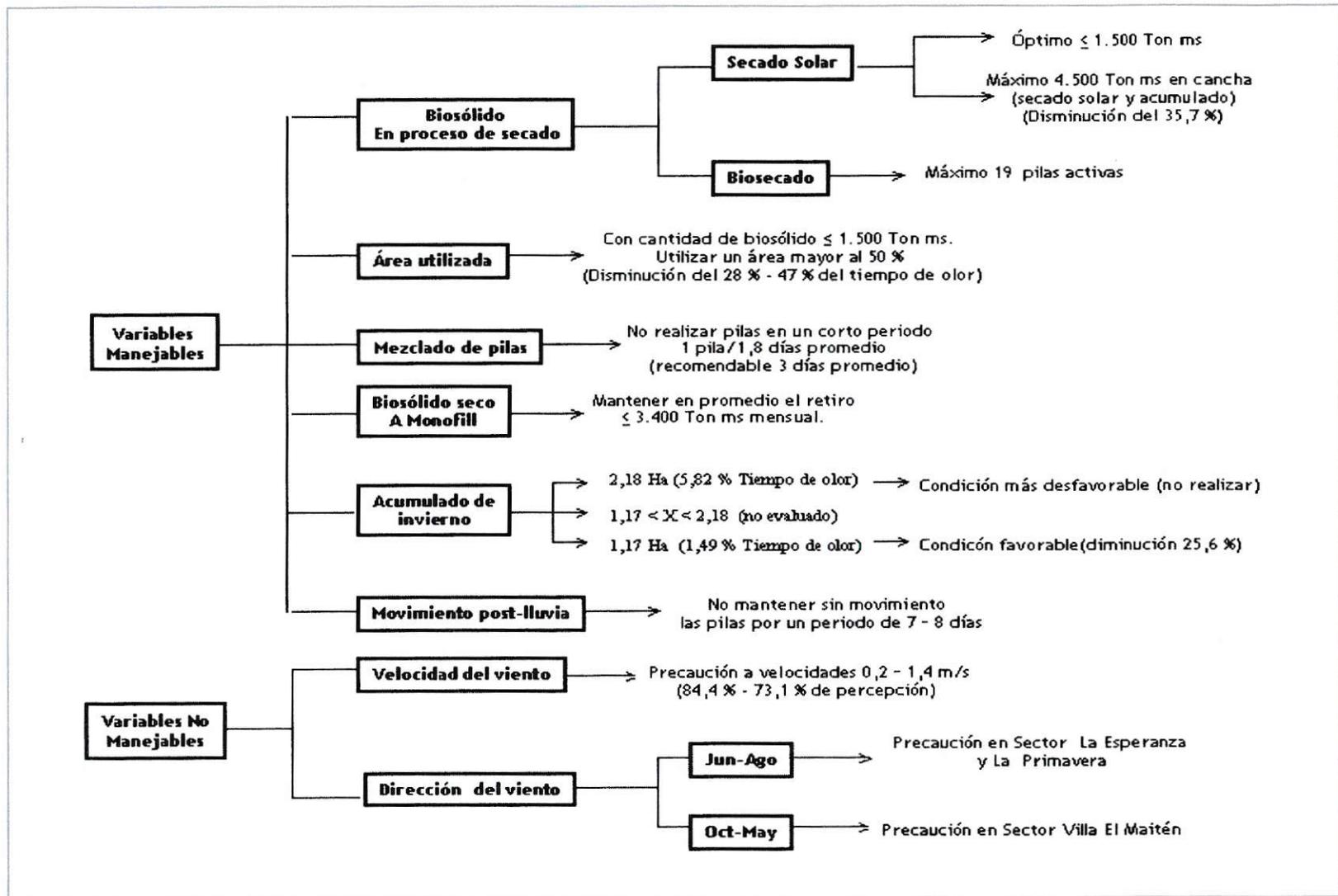


Figura 48. Esquema resumen de criterios de operación.

Si bien los parámetros meteorológicos, no son posible controlar, estos sirven como instrumento para saber los sectores que serán impactados en un cierto período de tiempo y mantener precauciones al momento de estar operando la cancha. Por lo tanto, mantener siempre la información en línea de la meteorología, permite tomar la decisión de continuar o detener los movimientos en la cancha.

Es importante agregar que para mantener un control en la emisión de gases odorantes y por lo tanto en la percepción provocada en cada uno de los sectores, es necesario seguir realizado un continuo registro de las diferentes variables de la cancha de secado, cantidad de biosólido, área utilizada, biosólido seco trasladado de la cancha al Monofill, volteos realizados en cancha. Según esto será posible, tomar las decisiones correctas de manejo.

Finalmente, debido al cumplimiento de cada uno de los objetivos establecidos al inicio del estudio, ha permitido definir como lineamiento de estudio la posibilidad de establecer criterios de operación para cualquier otro foco emisor que pueda provocar un impacto de olores en sectores cercanos a este. Este puede ser el caso para el “Centro de Gestión integral de Biosólidos”, proyecto que actualmente se encuentra en calificación ambiental, y que contempla almacenar y acondicionar los biosólidos tanto para reuso o para su disposición final.

Adicionalmente, como otro lineamiento de estudio es posible la utilización de los modelos de dispersión de olores, los cuales proporcionan información de lo que sucede alrededor (la pluma de dispersión) del foco en estudio a una determinada tasa de emisión (unidades de olor). Con esto sería posible determinar, a diferentes tasa de

emisión de olor, en donde se supera el límite de inmisión establecido. Esto permitiría afinar los criterios definidos en este estudio, utilizando como referencia los límites establecidos en otros países, debido a que actualmente en Chile no existe normativa de inmisión de olor.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2004. Toxicology Profile for Ammonia. U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service.

Aguas Andinas S.A. 2006. Declaración de Impacto Ambiental. Proyecto Optimización y Mejoramiento en la Gestión de la PTAS El Trebal.

American Society of Civil Engineers & Water Environment Federation. 1995. Odor Control in Wastewater Treatment Plants. ASCE Publications. Pp 4 – 9. Pp 11-13.

Both, R. J. Koch, E. 2005. Regulación del Olor en Alemania. Un Sistema Mejorado Incluyendo la Intensidad de Olor, Tono Hedónico y Molestias por Olores.

Bradley, A. 2004. Choosing the Most Effective Odor Measurement Technique. En: Conferencia anual PNWIS (4º, 2004, Pórtland). Spokane, Gonzaga University, Facultad de Ingeniería.

Canales, P. Bórquez, B. Vega, J. 2007. La Contaminación por Olores y su Regulación en la Legislación Nacional y Extranjera (España y Alemania). Pp 13.

Centro de Información Toxicológica de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica de Chile. 2006. Informe Bibliográfico de 6 Gases Detectados por la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas “La Farfana”. Pp 10-11. Pp 28-29.

Chamy, R. Avances en Biotecnología Ambiental: Tratamiento de Residuos Líquidos y Sólidos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Pp 217.

Determination and Assessment of odour in ambient air. Guideline on odour in ambient air / GOAA. Alemania. Mayo 1998.

Draeger Safety Inc. Miniwarn. [En línea]. <http://www.draeger.com/ST/internet/US/en/Products/Detection/PortableInstruments/MultiGasMonitors/Miniwarn/pd_miniwarn.jsp>. [Consulta: 15 julio 2008].

D.S. N° 144. 1961. Establece Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de Cualquier Naturaleza. Ministerio de Salud, Santiago, Chile.

D.S. N° 167. 1999. Norma de Emisión para Olores Molestos. Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Santiago, Chile.

El Nobel del Olfato. 2004. [En línea]. <<http://javarm.blogalia.com/historias/22183>>. [Consulta: 29 Abril 2008].

Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S.A. Estudio de Impacto Ambiental Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Santiago Sur. Resumen Ejecutivo. 1996.

Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S.A. Estudio de Impacto Ambiental. Proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Farfana. 2000.

Environmental Protection Agency. 2000. Biosolids and Residuals, Management Fact Sheet, Odor Control in Biosolids Management. [En línea]. <http://www.epa.gov/owm/mtb/odor_control-biosolids.pdf>. [Consulta: 31 enero 2008].

Fernandez M. Y col. 2002. Sistema de Gestión Ambiental para una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (caso El Trebal). Tesis (Diplomado en Gestión de Salud Ambiental), Santiago, Chile. Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ciencias Médicas. Pp 46.

Guía Alemana VDI 3940. Determination of Odorants in Ambient Air by Field Inspections. Bundesanzeiger (Federal Gazette). 1993. Berlín, Alemania.

La Olfatometría. 2004. [En línea]. <<http://www.olores.org/laolfatometria.htm>>. [consulta: 1 Abril 2008].

Legislación. 2004. [En línea]. <<http://www.olores.org/legislación.htm>>. [Consulta: 14/02/2008].

Ley N° 91. Ley para el Control de Olores Ofensivos. 1971. Tokyo, Japón.

Maturana, C. 2007. Evaluación del Desempeño de Estructurantes para el Proceso de Biosecado de Biosólidos en la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal. Tesis (Ingeniero de Ejecución Químico), Santiago, Chile. Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería.

Metcalf & Eddy. 1995. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización. 3ª Ed. McGraw-Hill. Pp 436-437, 480-483, 865-867, 871-873.

Metcalf & Eddy. 2003. Wastewaters Engineering: Treatment and Reuse. 4a Ed. McGraw-Hill. Pp 72.

Método Colorimétrico. [En línea]. <<http://www.olores.org/metodoscolorimetricos.htm>>. [consulta: 28 Marzo 2008].

Narices Electrónicas. 2004. [En línea]. <<http://www.olores.org/nariceselectronicas.htm>>. [consulta: 28 Marzo 2008].

Olores. 2004. [En Línea]. <<http://www.olores.org/olores.htm>>. [Consulta: 16 Enero 2008].

Overview of relevant legislation with regard to control of odour releases and odour nuisance. [En línea]. <<http://www.odournet.com/es/legislation.html#2>>. [Consulta: 29 Abril 2008].

Proyecto de Ley. Modifica la Ley 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente definiendo y estableciendo sanciones a la contaminación odorífera. Boletín N° 4982-12. Abril 2007. Cámara de Diputados, Valparaíso, Chile.

Proyecto de Ley. Modifica la Ley 19.300, de Bases Generales del Medio Ambiente, en relación a la contaminación olfativa. Boletín N° 4846-12. Enero 2007. Cámara de Diputados, Valparaíso, Chile.

RWDI AIR Inc. 2005. Final Report Odor Management in British Columbia: Review and Recommendations. Canada. Pp 97-100. Pp 97-100.

Sancho, J. Bota, E. De Castro J. 2001. Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos. Edicions Universitat de Barcelona. Pp 64.

Superintendencia de Servicios Sanitario. 2007. Informe Anual de Coberturas Urbanas de Servicios Sanitarios 2007. [En línea]. <<http://www.ssis.cl/article-6025.html>>. [Consulta: 3 septiembre 2008].

St. Croix Sensor, INC. 2004. El Olfatómetro de Campo Nasal Ranger. Manual de Operación. [En línea]. <http://www.nasalranger.com/Operations/NR_Manual_de_Operación_en_espanol_v6_0_2.pdf>. [Consulta: 28 marzo 2008].

Tchobanoglous, G. 1994. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Madrid. McGraw – Hill.

Toro, S. 2005. Estudio y Modelación de Olores Producidos por Amoniaco, emitidos desde La Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Farfana. Tesis (Ingeniero de Ejecución en Ambiente). Santiago, Chile. Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería. Pp 37.

UNE-EN 13725. 2004. Calidad del Aire. Determinación de la Concentración de Olor por Olfatómetría Dinámica. Madrid, España. Pp 11.

Vega, F. 2008. Reducción de la Emisión de Gases a la Atmósfera desde los Estanques de Acumulación de Lodos Digeridos Anaerobios. Memoria (Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad Técnica Federico Santa María, Facultad de Ingeniería.

WHO. 2003. Concise International Chemical Assessment Document 53: Hydrogen Sulfide. Organización Mundial de la Salud.

ANEXO

Resultado fichas de Registros localidad El Trebal.

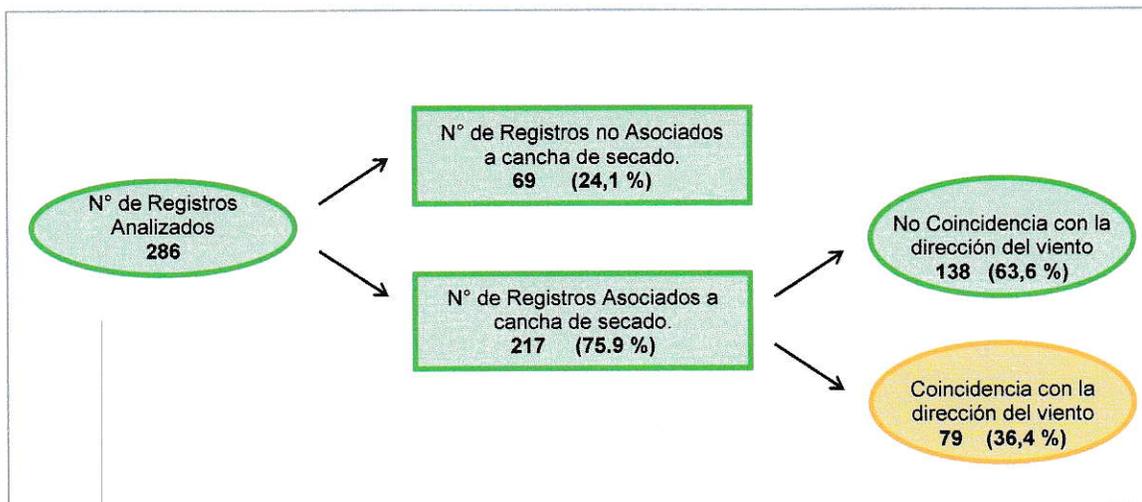


Figura 49. Resultados ficha de registros localidad El Trebal.

Los resultados indican que 79 de los 286 registros analizados efectivamente provienen de la cancha de secado.

Resultado Fichas de Registros sector La Primavera.

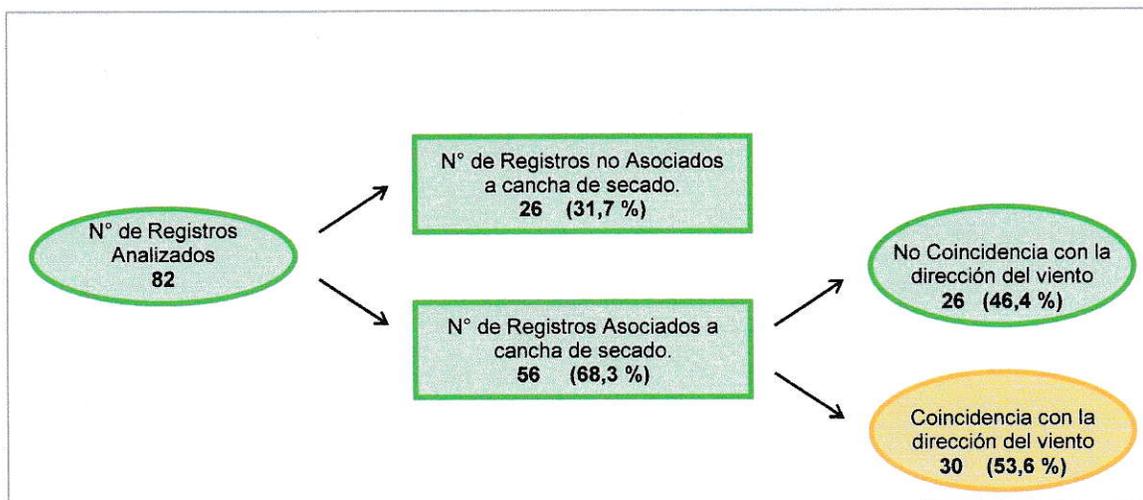


Figura 50. Resultados ficha de registros sector La Primavera.

Los resultados indican que 30 de los 82 registros analizados efectivamente provienen de la cancha de secado.

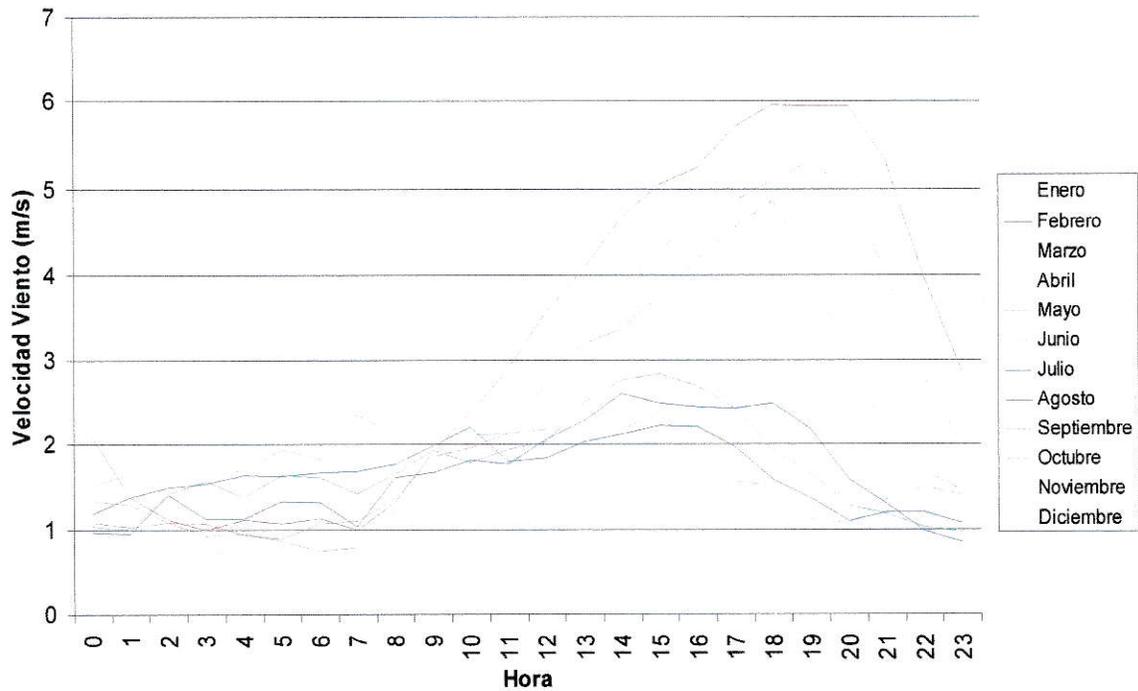


Figura 51. Velocidad del viento promedio horario mensual. Estación Meteorológica PTAS El Trebal.

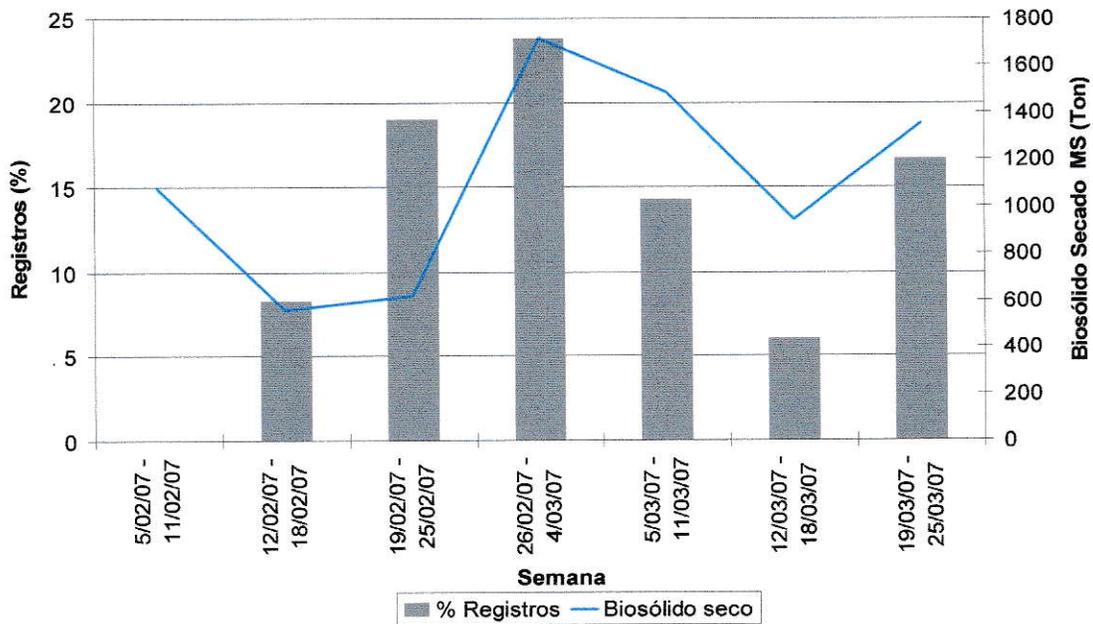


Figura 52. Relación entre biosólido seco trasladado desde la cancha al monofill y percepción de olor semanal en localidad El Trebal, suponiendo un tiempo de secado óptimo de los biosólido

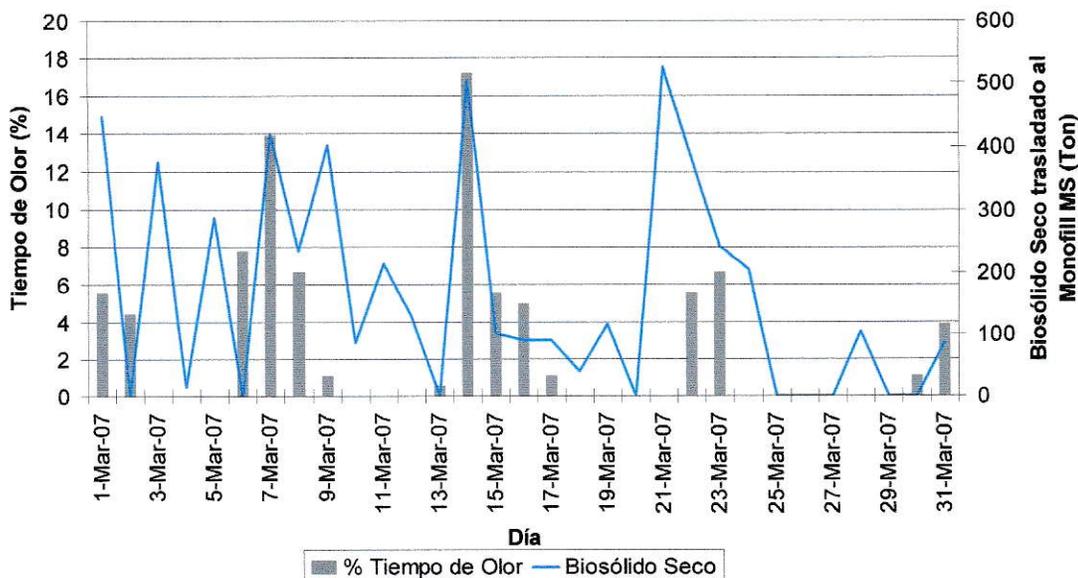


Figura 53. Relación entre biosólido seco trasladado desde la cancha al monofill y percepción de olor diaria en sector Villa El Maitén durante el mes de marzo, suponiendo un tiempo de secado óptimo de los biosólido

Tabla 18. Porcentaje de tiempo de olor para el sector de Villa El Mantén y cantidad mensual de biosólido seco trasladado desde la cancha al Monofill. Periodo Enero 2006 a Marzo 2008.

Mes	Tiempo de olor (%)	Biosólido seco trasladado Ton ms.
Enero '06	0,20	3.312
Febrero '06	1,57	2.741
Marzo '06	1,70	992
Abril '06	0,54	53
Mayo '06	2,19	0
Junio '06	2,47	0
Julio '06	0,42	62
Agosto '06	0,94	78
Septiembre '06	0,35	0
Octubre '06	0,52	47
Noviembre '06	0,05	582
Diciembre '06	0,03	1.997
Enero '07	0,49	2.700
Febrero '07	0,65	3.316
Marzo '07	3,64	5.492
Abril '07	1,03	697

Mayo '07	0,66	141
Junio '07	0	0
Julio '07	3,15	0
Agosto '07	2,11	0
Septiembre '07	2,89	0
Octubre '07	4,08	0
Noviembre '07	1,97	1.265
Diciembre '07	1,47	2.689
Enero '08	1,46	3.430
Febrero '08	0,33	758
Marzo '08	0,62	0

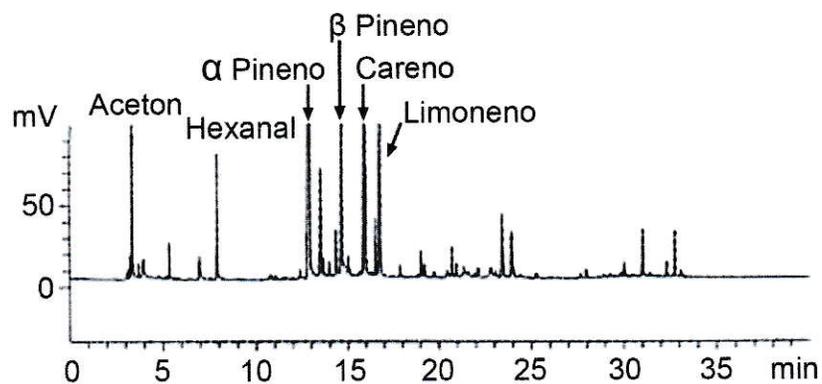


Figura 54. Cromatograma que indica los diversos compuestos presentes en la madera.