

# **ELABORACIÓN DE GUÍA DE APLICACIÓN AL SUELO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

**SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG)**

***"SUSTENTO TÉCNICO"***

***"GUÍA DE APLICACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN SUELO"***

## INDICE

	<i>Páginas</i>
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
1.1 OBJETIVO .....	5
1.2 ALCANCES .....	5
1.3 CONTENIDOS .....	5
<b>2 MARCO GENERAL .....</b>	<b>7</b>
2.1 CONTEXTO LEGAL .....	7
2.2 REVISIÓN DE PROYECTOS APROBADOS EN EL SEIA .....	8
2.2.1 <i>Letras L, del RESEIA</i> .....	9
2.2.2 <i>Letras N del RESEIA</i> .....	12
2.2.3 <i>Letras O del RESEIA</i> .....	17
2.3 REVISIÓN DE APL .....	17
2.3.1 <i>Industrias Procesadoras de Frutas y Hortalizas</i> .....	18
2.3.2 <i>APL Productores de Cerdos</i> .....	19
2.3.3 <i>APL Sector Productores de Salmón y Trucha</i> .....	19
2.3.4 <i>APL Sector Exportador de Merluza del Sur</i> .....	19
2.3.5 <i>APL Sector Talleres de Redes</i> .....	20
2.3.6 <i>APL Sector Plantas Elaboradoras de Productos Congelados</i> .....	20
2.3.7 <i>APL Sector Vitivinícola</i> .....	20
2.3.8 <i>APL Sector Pisquero</i> .....	21
2.4 REVISIÓN DE LAS NORMATIVAS A NIVEL NACIONAL .....	21
2.4.1 <i>Norma de Calidad de Compost (NCh 2880.Of2004)</i> .....	21
2.4.2 <i>Proyecto de Reglamento de Manejo de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas</i> .....	22
2.4.3 <i>Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados</i> .....	22
2.4.4 <i>Circular 9G/20 MINSAL Sobre Aplicación de Guanos al Suelo</i> .....	23
2.4.5 <i>Reglamento Ley Fomento Forestal</i> .....	23
2.4.6 <i>Programa Sanitario General de Manejo de Desechos de Moluscos</i> .....	23
2.5 NORMAS EXTRANJERAS .....	24
<b>3 SELECCIÓN DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS .....</b>	<b>26</b>
<b>4 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS .....</b>	<b>28</b>
4.1 ELABORACIÓN DE PRODUCTOS EN BASE A VEGETALES ACUÁTICOS .....	28
4.1.1 <i>CIIU 151230 – Producción de Agar-Agar</i> .....	28
4.2 ACTIVIDAD AGROINDUSTRIAL .....	28
4.2.1 <i>CIIU 151300 – Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas</i> ..	29
4.2.2 <i>CIIU XXXX Elaboración de jugos concentrados de fruta</i> .....	31
4.2.3 <i>CIIU XXXXX Packing de Fruta y Hortalizas</i> .....	31
4.2.4 <i>CIIU XXXXX Deshidratado de Fruta y Hortalizas</i> .....	32
4.3 CIIU 1511XX PRODUCCIÓN, PROCESAMIENTO DE CARNES ROJAS Y PRODUCTOS CÁRNICOS .....	33
4.3.1 <i>CIIU 151110 Mataderos</i> .....	33

4.4	CIIU 051XXX CULTIVO DE ESPECIES ACUÁTICAS .....	34
4.4.1	<i>CIIU 051010 Cultivo de especies acuáticas en cuerpo de agua dulce.</i> .....	34
4.4.2	<i>CIIU 051020 Reproducción y crías de peces marinos.</i> .....	35
4.5	CIIU 1512XX PROCESAMIENTO ESPECIES ACUÁTICAS .....	35
4.5.1	<i>CIIU 151222: Fabricación de productos congelado de pescado y mariscos</i> .....	35
4.5.2	<i>CIIU 151221: Fabricación de productos enlatados de pescados y mariscos</i> .....	36
4.6	BEBIDAS FERMENTADAS .....	37
4.6.1	<i>CIIU 155110: Elaboración de piscos (industrias pisqueras).</i> .....	37
4.6.2	<i>CIIU 155200: Elaboración de vinos.</i> .....	37
4.6.3	<i>CIIU 155300: Elaboración de bebidas malteadas, cervezas y maltas.</i> .....	38
<b>5</b>	<b>FACTORES A CONSIDERAR EN EL ÁREA DE APLICACIÓN .....</b>	<b>39</b>
5.1	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS .....	39
5.1.1	<i>Precipitaciones</i> .....	39
5.1.2	<i>Temperatura</i> .....	39
5.1.3	<i>Vientos dominantes</i> .....	39
5.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS GENERALES .....	40
5.2.1	<i>Cartografía</i> .....	40
5.2.2	<i>Hidrología (aguas superficiales y subterráneas)</i> .....	40
5.2.3	<i>Geología y Geomorfología</i> .....	40
5.3	CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS GENERALES .....	40
5.4	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO .....	41
5.4.1	<i>Características Físicas del suelo</i> .....	41
5.4.2	<i>Características Químicas del suelo</i> .....	41
5.4.3	<i>Metales Pesados</i> .....	41
<b>6</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PRE-TRATAMIENTO .....</b>	<b>44</b>
6.1	TRATAMIENTO QUÍMICO .....	44
6.1.1	<i>Estabilización con cal</i> .....	44
6.2	TRATAMIENTO MECÁNICO .....	44
6.2.1	<i>Trituración</i> .....	44
6.2.2	<i>Prensado</i> .....	45
6.3	TRATAMIENTO TÉRMICO .....	47
6.3.1	<i>Secado</i> .....	47
6.3.2	<i>Solarización</i> .....	48
6.3.3	<i>Pasteurización</i> .....	49
6.4	TRATAMIENTO BIOLÓGICO .....	49
6.4.1	<i>Compostaje</i> .....	49
6.4.2	<i>Fermentación (Digestión Anaeróbica)</i> .....	50
6.4.3	<i>Ensilado</i> .....	51
6.4.4	<i>Lombricultura (Humus)</i> .....	52
<b>7</b>	<b>OPCIONES DE PRETRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN ESTUDIO .....</b>	<b>54</b>
7.1	RESIDUOS DE ORIGEN VEGETAL .....	56
7.2	RESIDUOS DE ORIGEN ANIMAL .....	57
7.3	CAPARAZONES DE ERIZOS, CRUSTÁCEOS Y CONCHAS DE BIVALVOS .....	57
<b>8</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO PRETRATADO .....</b>	<b>59</b>
8.1	HUMUS .....	59

8.2	COMPOST .....	59
<b>9</b>	<b>POTENCIALES IMPACTOS O RIESGOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA APLICACIÓN; .....</b>	<b>61</b>
9.1	SÍNTESIS Y PROPUESTA PRELIMINAR DE LÍMITES MÁXIMOS ACEPTABLES .....	61
9.2	SÍNTESIS PARÁMETROS DE MÁXIMOS ACEPTABLES EN SUELO .....	62
9.2.1	<i>Metales Pesados</i> .....	62
9.2.2	<i>Acidez</i> .....	62
9.2.3	<i>Salinidad</i> .....	62
<b>10</b>	<b>MÉTODOS DE APLICACIÓN DE RESIDUOS EN EL SUELO .....</b>	<b>64</b>
10.1	APLICACIÓN EN FORMA SEMI SÓLIDA, CON O SIN BOMBEO; .....	64
10.2	APLICACIÓN EN FORMA SÓLIDA SIN INCORPORACIÓN MECÁNICA .....	64
10.3	APLICACIÓN EN FORMA SÓLIDA CON INCORPORACIÓN MECÁNICA .....	65
10.3.1	<i>Aplicación mecánica mediante arado y rastraje</i> .....	65
10.3.2	<i>Aplicación mecánica mediante subsolado</i> ; .....	66
10.4	INCORPORACIÓN LOCALIZADA .....	66
10.4.1	<i>Aplicación en Zanjas</i> .....	66
10.4.2	<i>Aplicación en Cajones</i> .....	66
<b>11</b>	<b>RECOMENDACION DE PLANES DE SEGUIMIENTO .....</b>	<b>67</b>
11.1	MONITOREO DE PARÁMETROS CRÍTICOS .....	67
11.1.1	<i>Acidez</i> .....	67
11.1.2	<i>Conductividad Eléctrica</i> .....	67
11.1.3	<i>Nutrientes K – P – N</i> .....	68
11.1.4	<i>Materia Orgánica</i> .....	70
11.1.5	<i>Relación C/N</i> .....	70
11.1.6	<i>Metales Pesados</i> .....	70
11.2	MUESTREO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS; .....	71
11.3	RECONOCIMIENTO DE FAUNA, FLORA Y VEGETACIÓN. ....	72

## 1 INTRODUCCIÓN

El Servicio Agrícola y Ganadero mediante el proceso de licitación pública a través del portal Internet [www.chilecompra.cl](http://www.chilecompra.cl) (código 612-761-LE06), ha adjudicado a IASA la elaboración del estudio denominado:

### “ELABORACIÓN DE GUÍA DE APLICACIÓN AL SUELO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS”

#### 1.1 Objetivo

De acuerdo a las bases de licitación, el estudio tiene por objetivo entregar recomendaciones técnicas sobre las características de los residuos industriales sólidos orgánicos a ser aplicados al suelo y la forma de aplicación de estos residuos, de modo de prevenir impactos ambientales negativos, en particular sobre el recurso suelo, cultivos, ganadería, fauna y flora silvestre, aguas superficiales y subterráneas.

#### 1.2 Alcances

El estudio comprende el desarrollo de tres etapas:

- ETAPA 1: Investigación de la Información disponible (Sustento Técnico de la Guía);
- ETAPA 2: Elaboración de la Guía de Aplicación al Suelo de Residuos Orgánicos; y
- ETAPA 3: Exposición de los Resultados del Estudio.

Este primer documento, corresponde a la ETAPA 1 del estudio, en el cual se proporcionan los fundamentos técnicos disponibles a nivel nacional como internacional, que permitirán evaluar los impactos negativos y los potenciales riesgos de la aplicación de residuos orgánicos al suelo.

La revisión a considerado la información disponible para 10 sectores productivos, que han sido seleccionados en base a acuerdos con la Contraparte Técnica del estudio, basados en los antecedentes de las Bases Técnicas y de la Propuesta de trabajo de IASA.

#### 1.3 Contenidos

La **Sección 2** proporciona información acerca del contexto general del estudio, descrito sobre la base de la revisión de los proyectos aprobados a través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (en adelante SEIA), los acuerdos de producción limpia existentes a la fecha, la legislación nacional e internacional vigente relativa a residuos y su aplicación al suelo, y estudios relacionados con la aplicación de los residuos al suelo.

En se **Sección 3** se resume los resultados de la selección de las actividades productivas que serán materia del estudio.

En la **Sección 4** se hace una revisión de los procesos productivos en los cuales se generan residuos sólidos orgánicos factibles de ser incorporados al suelo. Los procesos seleccionados fueron aquellos que en conjunto con la contraparte técnica se consideraron para el estudio. En

cada uno de los procesos se hizo una breve descripción y un diagrama de flujo donde se destacan los residuos que se generan, en los casos en que fue posible y se disponía de antecedentes se realizó una estandarización por cantidad de materia prima.

En la **Sección 5** se hace una descripción de las características que debe tener un estudio de suelo antes de la aplicación de residuos, tanto desde la perspectiva de las características geográficas, climáticas y biológicas del entorno, como de las características físicas y químicas de los suelos a intervenir

En la **Sección 6** se identifican los distintos procesos de tratamiento y pretratamiento de residuos, procesos químicos, mecánicos, térmicos y biológicos.

En la **Sección 7** se describen los distintos procesos de pre-tratamiento aplicables a los residuos sólidos orgánicos generados en las actividades económicas seleccionadas, se fijan los requerimientos de aplicación, los potenciales impactos y riesgos de su disposición y se establecen las condiciones en que se debe aplicar el residuo.

La **Sección 8** resume las características de algunos residuos pre tratados que se dispone en la literatura, específicamente compost y humus.

La **Sección 9** se resumen los potenciales impactos de los residuos en suelo y se fijan algunos parámetros en relación las normativas vigentes y máximos aceptables.

En la **Sección 10** se hace una descripción los mecanismos de aplicación de los residuos al suelo.

Finalmente, en la **Sección 11** se establecen los parámetros recomendaciones de monitoreo del suelo una vez que han sido aplicados los residuos.

El **Anexo A Resumen de Proyectos Revisados en el S-EIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental)**, presenta un listado de los proyectos aprobados en el sistema de evaluación de impacto ambiental y que generan residuos susceptibles de ser abordados por este documento.

El **Anexo B Descripción de Procesos Productivos**, se incluye una descripción detallada de los procesos que se asocian a cada una de las actividades productivas seleccionadas.

El **Anexo C Diagramas de Procesos Productivos** presenta un diagrama de flujo simplificado de los procesos productivos descritos en el Anexo B, indicando los puntos de generación de residuos de interés de esta Guía.

El **Anexo D Estudios Aplicación de Residuos al Suelo**, resume algunos estudios de aprovechamiento de residuos, tanto en su aplicación en suelo como otros usos (alimento animal, compostaje, etc.)

El **Anexo E Figuras Cap 6**, muestra las figuras de las maquinarias para el pre tratamiento de los residuos sólidos orgánicos.

En el **Anexo F Compostaje** se presenta un breve resumen de los tipos de compostaje.

En el **Anexo G Tabla Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos (RSO)** se presenta un breve resumen de los tratamientos para cada tipo de residuos orgánicos tratados en esta Guía.



## 2 MARCO GENERAL

A continuación se describen las consideraciones generales metodológicas y las actividades de esta Etapa del Estudio.

### 2.1 Contexto legal

Jurídicamente, hay contaminación cuando en el ambiente existen sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones o cuya permanencia contravienen a las exigencias establecidas en la legislación vigente. A falta de tales normas, no existe jurídicamente contaminación a menos que se afecte otra componente ambiental (aire, agua subterránea y superficial) o la salud humana.

En particular, en Chile no existe una normativa específica sobre la calidad de suelo, no obstante existen diferentes textos legales que contienen normas genéricas sobre protección del recurso suelo, entre ellos por ejemplo el Decreto Ley 3557/81 del Ministerio de Agricultura, el cual establece normas sobre la protección del suelo, aire y aguas en favor de la agricultura y la salud de los habitantes. Sin embargo, estas normas se refieren a aspectos formales de protección, y no señalan concentraciones máximas ni criterios respecto a la permanencia de ningún tipo de elemento, sustancia, energía o combinación de ellos, cuya presencia en el suelo pueda constituir contaminación del mismo.

Por otra parte, los eventuales impactos ambientales de una aplicación indiscriminada de residuos industriales sólidos o RISes al suelo podrían conformar la figura del Daño Ambiental establecida en el artículo 3 de la Ley de Bases del Medio Ambiente, con relación a la letra e) del artículo 2 de la misma, en términos que, sin perjuicio de las sanciones que señale la Ley, todo el que culposa o dolosamente cause pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo al medio ambiente o a uno o más de sus componentes, estará obligado a repararlo materialmente, a su costo, si ello fuere posible, y a indemnizarlo en conformidad a la ley. Si bien jurídicamente es posible alegar ausencia de contaminación, no es posible afirmar la ausencia de daño ambiental, una vez que las concentraciones de contaminantes hayan alcanzado niveles que presenten un riesgo potencial para la población o posibles efectos adversos significativos sobre los cultivos, la ganadería, la flora y fauna, aun cuando legalmente no pueda demostrarse una "contaminación".

Evidentemente, en el caso de la aplicación de residuos en suelos y cultivos agrícolas puede haber una serie de consecuencias adicionales a las señaladas previamente, por ejemplo el incumplimiento de los estándares de calidad de los productos, problemas sanitarios o fitosanitarios, comerciales y/o de imagen (por ejemplo cuando se trata de productos de exportación).

Por último, la evolución de la normativa ambiental nacional puede, en cualquier momento, regular los niveles de contaminantes en el suelo, oportunidad a partir de la cual el argumento jurídico señalado anteriormente perderá absolutamente su vigor, y se podrá demostrar la existencia de contaminación en el área. **Lo anterior es fundamental, porque una eventual contaminación de suelos puede ser irreversible o de muy largo plazo.**

**Ante esta situación el estudio a realizar debe adoptar un criterio de precaución para definir los niveles máximos de contaminantes en los residuos sólidos orgánicos aplicados al suelo, de manera de no solamente garantizar que no se vulnere la normativa**



**vigente de calidad de las componentes ambientales o los estándares fitosanitarios del país, sino también no generar riesgos significativos en el caso de contingencias o accidentes.**

Cabe señalar que las empresas están obligadas a hacer declaración del destino de sus residuos de acuerdo a la Resolución N° 5.081/93 del Ministerio de Salud de fecha 18/03/93.

## 2.2 Revisión de Proyectos Aprobados en el SEIA.

Se realizó una revisión de los proyectos aprobados en el SEIA a fin de tener una visión general de los requerimientos que hacen los servicios al manejo de los residuos sólidos orgánicos. La revisión se enfocó especialmente a aquellos proyectos asociados a los sectores productivos en estudio.

La metodología empleada fue seleccionar aquellos numerales que incorporaban las actividades productivas consideradas en el estudio y que son generadores potenciales de residuos orgánicos.

Se revisó el listado de proyectos aprobados en cada numeral y en algunos casos se seleccionaron todos los proyectos aprobados y en otras en los cuales el número de proyectos sobrepasaba la centena se escogió una muestra de ellos.

**Tabla 1: Listado de actividades consideradas en el Art. 3 de RSEIA**

Numeral	Descripción del Tipo de Proyecto
I.1	Agroindustria, donde se realicen labores u operaciones de limpieza, clasificación de productos según tamaño y calidad, tratamiento de deshidratación, congelamiento, empacamiento o transformación biológica, física o química
I.2	Mataderos con una taza de faenación de 500 ton/mes
n.1	Producción anual de pelillo u otras macroalgas.
n.2	Producción anual de moluscos filtradores u otras especies filtradoras.
n.3	Producción anual igual o mayor a (35ton) tratándose de equinodermos, crustáceos y moluscos no filtradores, peces y otras especies, a través de un sistema de producción intensivo.
n.4	Producción anual (15 ton) cuando el cultivo se realice en ríos navegables en la zona no afecta a marea o en ríos no navegables en la zona no afecta a marea.
n.5	Producción anual de engorda de peces 8 ton o cultivo de microalgas y juveniles de otros recursos hidrobiológicos que requieran el suministro y/o evacuación de aguas de origen terrestre, marina o estuarina, cualquiera sea su producción anual.
n.6	Plantas Procesadoras de recursos hidrobiológicos,
n.7	Proyectos de explotación intensiva de recursos hidrobiológicos.
o.8	Sistemas de tratamiento y/o disposición de residuos industriales sólidos,

En el **Anexo A Resumen Proyectos S-EIA** se listan los proyectos revisados, su localización, titular, montos de inversión, cantidad, tipo y tratamiento para los residuos declarados



### 2.2.1 Letras L, del RESEIA

Se realizó una revisión de los proyectos que ingresaron al sistema de impacto ambiental, en la letra I la cual corresponde a: **Agroindustrias, mataderos, plantales y establos de crianza, lechería y engorda de animales, de dimensiones industriales**. De acuerdo al reglamento del SEIA, se entenderá que estos proyectos o actividades son de dimensiones industriales cuando se trate de:

**Tabla 2: Actividades del Numeral L del RSEIA**

<b>Numeral</b>	<b>Actividad</b>	<b>N° Revisado</b>	<b>Total Proyectos</b>
<i>I.1</i>	<i>Agroindustria, donde se realicen labores u operaciones de limpieza, clasificación de productos según tamaño y calidad, tratamiento de deshidratación, congelamiento, empacamiento o transformación biológica, física o química</i>	21	44
<i>I.2</i>	<i>Mataderos con una taza de faenación de 500 ton/mes</i>	11	11
<b>I</b>	<b>Total de proyectos</b>	<b>32</b>	<b>55</b>

Todos los cuales fueron aprobados durante los últimos 6 años, a fin de caracterizar los destinos de los residuos sólidos orgánicos. De la revisión de los proyectos aprobados se tiene que:

#### 2.2.1.1 L.1 Agroindustrias

Para el caso de los proyectos ingresados en el numeral L.1: **Agroindustria, donde se realicen labores u operaciones de limpieza, clasificación de productos según tamaño y calidad, tratamiento de deshidratación, congelamiento, empacamiento o transformación biológica, física o química**, se seleccionó 21 proyectos correspondiente al 47,7% de los 44 proyectos aprobados, la selección se realizó descartando aquellos en los cuales no se encontraba archivo digital del estudio o declaración de impacto ambiental o datos de la resolución de calificación ambiental (RCA).

De los proyectos revisados 5 son de la cuarta región, 8 de la región metropolitana, 1 de la sexta, 3 de la séptima, 4 de la octava región. Tres se presentaron en el año 2001; 7 en el 2002; 5 en el 2005; 3 el 2004; 1 el 2005 y 1 el 2006.

De los proyectos aprobados y revisados: una es una productora de inulina, ocho corresponden a vitivinícolas, pisqueras o concentrado de jugos, una corresponde a un matadero (que corresponde al numeral n.1), dos son procesadoras de frutas y hortalizas, 1 corresponde a fábrica de alimento animal y 4 a productoras de aceite de oliva.

Las conclusiones relativas al tema de residuos orgánicos son las siguientes:

- En el 80% de caso las empresas vitivinícolas señala que con los orujos y las pepas, harán procesos de compostaje, se aplicará directamente al suelo o se entregará a los cooperados.
- La mayoría señala que su principal residuo son los residuos domiciliarios, el destino de esos residuos son rellenos sanitarios o vertederos autorizados, y que son transportados por empresas autorizadas,

- Siete de ellos señalan que no generan residuos,
- Dos de los proyectos señalan que sus residuos serán secados y quemados, uno para reducir su volumen y otro para alimentar las calderas,

En general se puede señalar que: no hay un claro destino de los residuos en los proyectos revisados, ni las cantidades están acordes con los estándares de producción de residuo según actividad.

El tipo de residuos declarado por las agroindustrias que ingresaron al SEIA se pueden resumir en lo siguiente:

La empresa de Producción de Inulina declara entre sus residuos:

- Piedras,
- Resinas de Intercambio Iónico,
- Sedimento de los estanques de decantación,
- Carbón Activado,
- Se señala que el destino de las hojas y el prensado de la achicoria, se entrega a los proveedores como alimento para ganado,
- Producción anual de 337.500 toneladas/año, RS aproximadamente 60% equivalente a 200.000 ton/año.

Las vitivinícolas de las cuales se analizó 8 proyectos aprobados, señalan entre sus residuos

- Escobajo,
- Orujo,
- Borrás de orujo, hojas, prestos de pepas,
- Tartratos,
- Desechos domésticos, de proceso y de tratamiento de aguas servidas y de riles
- Lodos de la planta de tratamiento,

Las empresas productoras de aceite declaran entre sus residuos:

- Basura Doméstica,
- Alpeorajo,
- Restos de hojas, ramas y aceitunas,
- Basura Domiciliaria y de tipo oficina (incineración),
- Lodos de la fosa séptica.

Las agroindustrias de procesamiento de frutas y hortalizas señalan entre sus residuos:

- Los desechos resultantes del procesamiento de vegetales y frutos,
- Cuescos y algunas otras impurezas de la materia prima,
- Cartones y plásticos,
- Basura domiciliaria y de tipo oficina,

- Residuos gruesos y finos retirados de los tamices de los filtros primarios de las plantas de tratamiento RILes,
- Lodos.

La fábrica procesadora de alimento animal, que no corresponde a este numeral, señala entre sus residuos, sólo residuos domiciliarios y asimilables sin especificar cantidad ni destino.

#### 2.2.1.2 L.2 Mataderos

Para el caso de los proyectos ingresados en el numeral L.2, **Mataderos con una taza de faenación de 500 ton/mes** se seleccionó 11 proyectos, correspondiente al 100% de los proyectos aprobados.

De los proyectos revisados uno es de la cuarta región, 1 de la región metropolitana, 4 de la sexta, 2 de la séptima, 3 de la décima, y uno de la duodécima. Uno se presentó en el año 1995, dos en el año 1998, dos en el 2000, 1 en 2002, tres en el 2004, y 3 en el 2005.

Las conclusiones relativas al tema de residuos orgánicos son:

- La mayoría señala que su principal residuo son los residuos domiciliarios, el destino de estos son rellenos sanitarios o vertederos autorizados, y que son transportados por empresas autorizadas,
- Los purines y guanos son en general empleados en los predios de las empresas como abono,
- Una de las empresas señala que los guanos serán compostados junto a los lodos de la planta de riles,
- Entre las alternativas de tratamiento para los residuos de esta actividad se señala el “rendering<sup>1</sup>” como alternativa de uso de los residuos de matadero,
- Una alternativa para el tratamiento de la mortandad, es el enterramiento de los cadáveres en fosas con aplicación de cal,

Se puede señalar que en ninguno de los estudios se especifica claramente el destino de los residuos y las cantidades de residuos declaradas no son acordes con los estándares de producción de residuo según la actividad. A continuación se listan los residuos generados y declarados en los proyectos:

- Cueros,
- Grasas,
- Sangre coagulada,
- Vísceras,
- Rumen,
- Huesos,
- Partículas de carne atrapadas por filtro,
- Guano,

---

<sup>1</sup> Proceso de tratamiento de decomisos para la fabricación de harinas o suplementos alimenticios

- Mortalidad,
- Lodos (RILES),
- Residuos Domésticos,
- Residuos Industriales (Embalaje, Plásticos y Cartones), así como eventualmente piezas de maquinarias defectuosas.

### 2.2.2 Letras N del RESEIA

Se realizó una revisión de los proyectos que ingresaron al SEIA, en la letra n, la cual corresponde a: **Proyectos de explotación intensiva, cultivo, y plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos**:

**Tabla 3: Actividades del Numeral N del RSEIA**

<b>Numeral</b>	<b>Actividad</b>	<b>Nº Revisado</b>	<b>Total Proyectos</b>
<i>n.1</i>	<i>Producción anual de pelillo u otras macroalgas.</i>	10	62
<i>n.2</i>	<i>Producción anual de moluscos filtradores u otras especies filtradoras.</i>	13	728
<i>n.3</i>	<i>Producción anual igual o mayor a (35ton) tratándose de equinodermos, crustáceos y moluscos no filtradores, peces y otras especies, a través de un sistema de producción intensivo.</i>	10	652
<i>n.4</i>	<i>Producción anual (15 ton) cuando el cultivo se realice en ríos navegables en la zona no afecta a marea o en ríos no navegables en la zona no afecta a marea.</i>	3	3
<i>n.5</i>	<i>Producción anual de engorda de peces 8 ton o cultivo de microalgas y juveniles de otros recursos hidrobiológicos que requieran el suministro y/o evacuación de aguas de origen terrestre, marina o estuarina, cualquiera sea su producción anual.</i>	7	173
<i>n.6</i>	<i>Plantas Procesadoras de recursos hidrobiológicos,</i>	5	129
<i>n.7</i>	<i>Proyectos de explotación intensiva de recursos hidrobiológicos.</i>	3	3
<b>n</b>	<b>Total proyectos</b>	<b>51</b>	<b>1.840</b>

#### 2.2.2.1 N.1 Producción de Pelillo y Macroalgas

Para el caso de los proyectos ingresados en el numeral N.1, **Producción anual de pelillo u otras macroalgas** se seleccionó 10 proyectos, de un total de 62 de proyectos aprobados, lo que corresponde al 16% de los proyectos aprobados.

De los proyectos revisados uno es de la tercera región; uno de la cuarta región y ocho en la décima. Uno en el año 1998; 1 en el 2000; 2 en 2001; 1 en el 2002; 3 en el 2005 y 1 en el 2006.

Las conclusiones relativas al tema de residuos orgánicos son:

- Sólo dos proyectos indican cantidad de residuos generados, señalando que el destino de estos será vertederos autorizados,

- El resto de los proyectos señala que no genera residuos, lo que se contradice con los antecedentes recopilados en este estudio.

En la mayoría de los casos no hay antecedentes de generación de residuos, ni el destino de estos en los proyectos revisados, las cantidades (en los casos declarados) no son acordes con los estándares de producción de residuo según actividad.

Los residuos declarados por los proyectos son:

- Restos de malla, madera, cuerdas, estacas, collares de concha,
- Fecas,
- Restos de Algas.

#### 2.2.2.2 N.2 Producción de moluscos filtradores.

Para el caso de los proyectos ingresados en el numeral N.2, **Producción anual de moluscos filtradores u otras especies filtradoras** se seleccionó 13 proyectos, de un total de 728 de proyectos aprobados, lo que corresponde al 1.8% de los proyectos aprobados.

De los proyectos revisados uno es de la cuarta región y doce en la décima. Cuatro en 2001; 2 en el 2002; 2 en el 2003; 3 en el 2004; 1 en 2005 y 1 en el 2006.

Las conclusiones relativas al tema de residuos orgánicos son las siguientes:

- Sólo dos proyectos indican cantidad de residuos generados, señalando que el destino de estos será vertederos autorizados,
- La mayoría señala que sólo genera residuos de tipo inorgánico como redes, boyas, cabos y otros,
- Los residuos orgánicos que señalan, son las fecas y pseudo-fecas las cuales se dispersan en la columna de agua y en el fondo marino,
- La mortalidad en el caso de dos proyectos, es destinada a vertederos autorizados,

En la mayoría de los proyectos no se declara el destino de los residuos, ni su tratamiento, las cantidades de residuos declaradas en los distintos estudios no corresponden a los estándares de producción según la actividad.

Los residuos declarados por los proyectos son los siguientes:

- Fecas y pseudo-fecas,
- Mortalidad,
- Residuos domésticos,
- Restos de malla, madera, cuerdas, estacas, collares de concha,
- Residuos Organismos Fouling (algas, pequeños moluscos y crustáceos).

#### 2.2.2.3 N.3 Producción de Equinodermos, Crustáceos y Peces.

Para el caso de los proyectos ingresados en el numeral N.3, **Producción anual igual o mayor a (35ton) tratándose de equinodermos, crustáceos y moluscos no filtradores, peces y otras especies, a través de un sistema de producción intensivo** se seleccionó 10

proyectos, de un total de 652 de proyectos aprobados, lo que corresponde al 1.5% de los proyectos aprobados.

De los proyectos revisados uno es de la cuarta región; uno de la novena; cuatro de la décima y cuatro de la undécima. Cuatro en el 2002; 3 en el 2003; 1 en el 2004; 1 en el 2005 y 1 en el 2006.

Las conclusiones relativas al tema de residuos orgánicos son:

- En los proyectos donde se señala la mortalidad como uno de los residuos, ésta es vendida o entregada a empresas para la fabricación de harina de pescado,
- Las bolsas de alimento en todos los casos son retiradas por el proveedor, sólo en un caso van a vertedero autorizado,
- Cinco proyectos señalan que sólo genera residuos domiciliarios y serán destinados a vertedero autorizado,
- Para el caso de los cultivos marinos, los residuos orgánicos como alimento no consumido, fecas y pseudo-fecas, se dispersan en la columna de agua,

Sólo los proyectos de cultivo de peces señalan como residuo la mortalidad, y esta es destinada a producción de harinas y aceites de pescado. En el resto de los proyectos no hay un claro destino de los residuos y las cantidades no son acordes con los estándares de producción según la actividad.

Los residuos declarados por los proyectos son los siguientes:

- Alimento no consumido,
- Fecas,
- Mortalidad,
- Residuos de organismos fouling,
- Basura Domiciliaria,
- Lodos de planta de tratamiento,
- Aceites quemados,
- Bolsas Alimento.

#### 2.2.2.4 N.4 Producción y cultivos en ríos.

Para el caso de los proyectos ingresados en el numeral N.4, ***Producción anual (15 Ton) cuando el cultivo se realice en ríos navegables en la zona no afecta a marea o en ríos no navegables en la zona no afecta a marea*** se seleccionó 3 proyectos, lo que corresponde al 100% de los proyectos aprobados.

De los proyectos revisados uno es de la décima y dos de la undécima. Uno en el 2001, y dos en el 2003.

Las conclusiones relativas al tema de residuos orgánicos son las siguientes:

- En los proyectos donde se señala la mortalidad como residuo del proceso, en un caso será destinada a la fabricación de harina de pescado, y en los otros, que será dispuesta en vertedero autorizado,

- En todos los casos revisados las bolsas de alimento son retiradas por el proveedor, o empresa especializada del rubro,
- Los residuos orgánicos como alimento no consumido, fecas y pseudo-fecas, se señala, en un caso, que serán dispuesto en suelo, mediante bomba de purines, y en el otro que se dispersan en la columna de agua y son consumidos por la fauna del sector.

Los residuos declarados por los proyectos son:

- Alimento no consumido,
- Fecas,
- Mortalidad,
- Residuos de organismos fouling,
- Basura Domiciliaria,
- Bolsas Alimento.

#### 2.2.2.5 N.5 Producción y engorda de peces mayor a 8 ton.

Para el caso de los proyectos ingresados en el numeral N.5, ***Producción anual de engorda de peces 8 ton o cultivo de microalgas y juveniles de otros recursos hidrobiológicos que requieran el suministro y/o evacuación de aguas de origen terrestre, marina o estuarina, cualquiera sea su producción anual*** se seleccionó 7 proyectos de 173 proyectos aprobados, lo que corresponde al 4 % de los proyectos aprobados.

De los proyectos revisados dos son de la primera región; uno de la cuarta; uno de la quinta; dos de la décima y uno de la duodécima. Uno en el 2002; dos en el 2003; dos el 2005 y dos el 2006.

Las conclusiones relativas al tema de residuos orgánicos son:

- En los proyectos donde se señala la mortalidad como residuo del proceso, en un caso será destinada a la fabricación de harina de pescado, y en los otros, será dispuesta en vertedero autorizado,
- Los residuos orgánicos como alimento no consumido y fecas, para un caso, será retirado y dispuestos en vertedero propio de la empresa, y en los otros casos se señala que se dispersa en la columna de agua,
- Los lodos serán en todos los casos señalados retirados por empresas autorizadas y dispuestos en vertederos autorizados,
- Las bolsas de alimento son en general retiradas por el proveedor, o empresa especializada del rubro,
- Para el caso de los residuos de redes, en el único estudio en que son indicados estos, según la DIA deben ser dispuestos por la empresa encargada del tratamiento y limpieza de las redes,
- Los residuos domiciliarios se señala en los casos en que se identifican deben ir a vertederos autorizados,



No hay un claro destino de los residuos en los proyectos revisados, ni cantidades acordes con los estándares de producción de residuo según actividad.

Los residuos declarados por los proyectos son:

- Alimento no consumido,
- Fecas,
- Mortalidad,
- Residuos de organismos fouling,
- Lodos,
- Residuos de Redes,
- Basura Domiciliaria,
- Bolsas Alimento,

#### 2.2.2.6 N.6 Plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos.

Para el caso de los proyectos ingresados en el numeral N.6, **Plantas Procesadoras de recursos hidrobiológicos** se seleccionó 6 proyectos de 130 proyectos aprobados, lo que corresponde al 4,6 % de los proyectos aprobados.

De los proyectos revisados dos son de la octava región; tres de la décima y uno de la undécima. Uno en el 2002; dos en el 2003; dos en el 2005 y dos en el 2006.

Las conclusiones relativas al tema de residuos orgánicos son:

- En los proyectos donde se señala a los descartes o restos orgánicos como residuo del proceso, estos son destinados a la fabricación de harina de pescado por empresas especializadas,
- Otros casos los residuos orgánicos de proceso se destinan a vertedero autorizado,
- En un caso se señala que los residuos de conchas serán triturados y posteriormente retirados por una empresa externa, sin señalar destino,
- Los lodos serán en todos los casos señalados retirados por empresas autorizadas y dispuestos en vertederos autorizados,
- Los residuos domiciliarios, se señala en los casos en que se identifican, deben ir a vertederos autorizados.

Las empresas no se están haciendo cargo de todos los residuos que generan en sus procesos productivos, algunos no son declarados y otros son minimizados, por lo cual, no está claro el destino de los residuos, ni las cantidades generadas en la mayoría de los proyectos.

Los residuos declarados por los proyectos son:

- RIS selección y descarte,
- RIS Desconchado,
- Vísceras y desechos orgánicos,
- Aceite,

- Residuos Domiciliarios,
- Lodos,
- Cenizas.

#### 2.2.2.7 N.7 Proyectos de explotación intensiva de recursos hidrobiológicos.

Para el caso de los proyectos ingresados en el numeral N.6, **Proyectos de explotación intensiva de recursos hidrobiológicos** se seleccionó 3 proyectos, que corresponde al 100 % de los proyectos aprobados. Sin embargo, de los tres sólo dos corresponden al numeral y de ellos sólo en uno se pudo tener acceso al archivo digital.

El proyecto en cuestión corresponde a una piscicultura en el sector de Melipeuco en la Región de la Araucanía, la cual no hace un adecuado análisis de los residuos a disponer, señalando que todos los residuos van al vertedero de Melipeuco (el cual no cuenta con resolución sanitaria).

#### **2.2.3 Letras O del RESEIA**

Se realizó una revisión de los proyectos que ingresaron al SEIA, en la letra o, la cual corresponde a: **Proyectos de saneamiento ambiental, tales como sistemas de alcantarillado y agua potable, plantas de tratamiento de agua o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos** y específicamente a los contenidos en el numeral **o.8 Sistemas de tratamiento y/o disposición de residuos industriales sólidos**, en este punto se revisó todos aquellos sistemas de tratamiento que consideraran el tratamiento de residuos orgánicos, excluyéndose aquellos que decían relación, por ejemplo, con sistemas de tratamiento de residuos industriales no orgánicos, de lodos y mineros.

Se revisó 12 proyectos de un total de 64 proyectos aprobados, los cuales se distribuyen de la siguiente manera en las distintas regiones: 1 en la cuarta; 2 en la quinta; 1 en la sexta; 2 en la séptima; 2 en la décima; 1 en la undécima; 1 en la duodécima y 2 en la región metropolitana. Respecto de las fechas de presentación 4 se presentaron el año 2002; 4 el 2003; 2 el 2004 y 2 el año 2005.

Las conclusiones de la revisión son:

- Los volúmenes de tratamiento de residuos son variables desde 100 T/día a 2 T/día,
- La mayoría sólo declaran residuos domiciliarios como residuo de la operación, el destino de esos residuos en general son rellenos sanitarios o vertederos autorizados,
- Dos de ellos señalan que no generan residuos,

El **Anexo A Resumen Proyectos SEIA EMI A.** sintetiza los principales antecedentes recopilados en las declaraciones o estudios de impacto ambiental de los proyectos revisados.

### **2.3 Revisión de APL**

Considerando que la mayoría de los sectores industriales cuentan con acuerdos de producción limpia, se revisaron estos acuerdos para los sectores industriales más relevantes en términos

de los residuos orgánicos materia del estudio, para determinar cual es el destino de los mismos y si existe algún patrón de manejo.

Considerando los sectores productivos considerados, se han revisados los siguientes Acuerdos de Producción Limpia:

- APL Industrias Procesadoras de Frutas y Hortalizas
- APL Productores de Cerdos
- APL Sector Productores de Salmón y Trucha
- APL Sector Exportador de Merluza del Sur
- APL Sector Talleres de Redes
- APL Sector Plantas Elaboradoras de Productos Congelados
- APL Sector Vitivinícola
- APL Sector Pisquero

Entre los objetivos relacionados con la generación de residuos industriales sólidos por las actividades productivas, todos los APL consideran, disminuir los impactos negativos que estos pueden provocar al medio ambiente, implementando sistemas de gestión con opciones de producción limpia, alternativas de valorización y reutilización.

### **2.3.1 Industrias Procesadoras de Frutas y Hortalizas**

En el acuerdo se indica que se deberán implementar prácticas de reutilización, reciclaje, tratamiento y eliminación de residuos orgánicos con el fin de evitar su disposición en vertederos.

Las alternativas de reutilización planteadas son:

- Alimentación animal,
- Ensilaje,
- Compostaje,
- Generación de energía,
- Otras autorizadas por las autoridades convocadas por el comité coordinador del APL.

En el caso de alimentación animal, se indica que se deberá entregar un informe de la cantidad, tipo y destinatario de los residuos.

Además, las plantas que suscriben el acuerdo se comprometen a almacenar segregadamente los residuos, y entregar sus residuos a empresas de reciclaje autorizadas. Por otra parte deberán contar con un registro mensual de la generación de los residuos de acuerdo a la ley.

Si bien en el APL no se plantea inicialmente la utilización de los lodos que se generan en las plantas de tratamiento de sus riles, durante el proceso de firma del acuerdo se trabaja en la elaboración de una Guía de Manejo de Lodos de Plantas de Tratamiento de Riles de Agroindustrias firmantes del acuerdo.

### **2.3.2 APL Productores de Cerdos**

Los objetivos en relación a residuos del APL del sector consideran la reutilización de los guanos y lodos, ya sea por sí mismo o por terceros, como alimento directo para otras especies pecuarias, el ensilaje del guano de cerdo, la aplicación al suelo en terreno agrícolas y/o forestales como fertilizante, bio-remediador y/o recuperador de suelos. Los productores se comprometen a elaborar un plan de utilización y manejo del guano y lodos de acuerdo a la Pauta Técnica para la Aplicación de Guanos, elaborada por el SAG.

Se establece entre otras medidas de estabilización del guano y los lodos, el compostaje, reactores anaeróbicos, reactores aeróbicos, lombricultura, solarización, secado, pasteurizado y estabilización con cal.

Para los residuos de mortalidad, fetos y placentas, se señala que deben ser enterrados.

Entre los ejemplos exitosos se menciona a Agrícola El Monte, la cual esta reutilizando el purín prensado como alimento para vacunos y mejorador de suelos, cuenta con el respaldo del SAG en el manejo agronómico de la fracción líquida y sólida del guano.

### **2.3.3 APL Sector Productores de Salmón y Trucha**

En el sector pesquero. Para los residuos de pescados, tales como cabezas, colas, vísceras y piel, se indican las siguientes alternativas de tratamiento:

- Plantas de harina de pescado,
- Ensilaje,
- Compostaje,
- Depósito en lugares autorizados.

Además, se indica que los lodos de las plantas de tratamiento de RILes, se deberán tratar de alguna de las siguientes formas:

- Agricultura,
- Lombricultura,
- Compost,
- Disposición en rellenos sanitarios o mono-rellenos.

### **2.3.4 APL Sector Exportador de Merluza del Sur**

Entre las metas propuestas en el APL se consideran las siguientes:

- Mejorar los procesos productivos en relación a la generación de RISES,
- Disminuir la cantidad, el volumen y el impacto que pueden provocar los RISES al medio ambiente, considerando alternativas de su valoración como subproducto,
- Contar con sistemas propios o de terceros autorizados para la disposición final de los residuos no reciclables.

Se considera llevar registros sobre el destino de los RISES y un control de llegada en el lugar definido por el generador. Se implementarán sistemas de almacenaje para residuos orgánicos reciclables o reutilizables (cabezas, colas, vísceras y piel) con sistemas de recuperación de derrames y pisos lavables y se utilizarán contenedores estancos para el transporte a otras empresas para su utilización como materia prima (harinas de pescado y carnada, por ejemplo)

### **2.3.5 APL Sector Talleres de Redes**

En el desarrollo de las actividades que le son propias, los talleres de redes generan residuos líquidos y sólidos. Mayoritariamente, los líquidos provienen del proceso de lavado y los sólidos, de la limpieza de las mismas y de la reparación.

El manejo de las redes previo al lavado, genera gran cantidad de residuos sólidos orgánicos, a su vez el lavado genera residuos orgánicos e inorgánicos, esto último en caso de proceder de redes impregnadas.

El APL plantea entre otros objetivos y metas:

- Contar con un plan de manejo de residuos sólidos que contemple las distintas etapas de su gestión: generación, almacenamiento transitorio, transporte y las alternativas de eliminación, privilegiando la reutilización y el reciclaje de residuos.
- Los talleres de redes en las etapas de confección, reparación, secado e impregnación deberán implementar sistemas de gestión de residuos sólidos que privilegien la minimización, reutilización, reciclaje y si ello no es posible que permitan la adecuada disposición final,
- La disposición final de los residuos sólidos debe ser en lugares autorizados por la autoridad competente,
- Planilla mensual e informe de generación de residuos recepcionada por el Servicio de Salud correspondiente.

### **2.3.6 APL Sector Plantas Elaboradoras de Productos Congelados**

Las metas planteadas en el Acuerdo consideran disminuir los impactos negativos que pueden provocar al medio ambiente los residuos industriales sólidos e implementar sistemas de gestión con opciones de producción limpia y alternativas de valorización de los residuos.

Se plantea como un objetivo que las colas, cabeza, vísceras, piel, mantos y labios de conchas, serán revalorizados por medio de su envío a plantas de harina de pescado. Se deberá asegurar el acopio en la planta de estos subproductos, en sistemas cerrados e impermeabilizados, sean estos contenedores, camiones tolva, etc., de manera de evitar su filtración y con ello la proliferación de vectores tales como ratones, aves, etc.

### **2.3.7 APL Sector Vitivinícola**

El diagnóstico del sector indica que existen deficiencias en el manejo de productos fitosanitarios, que debe mejorarse la gestión y manejo adecuado de los residuos sólidos, orujos, escobajos y borras generados en el proceso productivo del vino, y que se debe avanzar en el manejo eficiente de los RILES.

Se promueve el reciclaje, re-uso, reducción de residuos de viñas y bodegas disminuyendo los impactos negativos sobre el medioambiente y la salud de los trabajadores.

Todos los campos y bodegas deberán contar con un Programa de Manejo Integral para los residuos sólidos, orujos, escobajos y borras generados, considerando medidas tales como registro, recolección, segregación, almacenamiento, transporte, minimización, reutilización, reciclaje, compostaje, y disposición final, evitando la generación de focos de insalubridad, que debe ser aprobado por la autoridad sanitaria correspondiente.

En caso que en el plan de Manejo Integrado de Residuos Industriales Sólidos, orujos, escobajo y borras, se considere el tratamiento o utilización como insumo por terceros fuera del predio, se deberá contemplar un sistema de registro que incluya identificación del destinatario y las cantidades enviadas a éste.

### 2.3.8 APL Sector Pisquero

Reconoce la generación de una cantidad importante de escobajos, orujos y borras, sin embargo, plantea metas genéricas como disminuir la generación de residuos sólidos al considerar un sistema de manejo de los mismos que privilegie la reutilización y/o el reciclaje.

## 2.4 Revisión de las Normativas a Nivel Nacional

Se revisó la normativa nacional técnica vigente o en elaboración que dice relación con la aplicación de residuos en el suelo, sólo se encontró información para los lodos de plantas de tratamiento o con compost.

Se revisó entre otros cuerpos legales los siguientes:

### 2.4.1 Norma de Calidad de Compost (NCh 2880.Of2004)

Esta norma, no hace referencia a las características que deben tener los suelos donde se aplique el compost producido.

Fija límites máximos de algunas concentraciones de metales presentes en la materia prima.

**Tabla 4: Concentraciones Máximas de Metales Pesados en Materias Primas para Compostaje**

<b>Metal</b>	<b>Concentración Máxima (mg/k) Base materia seca</b>
Cadmio	10
Cobre	1.500
Cromo	1.000
Mercurio	10
Níquel	200
Plomo	800
Zinc	10.000

#### **2.4.2 Proyecto de Reglamento de Manejo de Lodos Provenientes de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas.**

Esta normativa no vigente, tiene por objetivo regular el manejo de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas. En ella se establecen la clasificación sanitaria de los lodos y las exigencias sanitarias mínimas para su manejo, además de las restricciones, requisitos y condiciones técnicas para la aplicación de lodos en determinados suelos.

El reglamento define las tasas máximas de aplicación, las concentraciones máximas de metales pesados en lodos, la prohibición de aplicación en ciertos tipos de suelos y se definen contenidos máximos de metales pesados en suelos antes de la aplicación benéfica.

Le corresponde al Servicio Agrícola y Ganadero aprobar y fiscalizar los Planes de Aplicación Benéfica, para lo cual los interesados al solicitar la correspondiente autorización deben acompañar una caracterización de los lodos, una caracterización del suelo, la caracterización físico-química del suelo, la tasa y frecuencia de aplicación e informar respecto de la especie a sembrar.

#### **2.4.3 Sistema de Incentivos para la Recuperación de Suelos Degradados**

El Sistema de Incentivos para la recuperación de Suelos Degradados (D.F.L. 235 26 Junio 1999 Ministerio Agricultura) tiene el propósito de estimular la recuperación y/o conservación de los suelos de uso agropecuario afectados cuando:

- Hay carencia de fósforo,
- Exceso de acidez,
- Niveles de erosión,
- Deterioro de la cubierta vegetal,
- Presentan otras limitaciones físicas, químicas o estructurales para su ocupación.
- No pueden ser utilizados eficientemente de modo sustentable en la producción agropecuaria

Las Prácticas de Manejo y de Recuperación de Suelos que contempla el sistema son:

- Fertilización fosfatada de corrección,
- Incremento de la potencialidad productiva de los suelos deficitarios,
- Recuperación y establecimiento de cubiertas vegetales permanentes,
- Exclusión de áreas de protección,
- Estabilización de los suelos,
- Regulación de cauces,
- Control de salinidad y de los procesos de desertificación de suelos,
- Y otras que persigan los mismos fines.

Se establece una bonificación estatal de los costos netos de manejo y de recuperación de suelos. Estos incentivos se otorgan a través del SAG o del INDAP.



Los interesados en optar al incentivo deberán presentar ante el SAG o el INDAP, según corresponda, un Plan de Manejo, el que deberá ser aprobado por tales servicios.

#### **2.4.4 Circular 9G/20 MINSAL Sobre Aplicación de Guanos al Suelo**

El Sistema de Incentivos para la Recuperación de suelos Degradados (SIRSD) contempla dentro del programa específico de Conservación de Suelos, la práctica de incorporación de guano como una medida tendiente a mejorar las condiciones físicas y químicas de los suelos.

Se entiende por guano a los subproductos de la ganadería que incluye excrementos animales (aves, cerdos, vacunos, ovinos y caprinos) y material de cama transformado, en donde no es posible identificar en ellos la composición de la cama y de la deyecciones debido al alto nivel de fermentación.

El guano mejora las condiciones físicas del suelo, influye en su estructura, porosidad, aireación y en su capacidad de retención de agua, también aumenta los niveles de materia orgánica.

El SAG e INDAP, bonifican la aplicación de guano como mejorador de suelos, siempre y cuando cumplan con las exigencias ambientales. Existe una pauta técnica para la confección de los Planes de Manejo.

Básicamente la pauta técnica establece que:

- La dosis de guano a aplicar sea al menos 12 Ton/Há/año,
- La dosis a aplicar no genere problemas de contaminación al medio ambiente. Condición demostrada a través del balance de nitrógeno, y
- Señala los procedimientos para el cálculo de la dosis de nitrógeno,

#### **2.4.5 Reglamento Ley Fomento Forestal**

El Decreto Supremo 193/98 Ministerio Agricultura establece que el estudio técnico debe adjuntar la Solicitud de Declaración de Terrenos de Aptitud Preferentemente Forestal<sup>2</sup> y de suelos forestables, y debe indicar las actividades propuestas para la recuperación de suelos degradados o estabilización de dunas. Para ello se deberá identificar las categorías de erosión que sufren tales terrenos.

#### **2.4.6 Programa Sanitario General de Manejo de Desechos de Moluscos**

El Decreto Supremo 193/98 Ministerio Agricultura establece que el estudio técnico donde se establecen las condiciones sanitarias aplicables al manejo de desechos, incluidas las mortalidades, tendientes a prevenir la diseminación de agentes causales de enfermedades de alto riesgo en centros de cultivos de moluscos susceptibles a éstas enfermedades.

Donde se señala que:

1. Los centros de cultivo de moluscos deberán mantener un manual de procedimientos en el cual se describa los tipos de desechos que se generan en sus instalaciones, su manejo,

---

<sup>2</sup> Aquellos que por sus condiciones de clima y suelo no deben ararse en forma permanente, estén o no cubiertos por vegetación

disposición final y el personal responsable de la aplicación de los procedimientos correspondientes.

2. Los desechos deberán ser dispuestos en contenedores que permitan un adecuado acopio y transporte. Su disposición final debe ser sanitariamente eficaz, para evitar la diseminación de agentes patógenos. El traslado a lugares autorizados para el depósito de tales materiales se deberá realizar evitando derrames.
3. Los contenedores utilizados para el acopio y traslado de desechos fuera del centro deberán ser desinfectados antes de reingresar a éste.
4. Los procedimientos de limpieza y desinfección de los recipientes y equipos utilizados para la recolección de los desechos deberán ser realizados de conformidad con los criterios establecidos en el Programa Sanitario General de Limpieza y Desinfección de Moluscos (PLDM).
5. En caso de presentarse una Enfermedad de Alto Riesgo Lista 1 o alguna Enfermedad de Alto Riesgo Lista 2 para la cual se esté aplicando un Programa Sanitario Específico de Control (PSEC), los centros de cultivo deberán aplicar los procedimientos de manejo de desechos establecidos en ellos.

## 2.5 Normas extranjeras

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de USA no regula la aplicación de residuos orgánicos en suelo, sólo la Norma 503 se refiere a la aplicación de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas, en esta se hace especial hincapié en el control de ciertos parámetros que son:

- Agentes patógenos
- pH, o control de Alcalinidad
- Metales pesados
- Sustancias tóxicas
- Atracción de vectores

Sin perjuicio de ello, la aplicación de los lodos debe ser restringido tanto en tiempo y en cantidades. Además, se debe controlar el acceso de la población y de animales a las áreas en donde los lodos se han aplicado. En general, establece que todos los lodos deben ser compostados, a excepción de aquellos calificados como EQ (Exceptional Quality), los cuales cumplen con las exigencias más severas y pueden ser aplicados a los suelos sin restricción alguna.

En la Unión Europea, no hay normas que regulen la aplicación de residuos sólidos orgánicos al suelo. La normativa está al igual que en Estados Unidos orientada a regular la aplicación de los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas servidas. Señalando como prioridad el compostaje para la utilización de estos lodos en los suelos.

El caso de los residuos provenientes de la agricultura se propone diversos acondicionamientos de acuerdo al tipo de residuo, orientado básicamente a generar una degradación más rápida de estos y no por cuestiones sanitarias.

Para los residuos provenientes del faenamiento de animales se ha prohibido su aplicación a los suelos dado que son causantes de una serie de enfermedades incurables.

En la mayoría de los países de Europa hay normas para la calidad de compost, de la revisión realizada, se obtuvieron los límites máximos para contenido de metales pesados en compost los cuales se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5: Límites máximos de metales pesados (mg/kg) en compost para distintos países.**

Elemento	A		B		C	CH	DK	F	D	I	NL		SP
	Clase I	Clase II	A AA	Agr	Park						Clase I	Clase II	
Arsénico	-	-	13	-	-	-	25	-	-	10	25	15	-
Boro	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cadmio	4	1	3	5	5	3	1.2	8	1.5	1.5	2	1	40
Cloro	150	70	210	150	200	150	-	-	100	100	200	70	750
Cobalto	-	-	34	10	20	25	-	-	-	-	-	-	-
Cobre	400	100	100	100	500	150	-	-	100	300	300	90	1750
Plomo	500	150	150	600	1000	150	120	800	150	140	200	120	1200
Mercurio	4	1	0.8	5	5	3	1.2	8	1.0	1.5	2	0.7	25
Níquel	100	60	62	50	100	50	45	200	50	50	50	20	400
Selenio	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinc	1000	400	500	1000	1500	500	-	-	400	500	900	280	4000

**País:** A Austria; B Bélgica; C Canadá; DK Dinamarca; F Francia; D Alemania; I Italia; NL Holanda; SP España; CH Suiza

**Notas** Clase I o II, se refiere a compost Clase I o II Agr = Uso Agrícola; Park= Uso Hortícola.

**Fuente:** Elaboración Propia en base a recopilación de diversas normas europeas de compost (IASA 2007)

### 3 SELECCIÓN DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS

En esta sección serán descritos los procesos productivos de las actividades económicas seleccionadas y en la sección siguiente se evaluará la generación de residuos con especial énfasis en los sólidos orgánicos producidos por el conjunto de actividades productivas, las cuales fueron seleccionadas por IASA y la contraparte técnica SAG, basándose en información entregada por las direcciones regionales, más los casos específicos conocidos por el consultor.

El listado enviado por las direcciones regionales de SAG en relación a los residuos orgánicos, que han sido materia de consulta por los privados al Servicio, son los que se señalan a continuación:

- Residuos de té,
- Residuos de tratamiento algas (agar-agar)
- Lodos Plantas de Tratamiento,
- Guano,
- Residuos provenientes de la elaboración de vinos (escobajos, borras, etc.),
- Aserrín y viruta de plantas procesadoras de madera,
- Residuos provenientes de las agroindustrias tales como:
  - Pasta de tomates,
  - Colzas y residuos de remolacha,
  - Hortalizas y frutas (Especialmente choclo cuyo residuo es complicado de tratar),
- Lodos de las pisciculturas y salmoneras,
- Residuos de acuicultura en general y de plantas pesqueras,
- RIS de la industria cervecera y,
- Materia orgánica derivada de residuos domiciliarios

Atendiendo el listado anterior y las bases del estudio, se acordó con la contraparte técnica (SAG) un listado de 10 actividades productivas que serán consideradas por el estudio, las que se listan a continuación:

- Elaboración de productos en base a vegetales acuáticos (CIIU151230),
- Frutas y Hortalizas (CIIU151300), incluyendo:
  - Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas,
  - Elaboración de jugos concentrados de fruta,
  - Packing de fruta y hortalizas,
  - Deshidratado de fruta y hortalizas.
- Producción, procesamiento de carnes rojas y productos cárnicos (CIIU151110)
  - Mataderos y frigoríficos.
- Cultivo de Especies Acuáticas,

- Cultivo de especies acuáticas en cuerpo de agua dulce (CIIU 51010),
- Reproducción y crianzas de peces marinos (CIIU 51020).
- Procesamiento especies acuáticas,
  - Fabricación de productos congelado de pescado y mariscos (CIIU 151222),
  - Fabricación de productos enlatados de pescados y mariscos (CIIU 151221).
- Bebidas Fermentadas:
  - Elaboración de piscos (industrias pisqueras) (CIIU 155110),
  - Elaboración de vinos (CIIU 155200),
  - Elaboración de bebidas malteadas, cervezas y maltas (CIIU 155300).

## 4 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS Y RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS

A continuación se resumen los aspectos más relevantes que tienen relación con la caracterización de los residuos generados y sus posibilidades de aplicación al suelo. En el **Anexo B Descripción de Procesos Productivos** se incluye una descripción detallada de los procesos que se asocian a cada una de las actividades productivas seleccionadas.

### 4.1 Elaboración de productos en base a vegetales acuáticos

#### 4.1.1 CIU 151230 – Producción de Agar-Agar.

El Agar-Agar es un ficocoloide<sup>3</sup> extraído principalmente, de las algas rojas o rodofíceas<sup>4</sup> de las especies aragophytas (entre otras el pelillo). Es una sustancia amorfa, que en el comercio se encuentra en forma de polvo, escamas, bloques rectangulares y tiras delgadas. Se utiliza como sustituto de la gelatina en la confección de postres, como medio de cultivo en laboratorios etc.

Químicamente, el Agar-Agar es una mezcla compleja de sales de polisacáridos, fundamentalmente, galactósidos. Además, contiene numerosos cationes asociados, tales como sodio, potasio, calcio, magnesio, etc. Las grandes moléculas que lo constituyen determinan sus cualidades como coloides y espesantes.

El proceso de producción considera una serie de lavados extracción mediante tratamiento alcalino, filtrado, purificación y gelificado (**Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.1.1**).

Los residuos generados en el proceso son principalmente residuos acompañantes de las algas, tales como piedras, conchas, arena y restos de alga no “digerido” químicamente, los cuales son generados en las etapas de filtrado. Estos residuos tienden a ser alcalinos y contener una cantidad de sales disueltas de relativa importancia, se debe poner atención en el pH y la conductividad de los residuos.

### 4.2 Actividad Agroindustrial

Se ha considerado en este rubro las siguientes actividades productivas

- Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas
- Elaboración de jugos concentrados.
- Packing de frutas y hortalizas
- Deshidratado de frutas

<sup>3</sup> Sustancia coloidal obtenida de las paredes celulares de las algas.

<sup>4</sup> Las rodofíceas son una clase de algas, también llamadas algas rojas, que son pluricelulares y sólo viven en el mar.

#### 4.2.1 CIU 151300 – Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas.

En términos generales, el proceso que se realiza sobre la materia prima depende del producto final, ya sea, congelado, almacenado en packing, o procesado para conservas. Las operaciones que generan residuos sólidos son: selección, limpieza, clasificación, trozado, trituración, prensado, enlatado y empaque (**Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.2.1**). En algunos casos la materia prima es pelada (manual, mecánica o químicamente), sometida a procesos de cocción y adición de aditivos, para el caso de congelados sólo se emplea una cocción leve y posteriormente se congela en túneles de frío. El producto terminado es embalado de acuerdo a los requerimientos de los clientes y posteriormente se almacena en cámaras de frío o bodega, hasta el despacho a cliente.

Entre los residuos sólidos más comunes generados por este tipo de industria encontramos restos de frutas, descartes de materia prima, cuescos, carozos, corontas, vainas, ramas, raíces, y también, envases y restos de embalajes. Sin embargo, la gran mayoría de ellos pueden ser reutilizados como suplemento alimenticio para animales o como mejoradores de suelos.

En las Tablas 6 a 9 se proporcionan datos acerca de la cantidad de residuos sólidos generados por cada 100 kilos de materia prima procesada para los procesos más relevantes de la industria conservera y de congelados.

**Tabla 6: Generación de residuos del proceso de elaboración de Arvejas**

Arvejas	Unidad	Materia Prima	Residuos	Producto Terminado
Materia prima Arvejas	Kilos	100		
Ramas / Tallos	Kilos		14	
Hojas	Kilos		7	
Vainas	Kilos		24	
Pérdidas	Kilos		12	
Granos	Kilos			43
<b>TOTAL</b>	<b>Kilos</b>	<b>100</b>	<b>57</b>	<b>43</b>

Fuente: Elaboración Propia en base a Antecedentes productivos de diversos proyectos.

**Tabla 7: Generación de residuos del proceso de elaboración de Habas**

Habas	Unidad	Materia Prima	Residuos	Producto Terminado
Materia prima Habas	Kilos	100		
Ramas / Tallos	Kilos		17	
Hojas	Kilos		8	
Vainas	Kilos		26	
Pérdidas	Kilos		13	
Granos	Kilos			36
<b>TOTAL</b>	<b>Kilos</b>	<b>100</b>	<b>64</b>	<b>36</b>

Fuente: Elaboración Propia en base a Antecedentes productivos de diversos proyectos.



**Tabla 8: Generación de residuos del proceso de elaboración de Choclo en Grano**

Choclo Americano	Unidad	Materia Prima	Residuos	Producto Terminado
Materia prima Choclo	Kilos	100		
Ramas / Tallos	Kilos		44	
Hojas	Kilos		12	
Corontas	Kilos		20	
Pérdidas	Kilos		4	
Granos	Kilos			20
<b>TOTAL</b>	<b>Kilos</b>	<b>100</b>	<b>80</b>	<b>20</b>

Fuente: Elaboración Propia en base a Antecedentes productivos de diversos proyectos.

**Tabla 9: Generación de residuos del proceso de elaboración de Alcachofas**

Alcachofas	Unidad	Materia Prima	Residuos	Producto Terminado
Materia prima Alcachofas	Kilos	100		
Ramas / Tallos	Kilos		20	
Hojas	Kilos		62	
Pérdidas	Kilos		8	
Fondos	Kilos			10
<b>TOTAL</b>	<b>Kilos</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>10</b>

Fuente: Elaboración Propia en base a Antecedentes productivos de diversos proyectos.

La **Tabla 10** presenta los rendimientos y generación de residuos en la producción de aceites de oliva.

**Tabla 10: Generación de residuos en el proceso de elaboración de Aceite de Oliva.**

Aceite de Olivas	Unidad	Materia Prima	Residuos	Producto Terminado
Materia prima Olivas	Kilos	100		
Hojas / Ramas	Kilos		5	
Alpeorujo	Kilos		26	
Pérdidas	Kilos		4	
Aceite	Kilos			18
<b>TOTAL</b>	<b>Kilos</b>	<b>100</b>	<b>35</b>	<b>18</b>

Fuente: M. Inmaculada Sanpedro Q. Tesis Doctoral Universidad de Granada España (2005)

#### 4.2.2 CIU XXXX<sup>5</sup> Elaboración de jugos concentrados de fruta

Durante el proceso de producción y elaboración de jugos concentrados, se realizan las siguientes actividades, recepción de frutas (uva, manzanas, peras y otros), molienda, prensado, sulfitado, concentrado y embalado (**Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.2.2**). Los rendimientos son cercanos al 66 % para los jugos sin concentrar y del 50% para los concentrados.

Los principales residuos son frutas rechazadas, escobajo, tortas de prensado, orujo y borras. La gran mayoría de ellos pueden ser reutilizados como suplemento alimenticio para animales o como mejoradores de suelos (devueltos al productor e incorporados al suelo).

En la tabla 7 se indican estimaciones de la generación de residuos a partir de 100 kilos de materia prima (uva y manzana).

**Tabla 11: Residuos y Producto para distintos tipos de Materia Prima.**

Agroindustrias	Uva	Manzana
Materia prima	100.0	100.0
Fruta rechazada	6.0	5.0
Ramas / Tallos		2.0
Hojas	3.0	2.0
Escobajo	7.0	
Pepas	3.0	1.0
Tortas de prensado	15.0	16.0
Tierras de clarificación <sup>6</sup>	10.0	10.0
<b>Residuos</b>	<b>44.0</b>	<b>36.0</b>
<i>Producto final (Jugo)</i>	<i>66.0</i>	<i>67.0</i>
<i>Producto final (Concentrado)</i>	<i>49.0</i>	<i>50.0</i>

Fuente: Elaboración Propia en base a Antecedentes productivos de diversos proyectos.

#### 4.2.3 CIU XXXXX Packing de Fruta y Hortalizas

El proceso productivo de packing de frutas, legumbres y hortalizas descrito en el (**Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.2.3**), es similar al de conservas, ya que considera la recepción, clasificación y limpieza de la materia prima. Posteriormente, se realiza un proceso de calibración y embalaje. El producto terminado es embalado y empaletizado de acuerdo a los requerimientos de los clientes, para luego almacenarlo en cámaras de frío, hasta el despacho a cliente o para exportación.

Entre los residuos sólidos más comunes generados por este tipo de industria encontramos restos de frutas, frutas en mal estado, vainas, ramas, raíces, residuos provenientes de las etapas primarias (Filtros de reja) y los lodos de las plantas de tratamiento de riles, y también, envases y embalajes. Sin embargo, la gran mayoría de ellos pueden ser reutilizados como

<sup>5</sup> No existe un código CIU para este proceso productivo por tanto se colocó XXXX

<sup>6</sup> Agregadas al proceso.

suplemento alimenticio para animales o como mejoradores de suelos (devueltos al productor e incorporados al suelo).

Las actividades de limpieza de las áreas de trabajo generan una importante cantidad de residuos. Los rechazos por calibración y selección de este proceso productivo en algunos casos quedan en el mercado nacional, ya sea para la elaboración de jugos concentrados (caso de las uvas de mesa), venta a mercados post selección como frutas CAT II, o la producción de mermeladas

Se estima que los rechazos alcanzan al 2 a 3% de la producción y que los residuos de limpieza representan el 0,5 – 0,7 %

#### **4.2.4 CIU XXXXX Deshidratado de Fruta y Hortalizas**

El proceso de producción de frutas deshidratadas se describe esquemáticamente en el **Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.1.1** y consiste en la recepción, clasificación y limpieza de la materia prima, la cual es calibrada para posteriormente pasar, a la etapa de descarozado (frutas con carozo) y por un proceso de pelado con agentes químicos (NaOH 3%) y lavado. Una vez pelada es colocada a secar ya sea en hornos o directamente al sol. Para el caso de las uvas, éstas no requieren pelado, y son secadas en hornos (pasa rubia) o directamente al sol (pasa morena). Después de secas son lavadas para eliminar la tierra y piedras generando aguas que se puede tratar como RIL, a continuación eliminan los palos como escobajo seco y se eliminan las piedrecillas al someterse a zarandas vibratorias, le sigue una selección según las exigencias de calidad. Finalmente las pasas se someten a un aceitado y luego son envasadas para su comercialización.

El producto terminado es seleccionado calibrado, tiernizado, embalado y posteriormente empaletizado de acuerdo a los requerimientos de los clientes posteriormente se almacena en cámaras de frío, hasta el despacho a cliente o para exportación.

Los residuos sólidos provienen generalmente de las etapas de limpieza, lavado, corte, pelado y descarozado. Otra fuente de generación de residuos sólidos son las plantas de tratamiento de riles. En la etapa de pre-tratamiento (rejas), se generan restos de frutas que deben ser eliminados antes de pasar a las otras etapas del proceso de tratamiento. Por otra parte, en el tratamiento primario y secundario de riles se generan lodos orgánicos, que pueden ser reutilizados como mejoradores de suelo (atendiendo sus características físico-químicas del lodo).

Entre los residuos sólidos más comunes generados por este tipo de industria encontramos restos de frutas, frutas en mal estado, carozos, envases y embalajes. Sin embargo, la gran mayoría de ellos son reutilizados como suplemento alimenticio para animales y, en el caso de los carozos, como combustible. También existe un volumen importante de “basuras orgánicas” producto del barrido y limpieza de las áreas de trabajo en el proceso.

Los residuos corresponden a cerca del 10 % de la materia prima fresca y el 5 % de la fruta seca, así por ejemplo para el caso de las pasa por cada 100 kilos de uva fresca se generan 11 kilos de residuos, para el caso de huesillos los residuos son aproximadamente 15 kilos por cada 100 kilos de durazno de los cuales 10 kilos corresponde a carozos (sólo cuando se secan sin carozos) en el caso de los descarozados (damascos y ciruelas) los carozos son aproximadamente 15 kilos y el total de residuos alcanza a los 21 kilos por cada 100 kilos de fruta fresca.

**Tabla 12: Residuos y Producto para distintos tipos de Materia Prima.**

<b>Frutas Secas</b>	<b>Uva</b>	<b>Durazno</b>	<b>Damasco o Ciruela</b>
Materia prima	100.0	100.0	100.0
Fruta rechazada	1.0	2.0	3.0
Ramas – Tallos – Hojas	2.0	2.0	2.0
Carozos		10.0	15.0
Escobajo	7.0		
<b>Residuos</b>	<b>10.0</b>	<b>14.0</b>	<b>20.0</b>
<i>Producto final (fruta fresca)</i>	<i>66.0</i>	<i>86.0</i>	<i>80.0</i>
<i>Fruta Seca</i>	<i>23.0</i>	<i>14.0</i>	<i>12.0</i>
<b>Desecho post secado</b>	<b>1.2</b>	<b>0.8</b>	<b>1.0</b>
<b>Producto final (fruta seca)</b>	<b>21.8</b>	<b>13.2</b>	<b>11.0</b>

Fuente: Elaboración Propia en base a Antecedentes productivos de diversos proyectos.

### **4.3 CIU 1511XX Producción, procesamiento de carnes rojas y productos cárnicos.**

#### **4.3.1 CIU 151110 Mataderos**

En los mataderos, los animales son faenados para separar las partes comestibles, a ser procesadas según la forma en que se consumirán. Los principales procesos involucrados son recepción de animales en pie, revisión por veterinario SAG, posteriormente pasan a aturdimiento, degüelle y desangrado, una vez muertos son descuerados, despatado, descabezados y eviscerados, las canales limpias pasan a etapa de oreo por días u horas y posteriormente desposte. Las piezas despostadas son empacadas y posteriormente congeladas si son para exportación o llevadas a cámaras de mantención si son para consumo interno **(Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.3.1)**

Los residuos generados son sangre, vísceras, contenido estomacal, huesos, grasas, cueros, mortalidad, guano y lodos de las plantas de tratamiento.

Un número importante de mataderos medianos y pequeños especialmente de la zona centro sur y austral del país, bota sus residuos en vertederos con el consiguiente problema de generación de vectores, olores y estabilidad en los vertederos. El alto contenido de humedad de las vísceras verdes y rojas, hacen que estas se transformen en poco tiempo en un líquido espeso y maloliente.

Los grandes mataderos y faenadoras de carnes resuelven el problema de los residuos, produciendo harinas y aceites, dado que los volúmenes que generan justifican una alta inversión en esta área.

De acuerdo a antecedentes bibliográficos y a la experiencia del consultor la proporción de cada uno de los residuos generados se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 13: Residuos y Producto para distintos tipos de Materia Prima.**

	Vacuno						Porcinos		Cordero	
	Macho Adulto		Hembra Adulta		Joven		Adulto		Adulto	
Peso vivo promedio en Kg. antes del faenado	<b>430.0</b>		<b>320.0</b>		<b>150.0</b>		<b>90.0</b>		<b>31.0</b>	
Hueso	22.6	5.3%	20.3	6.3%	10.0	6.7%	22.0	24.4%	0.6	1.9%
Visceras torácicas	3.4	0.8%	3.8	1.2%	3.0	2.0%	2.9	3.2%	2.5	8.1%
Visceras abdominales	5.7	1.3%	9.5	3.0%	6.6	4.4%	5.8	6.4%	5.0	16.1%
Sangre	2.3	0.5%	2.6	0.8%	3.0	2.0%	1.7	1.9%	1.0	3.2%
Cabeza con cuernos	4.8	1.1%	5.2	1.6%	0.0	0.0%	0.0	0.0%		0.0%
Cabeza sin cuernos		0.0%		0.0%	6.2	4.1%	5.5	6.1%	1.2	3.9%
Patas con cascos	2.1	0.5%	1.9	0.6%	1.5	1.0%	1.1	1.2%	0.7	2.3%
Órganos genitales	0.4	0.1%	2.6	0.8%	0.7	0.5%	0.4	0.4%	0.4	1.3%
Grasa perirrenal y escrotal	4.2	1.0%	4.0	1.3%	1.2	0.8%	2.5	2.8%	0.4	1.3%
Contenido ruminal y líquidos corporales	5.8	1.3%	6.3	2.0%	4.0	2.7%	1.2	1.3%	1.2	3.9%
<b>Rendimientos</b>	<b>378.7</b>	<b>88%</b>	<b>263.8</b>	<b>82%</b>	<b>113.8</b>	<b>76%</b>	<b>46.9</b>	<b>52%</b>	<b>18</b>	<b>58%</b>

Fuente: Elaboración Propia en base a Antecedentes de Frigoríficos nacionales y extranjeros.

#### 4.4 CIIU 051XXX Cultivo de Especies Acuáticas

##### 4.4.1 CIIU 051010 Cultivo de especies acuáticas en cuerpo de agua dulce.

Este proceso permite la obtención de alevines de peces para cultivo ya sea en agua dulce (el caso de las truchas) y para la producción de smolt de salmones los cuales son engordados en balsas jaula en el mar, la producción de peces de agua dulce y salada se realiza en centros de cultivo que deben contar con autorización de SERNAPESCA.

El proceso productivo comprende una serie de etapas, desove y fecundación de ovas, desarrollo y absorción del saco vitelino, posteriormente los alevines eclosionan y comienzan a alimentarse hasta el tamaño adecuado para la cosecha hasta un peso aproximado de 4 a 15 gramos, luego de lo cual son trasladados a estanques mayores o balsas jaulas (**Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.4.1**). En general las producciones se realizan en batch de hasta cinco o diez millones de huevos, un ciclo productivo tiene una duración de entre 4 a 6 meses dependiendo de la especie y de las condiciones de temperatura y oxígeno del agua.

Los residuos de este proceso de producción son principalmente la mortalidad, la cual se genera en las distintas etapas de crecimiento de los alevines. En la etapa de eclosión las pérdidas son de aproximadamente el 15% de los huevos fecundados, en la etapa de primera alimentación la mortalidad alcanza al 3 a 5 %, en las etapas de crecimiento es de 3%, en la fase de smoltificación, para el caso de los salmones, la mortalidad alcanza al 15% (estos valores son muy variables y dependen fundamentalmente de las condiciones sanitarias del centro de cultivo, como también de las temperaturas y concentraciones de oxígeno en el agua).

En términos de número por cada millón de huevos que ingresa al centro, deben producirse 675.200 alevines de salmón de 15 gramos o 750.000 alevines de trucha de 3 gramos según sea

el caso. En términos de kilos de producción de residuos por cada 1.000.000 huevos de salmón se producen 636 kilos de mortalidad (sin considerar la etapa de smoltificación) y en el caso de las truchas se producen 105 kilos.

#### **4.4.2 CIU 051020 Reproducción y crianzas de peces marinos.**

Los peces criados en agua dulce son trasladados a balsas jaula para su engorda y cosecha. Este proceso se lleva a cabo en el mar, generalmente en bahías, canales y fiordos de las regiones décima y undécima.

El proceso productivo consta del proceso de esmoltificación (aclimatación de los peces criados en agua dulce a condiciones de salinidad), traslado de alevines y smolt a los centros de cultivo, generalmente en camiones con estanque con oxigenación permanente, y trasladado en barcas a las balsas jaulas. Etapa de engorda hasta 3 a 4 kilos y posterior selección y cosecha en estanques de matanza donde se aplica CO<sub>2</sub> y los peces mueren por asfixia, una vez muertos son colocados en bins con agua-hielo y son trasladados a plantas de proceso.

La mortalidad en el traslado desde los centros de cría a las balsas – jaula es de aproximadamente el 5 % y depende fuertemente de las condiciones de oxigenación y de la carga de peces por metro cúbico de agua en el estanque. Durante las etapas de crecimiento y engorda son del orden del 15 a 20% de la producción, esta mortandad debe ser retirada regularmente, ya sea mediante buceo o en algunos casos los peces muertos flotan y se sacan con redes y son almacenados en contenedores especialmente habilitados.

En general, las mortalidades están siendo destinadas a la fabricación de harina y aceite de pescado, los centros de cultivo muy aislados destinan la mortalidad a vertederos, en los cuales crean serios problemas de estabilidad, dado que si bien es un residuo sólido cuando llega al vertedero, al cabo de unos días se transforma en una masa pastosa con alto contenido de humedad, y que genera líquidos percolados de difícil tratamiento.

El aprovechamiento de estos residuos va por la producción de suplementos alimenticios para cerdos y pollos con preparados mediante hidrólisis láctica de los residuos. (Ver **Anexo D Estudios Aplicación de Residuos al Suelo**)

Otro de los residuos importantes de esta actividad productiva son los lodos y sedimentos de fondo marino, que son retirados mediante bombas de lodos.

#### **4.5 CIU 1512XX Procesamiento especies acuáticas**

En este punto se analiza la producción de congelados y conservas de especies hidrobiológicas, peces, mariscos y crustáceos.

##### **4.5.1 CIU 151222: Fabricación de productos congelado de pescado y mariscos**

##### **Características del Proceso Productivo de Pescados Congelados**

En general el proceso productivo de producción de pescados congelados sigue las siguientes etapas: recepción y pesaje de materia prima, en general en cajas plásticas con hielo o en bins con agua y hielo, desangrado, colocación los pescados en rieles de líneas de producción, donde se descabeza, se cortan aletas y cola, se eviscera y se lava con agua salada, posteriormente se filetean o se colocan enteros en ganchos para congelado antes de entrar a



túnel; en algunos casos los pescados son rociados con una solución de glaseado con ácido cítrico y/o glutamato monosódico, como preservante y antioxidante. Posteriormente se embolsa generalmente por piezas enteras con peso medio de 2,5 a 3 kilos, alternativamente se embolsan filetes, estas se colocan en cajas de cartón y posteriormente son empaletizadas y llevadas a cámaras de frío. **(Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.5.1.A)**

#### **Características del Proceso Productivo de Mariscos Congelados**

El proceso productivo de congelados sigue las siguientes etapas: recepción y pesaje de materia prima, sanitización. Los mariscos son colocados en piscinas y se hace circular agua de mar filtrada y en algunos casos tratada con radiación UV, una vez sanitizados se cargan los carros de cocción para entrar en la línea de vapor, la cocción se realiza en túneles de vapor o marmitas, una vez cocidos son desconchados, se retira el manto y el labio, son lavados y posteriormente colocados en moldes de congelamiento clasificados por color o tamaño o en su defecto en cintas separados unos de otros para congelado IQF (Individual Quick Frozen), en algunos casos los mariscos son rociados con una solución de ácido cítrico y/o glutamato monosódico, como preservante y antioxidante. Finalmente se embolsa generalmente de panes de 1 libra o un kilo luego son encajados y se almacenan en cámaras de frío hasta el despacho a cliente o para exportación. **(Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.5.1.B)**

#### **4.5.2 CIU 151221: Fabricación de productos enlatados de pescados y mariscos**

##### **Características del Proceso Productivo de Pescados Enlatados**

El proceso productivo de pescados enlatados sigue las siguientes etapas: recepción y pesaje de materia prima, en general en cajas plásticas con hielo o en bins con agua y hielo, desangrado, colocación de los pescados en rieles de líneas de producción, donde se descabeza, se retiran partes delgadas y cola, se cortan de acuerdo al tamaño de la lata y se lava con agua salada, posteriormente se colocan enteros en las latas se agrega líquido de cobertura y pasan a precocción y al autoclave para sellado. Posteriormente se enfría, se etiqueta, se encaja y posteriormente son empaletizadas y llevadas a bodegas. **(Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.5.2.A)**

##### **Características del Proceso Productivo de Mariscos Enlatados**

El proceso productivo de enlatado sigue las siguientes etapas: recepción y pesaje de materia prima, sanitización. Los mariscos son colocados en piscinas y se hace circular agua de mar filtrada y en algunos casos tratada con radiación UV, una vez sanitizados se carga los carros de cocción para entrar en la línea de vapor, la cocción se realiza en túneles de vapor o marmitas, una vez cocidos son desconchados, se retira el manto y el labio, son lavados y posteriormente se colocan en las latas, se agrega líquido de cobertura y pasan a precocción y al autoclave para sellado. Posteriormente se enfría, se etiqueta, se encaja y posteriormente son empaletizadas y llevadas a bodegas. **(Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.5.2.B)**

Los principales residuos derivados del proceso de elaboración de especies hidrobiológicas son los residuos orgánicos que incluyen el espécimen completo ya sea pescado o marisco, descartados en la selección por no cumplir con los estándares o exigencias requeridas y los generados durante el procesamiento, aquí los más importantes son partes o secciones corporales de las especies como cabeza, agallas, vísceras, riñón, cola, aleta y piel para el caso del pescado, y valva, manto, labio, bizo y sifón para el caso del marisco. En la tabla siguiente se muestra los rendimientos de diversas especies, para 100 kilos de materia prima.



**Tabla 14: Residuos y Producto para distintos tipos de Materia Prima.**

	<b>Mariscos Bivalvos</b>	<b>Erizos</b>	<b>Peces<sup>7</sup></b>	<b>Crustáceos<sup>8</sup></b>
Materia prima	100.0	100.0	100.0	100.0
Valvas o Caparazón	60.0	27.5	-	36.0
Pérdidas	-	2.0	2.0	2.0
Vísceras	-	20.0	10.0	12.0
Labio y Manto	3.0	-	-	-
Cabeza Espinas Piel y Aletas	-	-	33.0	-
Otras Pérdidas (Líquido)	23.5	50.0	-	25.0
<b>Residuos Sólidos</b>	<b>63.0</b>	<b>49.5</b>	<b>12.0</b>	<b>50.0</b>
<b>Producto Terminado</b>	<b>13.5</b>	<b>5.0</b>	<b>55.0</b>	<b>25.4</b>

Fuente: Elaboración Propia en base a Antecedentes productivos de APL ASIPEs, Merluza y Otros.

En general, los residuos de pescado están siendo destinadas a la fabricación de harina y aceite de pescado, cuando no se dispone de volúmenes, los residuos son destinados a vertederos, en los cuales crean serios problemas de estabilidad, para el caso de los residuos de mariscos especialmente valvas, éstas se emplean como enmienda calcárea para suelos ácidos o como cubre sendas en paisajismo.

#### **4.6 CIIUU 155XX Bebidas Fermentadas**

Se consideró dentro de esta actividad la elaboración de piscos y aguardientes, vinos y maltas.

##### **4.6.1 CIIU 155110: Elaboración de piscos (industrias pisqueras).**

El proceso de elaboración de alcohol para pisco y aguardiente, abarca desde la recepción de la uva, molienda, maceración, prensado y filtrado, posteriormente la vinificación, hasta la destilación de alcohol. (**Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.6.1**)

Según los antecedentes del APL Pisquero, en un proceso típico de producción de pisco se produce, por cada 1.000 ton de uva procesada, 2,5 a 3,5 ton de escobajo, 10 a 12 ton de orujo y 2,5 a 3,5 ton de borra prensada. Estos valores son considerables teniendo en cuenta que se procesan promedio 200.000 ton / año.

Los principales residuos son uvas rechazadas, escobajo, orujo y borras. Mayor detalle en el punto siguiente.

##### **4.6.2 CIIU 155200: Elaboración de vinos.**

El proceso productivo de la planta vinificadora, es muy similar a la fabricación de pisco y aguardiente, y en ella no se hace destilación de los mostos vinificados. En el **Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.6.2.A y Figura 4.6.2.B** se muestran los diagramas de proceso de producción de vino tinto y blanco respectivamente.

<sup>7</sup> Congelado, eviscerado, descabezado y sin cola

<sup>8</sup> Centolla, carne patas y cuerpo

Los principales residuos son uvas rechazadas, escobajo, orujo, borras y tartratos. En la Tabla 15 se indica la proporción de residuos generados respecto a 100 ton de materia prima.

**Tabla 15: Residuos y Producto para distintos tipos de Materia Prima.**

Vinos	Unidad	Materia Prima	Residuos	Producto Terminado
Uva vinífera	Ton.	100.0		
Escobajos	Ton.		7.0	
Orujos	Ton.		10.0	
Borras	Ton.		2.0	
Pepas	Ton.		2.0	
Pérdidas	Ton.		2.0	
<b>Vino</b>	<b>Litros</b>			<b>74.000</b>
<b>TOTALES</b>		<b>100.0</b>	<b>26.0</b>	<b>74.000</b>

Fuente: Elaboración Propia en base a Antecedentes productivos de diversos proyectos.

#### **4.6.3 CIU 155300: Elaboración de bebidas malteadas, cervezas y maltas.**

Dentro de las bebidas fermentadas también podemos encontrar las bebidas malteadas, cervezas y maltas, éstas se caracterizan por estar preparadas con harina o extracto de malta, son sometidas a fermentación pero no a destilación. (**Anexo C Diagramas de Procesos Productivos Figura 4.6.3**).

En general las materias primas que intervienen en el proceso son agua, lúpulo y cebada, suplida a veces por el maíz, el arroz o el azúcar. El proceso consiste en la germinación de los granos, su posterior tostado y molienda, la preparación de caldos a temperatura y tiempo controlados para la liberación de las azúcares y almidones, luego viene un proceso de cocción y posteriormente la fermentación y maduración del caldo. Una vez que el caldo ha fermentado procede a filtrarse y a embotellarse.

Los residuos generados en el proceso de elaboración de la cerveza son principalmente: residuos del cereal (ricos en elementos nutritivos); restos de levadura de cerveza (responsable del proceso de fermentación y contiene gran cantidad de vitaminas, en especial de las pertenecientes al complejo B y que en general se venden como alimento); y las borras de filtrado.

## **5 FACTORES A CONSIDERAR EN EL ÁREA DE APLICACIÓN**

Como la aplicación de residuos sólidos orgánicos al suelo es una práctica que aún no se encuentra normada y en muchos casos se efectúa sin considerar criterios técnico-agronómicos para su aplicación se deben considerar una serie de factores.

En este capítulo se describen los procedimientos y mecanismos utilizados para caracterizar los suelos desde el punto de vista de sus propiedades. Aquí deben mencionarse las metodologías utilizadas para la determinación de la textura, densidad aparente, propiedades de retención de humedad, velocidad de infiltración y otros como salinidad, conductividad hidráulica y determinados parámetros químicos, según sea el caso. Normalmente se debe indicar el nombre del o de los laboratorios utilizados para estos fines o los profesionales responsables de la caracterización.

La aplicación del residuo sólido como ya se ha mencionado con anterioridad, depende principalmente de las características del suelo. Por esta razón, a continuación, se analizan los distintos parámetros y características que deben ser considerados al momento de evaluar si un suelo es capaz de recibir residuos sólidos orgánicos.

Un estudio de suelos puede contener muchos y variados componentes, sin embargo, los componentes mínimos que deben incluirse son:

### **5.1 Características Climáticas**

La caracterización climática del área donde se localiza un determinado tipo de suelo es importante en la medida de evitar la contaminación de los suelos o la dispersión de los residuos aplicados al suelo, por lo que antes de la aplicación de los residuos la autoridad debe conocer las características de la zona donde se aplicarán.

#### **5.1.1 Precipitaciones**

Deben considerarse las precipitaciones medias mensuales a fin de evitar la disposición de residuos tratados o no, en suelos que estén expuestos a inundaciones o a lluvias extremas.

#### **5.1.2 Temperatura**

El factor temperatura debe considerarse especialmente en aquellos casos donde la solarización de los residuos pueda afectar su aplicación, especialmente en aquellos casos en que la aplicación se realiza sin aplicación mecánica.

#### **5.1.3 Vientos dominantes**

Debe tenerse en cuenta la dirección de los vientos predominantes, a fin de que los potenciales olores y residuos livianos sean arrastrados hacia sectores poblados.

## **5.2 Características físicas generales**

En el comienzo de la evaluación es necesario describir la ubicación geográfica, límites y vías de comunicación del área de aplicación. Es importante añadir información sobre superficies, vegetación, aspectos geológicos e hidrogeológicos relevantes.

En el caso de que el área de aplicación comprenda más de un predio, deben identificarse en un plano las propiedades individualizadas por su rol SII o mediante otro mecanismo de identificación.

### **5.2.1 Cartografía**

Es importante describir aspectos relacionados al material cartográfico utilizado como base para el estudio, indicándose la escala de las ortofotos, de los mosaicos, fotografías aéreas si se realizó fotointerpretación, y de las cartas I.G.M., si es que fueron utilizadas etc.

Debe considerarse la confección de cartografía y planos a escalas adecuadas, indicando las fuentes de donde se obtuvo, indicando Datum y huso.

### **5.2.2 Hidrología (aguas superficiales y subterráneas)**

El objetivo de considerar aspectos de la hidrología es establecer las características generales de los escurrimientos superficiales y cuerpos de agua en el área de aplicación y en las cuencas y subcuencas colindantes

Se debe identificar las hoyas hidrográficas relevantes, los cursos de agua presentes y las áreas aportantes y de evacuación en el entorno del sitio de aplicación.

Para el caso de las aguas subterráneas se busca determinar la existencia y características de los flujos subterráneos, la extensión de los acuíferos freáticos si existieran. También, es necesario conocer la profundidad de los flujos freáticos, obteniendo los antecedentes de la información de pozos cercanos al lugar de la aplicación.

### **5.2.3 Geología y Geomorfología**

El conocimiento de la geología y geomorfología en el área de aplicación permite establecer el grado de aptitud física del terreno y prever el escenario de los eventuales impactos de éstas sobre el medio ambiente.

El sitio se debe describir en tanto unidad morfo-estructural, tipo de sedimentos, época de depositación (glaciales, fluvioglaciales y volcánicos) y una descripción de la morfología del área.

## **5.3 Características bióticas generales**

Se debe hacer una descripción general de las características bióticas del lugar de aplicación de residuos, en tanto flora y fauna, describiendo especialmente la presencia de especies protegidas en alguna de las categorías de conservación, tanto para la flora como para la fauna presente en el lugar y sus alrededores inmediatos.

## 5.4 Características del suelo

A fin de caracterizar los suelos previo a la aplicación de residuos se le debe identificar, de acuerdo a parámetros agronómicos estandar.

Una herramienta adecuada para ello es **Pauta para Estudio de Suelos** del Departamento de Protección Recursos Naturales Renovables del Servicio Agrícola y Ganadero

### 5.4.1 Características Físicas del suelo

Se evaluarán las características físicas del suelo donde se dispondrán los residuos, a fin de evitar impactos por mala disposición o aplicación.

Empleando la **Pauta para Estudio de Suelos** se debe considerar los siguientes factores:

- Profundidad
- Textura
- Pendientes
- Erosión
- Drenaje
- Inundación
- Pedregosidad

### 5.4.2 Características Químicas del suelo

Las características químicas de los suelos, mas relevantes a considerar antes de la aplicación de los residuos en suelo son la **acidez** o alcalinidad y la **salinidad**, ya que la aplicación de algunos residuos altera su condición natural, por ejemplo de conchas tiene un aporte importante de base (cal) al suelo, si esto se aplica en suelos alcalinos el pH se hace mayor.

El pH del suelo es importante porque controla una cadena de factores que afectan la salud de la planta, estas sólo toman nutrientes disueltos a través de las raíces. El pH del suelo controla las reacciones químicas que determinan si los nutrientes van a ser disponibles para la absorción por las raíces (i.e. solubles), o no disponibles para la absorción (insolubles).

Incrementos en salinidad solubilizan compuestos químicos tóxicos por alteración del equilibrio de intercambio iónico, aumentando complejos solubles y decreciendo actividades termodinámicas en solución; esto puede también decrecer la actividad microbiológica en los suelos.

### 5.4.3 Metales Pesados

Las actividades humanas han ejercido un efecto considerable en la concentración y movilidad de los metales en suelos. Las principales fuentes son:

- Productos químicos agrícolas y lodos residuales

- Actividades de minería y fundición. El proceso de minería implica: la extracción de las menas, el procesamiento preliminar, la evacuación de los residuos y transporte de los productos semi-procesados. Todas estas operaciones pueden producir una contaminación localizada de metales. El polvo originado puede ser depositado en los suelos a muchos kilómetros de distancia. En áreas mineras, las capas superiores de suelos minerales presentan concentraciones elevadas de cobre, níquel, arsénico, selenio, hierro y cadmio.
- Generación de electricidad y otras actividades industriales. La combustión de carbón es una de las principales fuentes de deposición de metales en suelos. Las centrales térmicas de combustión de petróleo pueden ser importantes fuentes de metales pesados como plomo, níquel y vanadio.
- Las mayores fuentes industriales de metales incluyen fábricas de hierro y acero que emiten metales asociados con las menas de hierro, como el níquel.
- Las fábricas de baterías, pueden emitir cantidades considerables de plomo. Los metales asociados con áreas altamente industrializadas, incluyen arsénico, cadmio, cromo, hierro, níquel, plomo, zinc y mercurio.
- En los residuos domiciliarios. Aproximadamente el 10% de la basura está compuesta de metales. El enterramiento de estos en vertederos o rellenos sanitarios puede contaminar las aguas subterráneas, mientras que la incineración de los residuos puede contaminar la atmósfera al liberar algunos de los metales volátiles en particular el mercurio.

En la Tabla 16 se resume el origen de los principales metales pesados posibles de encontrar en el suelo.

**Tabla 16: Metales pesados en distintos usos y procesos productivos .**

Metal	Usos
Ag	Fotografía, conductores eléctricos, soldadura, galvanización, acuñación, baterías, catalizadores.
Al	Construcción, transporte, envases, industria eléctrica y farmacéutica.
As	Medicina, veterinaria, aleaciones, pirotécnia, esmaltes, agente depilador, insecticidas, pigmentos, pintura, productos electrónicos, tintas.
Cd	Galvanización, pigmentos, baterías, aleaciones de bajo punto de ebullición.
Co	Aleaciones, pigmentos, esmaltes, barnices, galvanización.
Cr	Metalurgia, materiales refractarios, galvanización, curtidos, pinturas, conservación de madera, industria química.
Cu	Industrias eléctrica y automovilística, construcción, fontanería, latón, algicidas, conservación de madera.
Fe	Industrias del hierro y acero.
Hg	Producción de cloruro y soda cáustica, insecticidas, industrias farmacéutica y metalúrgica, odontología, catalizador en producción de polímeros sintéticos.
Mn	Metalurgia, baterías, industria química, cerámica.
Mo	Metalurgia, pigmentos, catalizador, fabricación de vidrio, aditivo en óleos y lubricantes.
Ni	Metalurgia, baterías, equipos solares, galvanización, catalizador en la producción de aceite

Metal	Usos
	combustible.
Pb	Baterías, gasolina, pigmentos, municiones, soldadura, pintura, industria automovilística.
Sb	Plásticos, cerámica, vidrios, pigmentos, productos químicos incombustibles.
V	Metalurgia, catalizador, pigmentos.
Zn	Aleaciones, bronce y latón, galvanización, baterías, pintura, productos agrícolas, cosméticos y medicinales.

Fuente: Elaboración Propia.

En resumen, los metales pesados en general no están presentes en cantidades importantes en residuos orgánicos, si aparecen son principalmente originados en las labores agrícolas de aplicación de pesticidas, por lluvia ácida o acumulados en el suelo y absorbidos por los vegetales.

De acuerdo a la Tabla 16 los metales pesados que podríamos encontrar en residuos orgánicos de origen agrícola son aluminio, arsénico, cobre y zinc, la mayoría presentes en productos agrícolas. En menor medida se podrían encontrar otros metales por contaminación cruzada.

## 6 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE PRE-TRATAMIENTO

Si se piensa utilizar cualquier residuo orgánico en forma regular, es necesario que sea tratado para reducir o eliminar los posibles microorganismos patógenos presentes generalmente en residuos orgánicos. Las alternativas de tratamiento son:

- Tratamiento químico,
- Secado por calor,
- Compostaje,
- Pasteurización,
- Digestión,
- Una combinación de las alternativas anteriores.

### 6.1 Tratamiento Químico

El tratamiento químico de residuos no es muy común, salvo el acondicionamiento y estabilización, que se emplea principalmente en lodos ácidos y para evitar la proliferación de vectores en enterramiento de mortandad.

#### 6.1.1 Estabilización con cal

La estabilización con cal es un proceso que se emplea para residuos con pH ácidos, principalmente en residuos orgánicos semi-líquidos, lodos, y en el manejo de mortandad en plantales de crianza. Para ello se agrega cal a los residuos y lodos no-tratados para elevar el pH por sobre 12, creando condiciones básicas/alcalinas que eliminan micro-organismos.

Existen dos métodos de aplicación: antes de la deshidratación y posterior a la etapa de deshidratación. Se recomienda un pre-tratamiento con cal para evitar eventuales olores en la etapa de secado.

### 6.2 Tratamiento Mecánico

El tratamiento mecánico se emplea principalmente para reducir el volumen de los residuos. Los procesos empleados son trituración y prensado.

#### 6.2.1 Trituración

El objeto de la trituración es la reducción del tamaño de los RIS para obtener un producto final que sea razonablemente uniforme y homogéneo, reducido en su volumen y bajo en su contenido de humedad. Al aplicarles un tratamiento de trituración, se provoca una liberación importante de líquidos, los que a su vez podrían tratarse directamente en las empresas generadoras. A continuación se describen equipos utilizados para ello:



#### 6.2.1.1 Molino de Martillo o Cadena

Este tipo de molino se ha probado en la trituración de residuos domiciliarios quebradizos (por Ej. escombros, vidrio, plástico) y también para caracoles o conchas. No obstante, este tipo de equipo no es apto para moluscos y crustáceos, debido a que se obstruye fácilmente.

Un esquema del principio de molino de cadenas se presenta en la Figura 6 – 1 del Anexo E Figuras Cap. 6

#### 6.2.1.2 Molino de Cuchillos

En comparación a los molinos de martillos o chancadoras, los molinos de cuchillos giran a una velocidad lenta. El grado de reducción de tamaño se puede regular cambiando la distancia de los cuchillos o cambiando el ancho de los dientes (ver Figura 6 – 1 y 6 – 5 del Anexo E Figuras Cap. 6).

Principalmente se pueden triturar materiales elásticos y firmes como plástico, neumáticos o madera, pero también huesos, crustáceos, moluscos y erizos. Materiales muy duros y voluminosos (pedazos de metal y restos de textiles grandes) complican el proceso.

#### 6.2.1.3 Molino de Bolas

El molino de bolas es adecuado para molienda fina de materiales secos y duros como vidrios y escombros, pero también para conchas secas de moluscos.

#### 6.2.1.4 Chancador

El chancador está determinado predominantemente por su principio de funcionamiento, para la disminución de materiales duros como vidrios y escombros, pero también para moluscos. No obstante, este tipo de equipo no es apto para crustáceos, debido a que se obstruye fácilmente.

### **6.2.2 Prensado**

Las prensas separan la fracción líquida de la sólida de residuos con alto grado de humedad como lodos, los sistemas de prensado pueden ser por compresión o por centrifugación. En la operación se genera un residuo líquido que debe ser tratado.

A continuación se presentan unos equipos de deshidratación mecánica que se aplican principalmente en el desaguado de lodos (ver ejemplos en Figuras 6-8 del Anexo E Figuras Cap. 6 EMI A).

#### 6.2.2.1 Filtros Banda

Los filtros banda son dispositivos de alimentación continua que incluyen el acondicionamiento químico, drenaje por gravedad, y aplicación mecánica de presión para deshidratar el lodo. En los Estados Unidos se han convertido en uno de los sistemas de deshidratación de lodos más empleados.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Metcalf & Eddy, INC. (1996): Ingeniería de Aguas Residuales, 3ª Edición, pág. 978

El lodo acondicionado es introducido en una zona de drenaje por gravedad, donde se produce su espesado. A continuación, el lodo pasa a una zona de baja presión donde es comprimido entre dos telas porosas opuestas, para después someterse a esfuerzos tangenciales a medida que las bandas pasan a través de una serie de rodillos. El lodo deshidratado se queda pegado en las telas y se desprende de éstas por medio de unos rascadores situados a la salida del equipo.

El acondicionamiento con polielectrolito nuevamente es esencial para obtener sequedades altas. Las sequedades (medias) en filtros de banda oscilan entre el 15 y el 25% para la deshidratación de lodos secundarios.

#### 6.2.2.2 Filtro de Prensa

Un filtro de prensa consiste en una prensa de marco y placas que funciona mecánicamente para producir una torta semisólida a partir de una solución espesa. La deshidratación se realiza forzando la evacuación del agua presente en el lodo por la aplicación de una presión elevada, sobre una serie de placas rectangulares colocadas entre sí sobre un bastidor con un extremo fijo y otro móvil.

Un tipo común de filtro prensa consiste en una serie de placas rectangulares, ranuradas a ambos lados, colocadas una frente a la otra en posición vertical, sobre un bastidor; una tela filtrante (nylon, propileno) la cual se ajusta sobre cada placa.

Las placas se mantienen juntas con fuerza suficiente para que se adhieran herméticamente y puedan así resistir la presión; durante el funcionamiento, se bombea lodo acondicionado químicamente al espacio existente entre las placas y se aplica una presión de entre 4 y 15 atm, forzando al líquido a pasar a través de la tela y orificios de salida de las placas, que se separan seguidamente y se extrae la torta de lodo.

Nuevamente, el filtrado debe ser retornado a la planta de tratamiento de RILes.

Las ventajas incluyen la alta concentración de sólidos en la torta (sobre 30%) y baja en el líquido filtrado y el bajo consumo de productos químicos, mientras que los inconvenientes son el costo de la mano de obra y la vida útil de las telas del filtro.

Este tipo de filtros son empleados en viticultura y elaboración de jugos concentrados.

#### 6.2.2.3 Centrífugas

El proceso de centrifugación es muy utilizado para la separación de líquidos de diferente densidad y la separación de sólidos. Las centrifugas empleadas para el espesamiento de lodo también se pueden utilizar para su deshidratación. Se podrán encontrar los siguientes tipos de centrifugas:

- **Centrífuga de camisa maciza:** Consiste en una camisa maciza dispuesta horizontalmente, con un extremo de forma troncocónica. El lodo se alimenta de forma continua a la cuba giratoria a caudal constante, y se separa en una torta densa que contiene los sólidos, y un líquido diluido, el cual se recircula a la planta de tratamiento de RILes. La concentración de sólidos varía entre 15 y 35%, dependiendo de la calidad del lodo, para lodos secundarios se alcanza valores típicos de hasta 20%.
- **Centrífugas de cesta** están especialmente indicadas para el uso en plantas de pequeñas dimensiones. Su funcionamiento es discontinuo. El lodo se introduce en una

cesta que gira alrededor de un eje vertical. Los sólidos se acumulan en las paredes de la cesta produciéndose la separación. Cuando se alcanza la capacidad de retención de sólidos de la centrífuga, se reduce la velocidad de giro, y se introduce un rascador para facilitar las labores de extracción del lodo acumulado. La eficiencia de las centrífugas de cesta es inferior a las de camisa maciza.

Este tipo de centrífugas es empleado en los procesos de producción de agar-agar, y permite separar el líquido de extracción de los restos de algas, piedras, arenas conchillas y otros residuos

#### 6.2.2.4 Filtros al Vacío

El uso de la filtración al vacío ha descendido en los últimos años debido al desarrollo y mejora de equipos de deshidratación mecánica alternativos. Las desventajas de este método por las cuales no se recomienda su uso en instalaciones pequeñas son las siguientes<sup>10</sup>:

- Complejidad del sistema;
- Necesidad de reactivos para el acondicionamiento;
- Elevados costos de operación y mantenimiento.

### **6.3 Tratamiento Térmico**

Los tratamientos térmicos tienen por objetivo la reducción de humedad de los residuos, y por ende la disminución de su masa y volumen. A la vez reducen o impiden el accionar de microorganismos (principalmente patógenos) sobre los residuos.

Los tratamientos a considerar son los siguientes:

- Secado;
- Solarización;
- Pasteurización.

#### **6.3.1 Secado**

##### 6.3.1.1 Canchas de secado

El secado se aplica para lodos y residuos sólidos orgánicos con alto porcentaje de humedad. Estos se extienden sobre un lecho poroso en estratos de aproximadamente 20 a 30 cm., se secan por medio de drenaje y evaporación. Como producto final se obtiene un residuo con un contenido de 60 a 70% de humedad (después de 10 a 30 días, dependiendo de factores climáticos).

Por otra parte, en climas más fríos, durante el invierno, la congelación de los lodos extendidos en los campos de secado puede contribuir al proceso de secado, convirtiendo el lodo gelatinoso en un medio granular con mejores características de deshidratación y secado.

---

<sup>10</sup> Metcalf & Eddy, INC. (1996): Ingeniería de Aguas Residuales, 3ª Edición, pág. 972

En la Figura 6 – 3 del Anexo E Figuras Capítulo 6 se presenta un ejemplo de una cancha de secado, en el cual se distinguen:

- tubería de alimentación del sistema;
- estrato de drenaje de grava o arena (con un grosor de unos 30 cm.);
- tuberías perforadas de drenaje de los líquidos (con pendientes de 1%, en distancias de 2,5 a 6 m);
- (en algunos casos) un techado.

Posterior al secado los lodos se remueven como un material sólido, se reutilizan o se depositan en un relleno sanitario.

En general, este tipo de tratamiento se encuentra confinado a lodos digeridos o estabilizados con cal.

#### 6.3.1.2 Secado térmico

El secado térmico o deshidratación se logra por contacto directo o indirecto con gases a mayor temperatura para reducir el contenido de humedad de los lodos o residuos sólidos a un 10% como máximo. La temperatura de las partículas deberá exceder los 80°C o bien la temperatura de los gases en contacto con los residuos, en el punto en que estos dejan el secador, deberá exceder los 80°C.

En la Figura 6 – 7 del Anexo E, se presenta un esquema de un túnel de secado térmico aplicado para el tratamiento de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas.

Este método también es empleado en el secado de residuos de mortalidad en pisciculturas y para los residuos de matadero, los cuales una vez secos son molidos en molinos de cuchillo o chancadoras de bola para la obtención de harinas.

#### **6.3.2 Solarización**

La solarización principalmente es aplicada para la desinfección solar del suelo. Es un método activo contra numerosos parásitos, malas hierbas y determinadas enfermedades, sin recurrir al uso de productos químicos. Se basa en la utilización de la energía solar para elevar la temperatura del suelo, que se cubre de lámina plástica transparente durante el periodo más caluroso del año. Este aumento de temperatura se produce gracias al alto grado de transmisión de la radiación solar del plástico y por la disminución de pérdidas debidas a convección y evaporación. Esta técnica permite destruir un gran número de parásitos y conlleva además cambios en el suelo de tipo biológico, físico y químico, lo que la convierte en un medio de lucha integrada y polivalente.

De igual manera, se puede aplicar la solarización a la masa orgánica de residuos empleando cubiertas plásticas, logrando la destrucción de organismos patógenos y el decremento del contenido de agua.

El tratamiento dura de 4 a 6 semanas, y las temperaturas más altas se obtienen en invernaderos herméticamente cerrados en los que el suelo y/o los residuos están cubiertos con película plástica de acolchado. En general las temperaturas desde la superficie hasta una profundidad de 40 cm. se sitúan entre los 35 y 60° C.

### **6.3.3 Pasteurización**

La pasteurización es un proceso por el cual se eleva la temperatura de la masa orgánica con el fin de destruir los microorganismos. En el caso de los residuos el requisito de este tratamiento de no alterar la composición física y química del material, prácticamente no tiene importancia.

En el caso de lodos provenientes de plantas de tratamiento, generalmente se exige que estos deben mantenerse por sobre los 70°C por un período superior a 30 minutos., a fin de asegurar la destrucción de microorganismos.

Este proceso es comúnmente empleado para los decomisos de matadero, antes de ingresar a sistemas de secado y molienda para producción de harinas.

## **6.4 Tratamiento Biológico**

Los tratamientos biológicos tienen por objetivo la descomposición de los residuos, y por ende la disminución de su masa y volumen. La degradación de la materia orgánica se puede lograr mediante bacterias y hongos o mediante otros microorganismos como lombrices y artrópodos presentes en el suelo.

### **6.4.1 Compostaje**

El compostaje es un proceso controlado para conseguir la transformación de un residuo orgánico en un producto estable, aplicable al suelo como mejorador de suelo. La definición más aceptada de compostaje es “La descomposición biológica aeróbica (en presencia de aire) de residuos orgánicos en condiciones controladas” (INTEC: Manual de Compostaje, 1999).

El compostaje atraviesa diferentes fases de degradación:

- pre-compostaje (cerca de 4 - 6 semanas), y
- compostaje y maduración (cerca de 7 - 9 semanas).

En la degradación previa, la materia orgánica es fácilmente descompuesta por medio de microorganismos, generando temperaturas de hasta 75°C. Por las altas temperaturas en el interior de los cúmulos y por la mezcla, se logra higienizar los residuos. En el proceso se alcanza una reducción de la masa que varía entre un 35% a 60%, y un 60% a 70% respecto al volumen inicial.

El compostaje se puede realizar con:

- Pilas estáticas
- Pilas estáticas aireadas
- Reactor
- Pilas de volteo o hileras

Los métodos anteriores se describen en detalle en el Anexo F Compostaje.

Un sistema simple de compostaje en pilas abiertas requiere las siguientes instalaciones:

- tractor, cargador frontal y/o volteador de compost;
- sector de pre-compostaje;

- canchas abiertas con base asfáltica, captación de lixiviados;
- sistema de aireación (eventual);
- tamiz.

Las ventajas asociadas a este proceso corresponden principalmente a:

- proceso simple, factible de realizar con máquinas agrícolas;
- producción de mejorador de suelos;
- costos de inversión y operación relativamente bajos.

Además, el compost entrega nutrientes al suelo, mejorando su estructura, textura, aireación y la capacidad de retención de agua. Por ejemplo, al mezclar el compost con suelos arcillosos estos aumentan su porosidad y se transforman en suelos livianos, en cambio en suelos arenosos aumenta la capacidad de retención de agua. También el compost permite controlar la erosión, se aumenta la fertilidad del suelo y se genera un aumento en el arraigamiento de las plantas. (Fuente: INTEC (1999): Manual de Compostaje)

Las principales desventajas corresponden a:

- requiere un manejo del contenido de humedad de los residuos (para mantener condiciones aeróbicas y evitar la generación de lixiviados);
- potencial de generación de olores; y
- requerimiento de material estructurante y gastos respectivos.
- falta de un mercado para el producto final.

El compostaje es aplicable para residuos orgánicos con un contenido de humedad menor a 40%. En aquellos casos en que la humedad supera este porcentaje se pueden realizar operaciones previas de acondicionamiento (entre ellas de deshidratación) y/o mezclar con material estructurante como por ejemplo cortezas, virutas de madera, paja, desechos vegetales (este aspecto puede limitar la aplicación del proceso).

Entre los residuos que pueden ser sometidos a compostaje se encuentran los lodos, provenientes de plantas de tratamiento de RILES, residuos sólidos provenientes de agroindustrias, pesqueras, mataderos y residuos sólidos vegetales en general.

#### **6.4.2 Fermentación (Digestión Anaeróbica)**

La fermentación o digestión anaeróbica permite estabilizar residuos orgánicos, para ser usados en la agricultura.

Los procesos de fermentación anaeróbica, que se utilizan para la producción de metano a partir de residuos sólidos, generalmente incluyen tres etapas básicas:

- preparación de los residuos sólidos orgánicos para su digestión anaeróbica (recepción, clasificación, separación y reducción de tamaño);
- fermentación en un reactor durante un período de 8 a 15 días, y a una temperatura de 50 a 60 °C. adición de humedad y nutrientes a la mezcla, el ajuste del pH, el calentamiento del precipitado, y

- captura, almacenamiento y purificación de los componentes gaseosos generados durante el proceso de digestión.

El metano captado (“biogás”) puede ser usado para la producción de energía. La colocación final del precipitado digerido es una tarea adicional a realizar.

Las principales instalaciones requeridas corresponden a (ver Figura 6 – 6 Digestión Anaeróbica del Anexo E Figuras Cap. 6):

- trituradora;
- estanque digestor, con aislamiento;
- equipamiento mecánico (mezcladores, bombas de recirculación);
- motores de gas o antorcha para la quema de biogás;
- controles;
- galpón.

Si los lodos digeridos no pueden ser aprovechados en la agricultura como líquido, se requiere una deshidratación (y en algunos casos compostaje).

Las ventajas asociadas a este proceso corresponden principalmente a:

- producción de biogás (aprovechamiento energético);
- gastos bajos de energía e insumos químicos;
- no requiere deshidratación previa.

La fermentación es apropiada especialmente para desechos orgánicos de alta humedad y poca consistencia por falta de material estructurante que les de estabilidad, por lo tanto presentan problemas en el compostaje (por ejemplo, desechos caseros de alto contenido orgánico, desechos orgánicos de la industria alimenticia y pesquera).

Las principales desventajas asociadas a este proceso corresponden a:

- costo relativamente elevado de inversión;
- complejidad del proceso;
- requiere mano de obra capacitada.

El proceso es más sensible a variaciones de temperaturas, toxicidad, choques de carga, por lo que su control resulta más complejo y requiere de operarios calificados. La inversión en reactores con aislamiento, equipos mecánicos de mezclado, calefacciones, controles e instrumentación es muy alta en comparación con los tratamientos aeróbicos.

Como en el caso del compostaje, tiene la desventaja de requerir un mercado para el producto final (el abono).

#### **6.4.3 Ensilado**

El ensilado de residuos orgánicos como los de pescado o vísceras, puede definirse como un producto semi-líquido, obtenido a partir de la totalidad del residuo entero o partes del mismo. Este estado se alcanza por efecto de las enzimas proteolíticas contenidas en los residuos. Estas enzimas presentan su mayor actividad cuando el pH se reduce a valores cercanos a 4,



por efecto de la producción o la adición de ácidos. A este pH se impide la descomposición del producto. El ensilado es un producto estable a temperatura ambiente por mucho tiempo y se utiliza principalmente en alimentación de aves y cerdos, y también dada su estabilidad podría ser dispuesto en suelo.

- El tiempo necesario para obtener un producto con índices físicos, químicos y microbiológicos adecuados es de 17 a 24 días a temperatura ambiente.
- La composición de un ensilado tiene las siguientes características: 70 – 75% de humedad, 15 – 18% de proteínas; 2.0 – 2.5% de grasa y 4 – 6% de cenizas
- Para el ensilado químico, se utiliza una mezcla con 20% ácido sulfúrico diluido (1:3) y 80% ácido fórmico.

Para el ensilado biológico se emplean microorganismos como el *Lactobacillus*, los *Streptococcus*, *Candida lipolytica* entre otros, y como fuente de carbohidratos se utilizan harinas de trigo, maíz, arroz, malta o avena; almidón de maíz y melaza.

Las principales instalaciones requeridas corresponden a:

- trituradora;
- estanque digestor, con aislamiento;
- equipamiento mecánico (mezcladores, bombas de recirculación);

Entre las ventajas que presenta el ensilado microbiano o biológico de residuos de mortandad se encuentran:

- La posibilidad de adicionar diversas cepas de bacteria ácido-lácticas;
- Tiempo de proceso reducido;
- Un producto, incluyendo sabor y olor, más atractivo, agradable y apetecible para la alimentación animal,
- Sencilla manipulación, sin los peligros y riesgos que presentaba el ensilado químico,
- Costos reducidos,
- Uso de otros residuos de fácil obtención

#### **6.4.4 Lombricultura (Humus)**

El tratamiento de los residuos orgánicos mediante la acción de ciertas especies de lombrices es una de las alternativas que actualmente se consideran dentro de la búsqueda de mejores métodos para su manipulación y transformación, dado el creciente interés por el reciclado de los mismos.

En la búsqueda de tecnologías de transformación de desechos, la lombricultura se presenta como alternativa que ofrece las mayores ventajas por las siguientes razones:

- Utiliza espacios relativamente reducidos.
- Es un proceso rápido y continuo.
- Elimina inconvenientes desagradables como el mal olor y las moscas.
- Es extraordinariamente económica y de fácil gestión.



- Es un proceso que no produce al final ningún desecho, ya que el 100% del material suministrado a las lombrices es transformado por éstas en productos comercializables.
- Es el único sistema de transformación de desechos orgánicos que permite al final del ciclo obtener un abono orgánico de calidad (vermicompost) y cantidades considerables de proteínas para la alimentación animal y humana (lombrices).

La lombricultura intensiva se desarrolla en una estratificación de material orgánico llamada lecho, litera o cantero sobre la que se incorporan o inoculan las lombrices.

Los residuos a tratar por éste método pueden ser:

- Estiércol vacuno, equino, cunícola, caprino, etc., bien fermentado para que el pH y la temperatura se hayan estabilizado.
- Mezcla de residuos orgánicos (hierbas secas, hojarasca, papel, cartón, cascarilla de arroz, residuos urbanos orgánicos, ciertos residuos procedentes de industrias agroalimentarias, etc.) bien fragmentados, desmenuzados y mezclados, normalmente, con algún residuo de origen animal.
- Compost fresco. La aplicación de la vermi-estabilización como un tratamiento secundario después de la fase termófila del compostaje convencional está fuera de lugar puesto que el valor nutricional para las lombrices disminuirá rápidamente durante la degradación microbológica de los desechos.

**Para cada uno de los residuos asociados a los procesos productivos descritos en el capítulo 4, se han caracterizado las alternativas de tratamiento, las que están resumidas en las tablas de ANEXO G**

## 7 OPCIONES DE PRETRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN ESTUDIO

Los mecanismos de pre-tratamiento descritos en el capítulo anterior son aplicables a la mayoría de los residuos orgánicos, como resultado de ello se obtiene residuos estabilizados, libres de patógenos y adecuados para ser dispuestos en suelos.

Las opciones de tratamiento para los distintos tipos de residuos por cada una de las actividades se resumen en las tablas 7.1 a 7.10, del Anexo G

Para cada una de las actividades y los residuos asociados, se evaluó el tipo de tratamiento y destino que se podía dar, se consideró el tratamiento de los lodos de las plantas de tratamiento de RILes, ya que estos en general aceleran los procesos de descomposición de los residuos en el compostaje.

Los rubros productivos acordados con SAG y que generan residuos sólidos orgánicos y que potencialmente pueden ser dispuestos en suelo, son los siguientes:

- Producción de Agar-Agar
- Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas
- Elaboración de jugos concentrados de fruta
- Packing de fruta y hortalizas
- Deshidratado de fruta y hortalizas
- Mataderos
- Cultivo de especies acuáticas en cuerpo de agua dulce
- Reproducción y crianzas de peces marinos
- Procesamiento especies acuáticas congelados y enlatados
- Bebidas fermentadas

En la Tabla 17 fueron agrupadas las actividades productivas (en la primera columna) de acuerdo al tipo de residuos que generan (segunda columna), en las siguientes se señala el tipo de pretratamiento aplicable al residuo, antes de ser dispuesto en el suelo.

En los puntos siguientes de esta sección se resume algunas de las características y limitaciones de la aplicación de los residuos en suelo.

**Tabla 17: Tratamientos posibles para los RSO de los distintos procesos productivos.**

Tratamiento		Químico	Mecánico		Térmico			Biológico				Otros Usos			
		Aplicación de Cal	Trituración	Prensado	Secado	Solarización	Pasteurización	Compostaje	Fermentación	Ensilado	Lombricultura	Alimento Animal	Combustible	Aceites	Otros
Elaboración y conservación de frutas y hortalizas	Descartes		X					X			X	X			
	Corontas		X					X			X	X			
	Cuescos				X	X							X		
	Escobajos							X			X	X			
	Lodos	X						X			X				
	Raíces		X					X			X	X			
	Ramas		X					X			X	X			
	Tallos		X					X			X	X			
	Vainas							X			X	X			
Mataderos	Sangre						X					X			
	Reumen			X	X		X	X	X	X	X	X			
	Cueros														X
	Grasas						X					X		X	
	Guano				X			X	X	X	X	X			
	Huesos		X		X		X					X		X	
	Lodos	X						X	X		X				
	Mortalidad	X						X	X	X		X			
	Visceras						X	X	X	X	X	X			
Cultivo de Especies Hidrobiológicas	Alimento no consumido	X		X	X	X		X		X	X				
	Cabezas		X				X	X		X	X	X			
	Caparazones		X	X	X	X						X			
	Conchas		X	X	X	X						X			
	Cuero														X
	Descarte	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
	Espinas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
	Estomago	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
	Fecas	X		X	X	X		X			X				
	Fouling	X		X	X	X		X			X				
	Labios	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
	Lodos	X		X	X	X		X			X				
	Mortalidad	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
	Visceras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	

Tratamiento		Químico		Mecánico		Térmico		Biológico				Otros Usos			
		Aplicación de Cal	Trituración	Prensado	Secado	Solarización	Pasteurización	Compostaje	Fermentación	Ensilado	Lombricultura	Alimento Animal	Combustible	Aceites	Otros
Elaboración de Vinos y Alcoholes	Borras			X	X	X		X			X	X			X
	Cuescos												X		
	Escobajos					X		X			X	X			
	Lodos	X		X	X	X		X			X				
	Orujos			X	X	X		X			X	X			X
Elaboración de Jugos Concentrados	Pepas							X			X	X		X	
	Tartratos														X
	Torta de prensa					X		X			X	X			
Cervezas y Maltas	Cereales			X	X	X		X			X	X			
	Levaduras			X	X	X		X			X	X			
	Torta de prensa					X		X			X	X			
	Borras			X	X	X		X			X	X			
	Lodos	X		X	X	X		X			X				

Fuente: Elaboración Propia.

## 7.1 Residuos de origen vegetal.

En términos generales, los residuos de origen vegetal de las actividades relacionadas con los procesos productivos de conservación, packing, deshidratado de frutas, verduras y hortalizas, pueden ser empleados en compostaje o alternatively ser destinados a alimentación animal o ser dispuestos en suelo mediante aradura o rastraje.

Los residuos que sean sometidos a compostaje pueden necesitar una previa molienda y pueden ser mezclados con los lodos provenientes de las plantas de tratamiento lo que acelera los procesos de descomposición al contener gran cantidad de microorganismos que degradan la materia orgánica.

En el caso que la opción seleccionada sea la alimentación animal, los residuos pueden ser entregados a quienes los requieran en las condiciones en que salen de los procesos generadores, o ser sometidos a alguno de los tratamientos térmicos señalados en la sección 6.3, favoreciendo su almacenamiento por largos períodos de tiempo

Para los residuos originados en la producción de vinos, piscos y jugos concentrados, se pueden aplicar directamente en suelo mediante rastraje o aradura o pueden ser compostados en combinación con los lodos de las plantas de tratamiento de RILES, y dispuestos en suelo como mejoradores.

## 7.2 Residuos de origen animal.

Se recomienda que para el manejo de residuos como los huesos y mortalidad, se realice la trituration de ellos favoreciendo el secado y aumentando la superficie de ataque de los microorganismos. Se recomienda el compostaje de estos residuos sólo en condiciones de aireación forzada en cámaras con recirculación de aire y filtros de compost maduro como eliminadores de olores desagradables.

Con el tratamiento térmico y la posterior molienda de este tipo de residuos, estos pueden ser usados como alimento animal, cosa que se realiza en la X Región con la mortalidad de las pisciculturas y centros de cultivo de salmones, los residuos de esta actividad productiva son valorados como subproducto para la fabricación de harinas y aceites de pescado.

Para el caso de los decomisos de mataderos de mamíferos (vacunos y corderos) estos solo debieran ser empleados para fabricación de harinas o pelet para alimentación de animales carnívoros (perro y gatos) de acuerdo a lo señalado en **Reglamento (CE) N° 999/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de mayo de 2001, por el que se establecen disposiciones para la prevención, el control y la erradicación de determinadas encefalopatías espongiformes transmisibles y a la Resolución SAG 3.124 de Diciembre de 2000 que Prohíbe la formulación, elaboración, distribución, venta y uso de proteínas de origen de rumiantes en alimentación de rumiantes**. Esto es aplicable especialmente cuando los mataderos exportan a la Comunidad Económica Europea su producción, sin embargo y dada la transmisibilidad de los priones no es recomendable la aplicación de decomisos sin tratamiento al suelo.

La FAO ha dirigido investigaciones orientadas a la producción de alimento animal con residuos de pescado y vegetales, mediante fermentación ácida o láctica, este producto se señala es de un alto contenido proteico y puede ser empleado como suplemento alimenticio en dietas para animales. En la Tabla 18 se muestra el análisis de nutrientes para ensilado de pescado.

**Tabla 18: Análisis de Nutrientes para Ensilado de Peces.**

Nutriente	Humedad	Proteínas	Grasas	Carbohidratos	Cenizas
Porcentaje	65%	16%	2%	10%	7%

## 7.3 Caparazones de Erizos, Crustáceos y Conchas de Bivalvos

Un tipo interesante de residuo que generan las empresas procesadoras de erizos y crustáceos son sus caparazones. De acuerdo a un estudio desarrollado por IASA en la X Región, estos residuos contienen nutrientes para el suelo.

Los principales resultados indican que estos residuos son alcalinos, con una humedad del orden del 50%, con niveles bajos de NPK (ver Tabla 19) y sobre un 78% de carbonato de calcio (ver Tabla 20). Los análisis se efectuaron sobre muestras compuestas (caparazones mas vísceras) y muestras individuales (sólo el caparazón eliminando contenido de material orgánico) por medio de espectrofotometría (para los compuestos no metálicos)

**Tabla 19: Análisis de Nutrientes para Caparazones de erizo.**

Nutriente	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Porcentaje	1,1%	< 0,1 %	< 0,01 %

\* Valor obtenido de la sumatoria de los compuestos minerales analizados por CESMEC.

**Tabla 20: Comparación Análisis Fluorescencia Rayos X de Conchas de Ostra con Caparazón de Erizo**

Especie	SO <sub>3</sub> Azufre	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Fósforo	CaCO <sub>3</sub> Carbonato Calcio	SiO <sub>2</sub> Silicio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Aluminio	MgO Magnesio	Na <sub>2</sub> O Sodio
Ostra	0.724	0.204	96.0	0.696	0.419	0.649	0.984
Erizo	0.93	0.20	78.9	<0.01	<0.01	2.6	0.01

Ref: Gil-Lim Yoon, Octubre 2002

De lo anterior se puede concluir que los exoesqueletos (caparazones y conchas) analizados son un importante aporte del mineral al suelo, específicamente calcio, los que pueden ser empleados en aplicación a suelos ácidos mediante rastraje, aradura o subsolado a fin de evitar la proliferación de vectores.

Para calcular la dosis de carbonato de calcio necesaria para elevar el pH de un suelo se debe conocer el pH basal del suelo y el que se desea alcanzar (adecuado) para ello se puede usar la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis (ton de cal/ha)} = (\text{pH a alcanzar} - \text{pH actual}) / \text{Poder tampón del suelo.}$$

A modo de ejemplo el poder tampón de los suelos trumaos es de 0,12 pH/ton cal y es 0,15 en los suelos rojos<sup>11</sup>.

Se debe considerar que una tonelada de conchas de ostra aporta 0,96 toneladas de carbonato, y para los caparazones de erizo el aporte es de 0,79 toneladas.

<sup>11</sup> Plan Nacional de uso de la cal en el manejo de suelos ácidos (República Argentina)

## 8 CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO PRETRATADO

Los residuos pre-tratados considerados son el humus de lombriz y el compost, ambos son el resultado de procesos de degradación biológica, y las características generales de los mismos se resumen en los puntos siguientes.

### 8.1 Humus

De acuerdo a la literatura los parámetros y valores característicos para el humus de lombriz se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 21: Valores característicos para Humus.**

Parámetro	Unidad	Valor Característico
pH		6.8 - 7.2
Materia Orgánica	%	30 – 50
CaCO <sub>3</sub>	%	8.0 – 14.0
Cenizas	%	27.9 – 67.7
Carbono Orgánico	%	8.7 – 38.8
Nitrógeno Total	%	1.5 – 3.3
NH <sub>4</sub> /N Total	%	20.4 – 6.1
NO <sub>3</sub> /N Total	%	79.6 – 97.0
N-NO <sub>3</sub>	ppm	2.18 – 1.693
Ácidos H /Ácidos F		1.43 – 2.06
P Total	ppm	700 – 2.500
K Total	ppm	4.400 – 7.700
Ca Total	%	2.8 – 8.7
Mg Total	%	0.2 – 0.5
Mn Total	ppm	260 – 576
Cu Total	ppm	85 – 490
Zn Total	ppm	87 – 404
Capacidad de retención humedad	ml/kilo seco	1.300
Capacidad intercambio cationico	meq/100 g de humus	150 – 300
Actividad Fitohormonal	mg/l de C.H.S.	1
Superficie Específica	m <sup>2</sup> /gramo	700 a 800
Humedad	%	45 – 55
Relación C:N		9 – 13
Flora Microbiana	millones / gr S.S	20 – 50.000

Fuente: Lombricultura Pachamama S.A. [www.lombricultura.cl](http://www.lombricultura.cl)

### 8.2 Compost

Los análisis de compost entregan los siguientes parámetros, cabe señalar que los rangos pueden ser más amplios y eso depende fundamentalmente de los residuos que se composten.



**Tabla 22: Valores Característicos para Compost .**

Parámetro	Unidad	Valor Característico
pH		6.8 - 7.2
Materia Orgánica	%	65 – 70
Carbono Orgánico	%	14 – 30
Calcio	%	2 – 8
Humedad	%	40 – 45
Nitrógeno como N <sub>2</sub>	%	1.5 – 2.0
Fósforo como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	2.0 – 2.5
Potasio como K <sub>2</sub> O	%	1.0 – 1.5
Relación C/N	%	10 - 11
Ácidos húmicos	%	2.5 – 3.0

Fuente: [http://www.ctv.es/clean\\_world\\_hispania/CompoStar.htm](http://www.ctv.es/clean_world_hispania/CompoStar.htm)

## 9 POTENCIALES IMPACTOS O RIESGOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA APLICACIÓN;

El análisis de los riesgos de una aplicación de RISes orgánicos y de la contaminación de suelos tiene por objetivo identificar los potenciales impactos sobre las componentes siguientes:

- Flora y fauna,
- Aguas superficiales, relacionadas al riego y la bebida animal.

Se parte de la consideración que un contaminante representa un peligro no sólo por su presencia en un lugar determinado sino que también, y fundamentalmente en este caso, por la eventualidad de que sea transportado a zonas en donde su acción sea perjudicial para el medio natural (incluido el medio humano). En forma conceptual y para definir las concentraciones máximas aplicables se analizarán los siguientes aspectos:

- Cumplimiento de la normativa de calidad vigente
- Estándares de referencia de otros países o de la bibliografía especializada
- Riesgos de impactos ambientales en el caso de eventuales contingencias

En relación a los eventuales impactos a las otras componentes ambientales, el suelo cumple una función central, por que es a la vez una componente afectada y medio de transporte de los contaminantes; por esta razón no basta analizar solo la función agronómica y biológica de la capa de suelo vegetal, sino se debe analizar además los mecanismos de transporte con las aguas superficiales, subsuperficiales y el comportamiento de toda la zona no-saturada (hasta el nivel de la napa subterránea).

En forma conceptual se analizará una evaluación de riesgos de propagación de contaminantes hacia otras componentes ambientales: aire, agua superficial, subterránea, flora y fauna. En esta evaluación de riesgos se considerarán los siguientes conceptos:

- **Peligro:** Se entiende como peligro, cuando un impacto o daño puede ocurrir con una probabilidad alta y con una magnitud alta.
- **Riesgo:** Se entiende como riesgo, cuando un impacto o daño puede ocurrir con una probabilidad alta y una mediana magnitud, o de probabilidad baja, pero magnitud alta.
- **Seguridad:** cuando el impacto es no significativo y ocurre con una probabilidad baja, o cuando el impacto es de mediana magnitud, pero ocurre con una probabilidad muy baja (G. Rettenberger, 1994).

Los niveles de contaminantes presentes en los residuos aplicados a los suelos se considerarán aceptables cuando el eventual impacto a las componentes ambientales aire, agua, suelo y salud humana sea de muy baja magnitud y/o de muy baja probabilidad (es decir, cumpliendo con el concepto de “seguridad”).

### 9.1 Síntesis y Propuesta Preliminar de Límites Máximos Aceptables

La revisión bibliográfica relativa a la aplicación de residuos al suelo no entregó mayores referencias a valores máximos aceptables para los distintos residuos tratados en los parámetros de interés, como contenido de nitrógeno, carbono u otros nutrientes.

Dado que los residuos orgánicos producidos en las actividades económicas seleccionadas no contienen metales pesados (los cuales podrían ser un parámetro importante al aplicar al suelo), se recomienda utilizar los parámetros exigidos en la normativa de lodos y la de calidad de compost.

## 9.2 Síntesis Parámetros de Máximos Aceptables en Suelo

Para el caso de los metales pesados se consideró la normativa de la CEE. Para parámetros químicos del suelo como acidez y salinidad, se ha considerado las recomendaciones señaladas en la **Pauta para Estudio de Suelos**.

### 9.2.1 Metales Pesados

A modo de referencia la carga de metales pesados permitidos por hectárea y por año en Europa y Estados Unidos se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 23: Carga de Metales Pesados Permitidos, [Kg./ha/año] Europa vs. USA<sup>(a)</sup>**

Región	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Europa <sup>(b)</sup>	0.7	0.15	2.0	12	0.1	3	15	30
U.S.A. <sup>(c)</sup>	2.0	1.9	150	75	0.85	21	15	140

Fuente a. El máximo permitido de concentraciones en el suelo es aproximadamente 10 veces mayor en USA  
b. Basado en German Soil Protection Rule para suelos de arcilla (BodSch, 1998)  
c. Para APLR Biosolids se tiene una concentración menor que máximo.

### 9.2.2 Acidez

El pH del suelo es importante porque controla una cadena de factores que afectan la salud de la planta, estas sólo toman nutrientes disueltos a través de las raíces. El pH del suelo controla las reacciones químicas que determinan si los nutrientes van a ser disponibles para la absorción por las raíces (i.e. solubles), o no disponibles para la absorción (insolubles).

**Tabla 24: Valores Característicos para Alcalinidad**

Código	% Saturación Sódica	Clasificación
A0	0 – 10	No alcalino
A1	10 – 15	Ligeramente alcalina
A2	15 – 25	Alcalina
A3	25 – 40	Muy alcalino
A4	+ 40	Extremadamente alcalina

Fuente: **Pauta Para Estudio de Suelos SAG Marzo 2001**  
Depto. Protección Recursos Naturales Renovables

### 9.2.3 Salinidad

Incrementos en salinidad solubilizan compuestos químicos tóxicos por alteración del equilibrio de intercambio iónico, aumentando complejos solubles y decreciendo actividades

termodinámicas en solución; esto puede también decrecer la actividad microbiológica en los suelos.

**Tabla 25: Valores Característicos para Salinidad**

Código	Conductividad [mmhos]	Clasificación
SO	0 – 2	No salino
S1	2 – 4	Ligeramente salino
S2	4 – 8	Salino
S3	8 – 12	Muy salino
S4	+ 12	Extremadamente salino

Fuente: **Pauta Para Estudio de Suelos SAG Marzo 2001**  
Depto. Protección Recursos Naturales Renovables



## 10 MÉTODOS DE APLICACIÓN DE RESIDUOS EN EL SUELO

Basado en lo anterior, se puede determinar los métodos y medidas de aplicación en el suelo, de acuerdo a sus características y usos, considerando por ejemplo:

- Aplicación directa en forma líquida o semi-líquida, con o sin bombeo;
- Incorporación mediante arado o sólo rastra;
- Incorporación en zanjas;
- Aplicación como substrato nutritivo en plantaciones forestales;
- Aplicación como mejorador de suelos erosionados;
- Uso como fertilizante;
- Compostaje directamente en el suelo;
- Aplicación caparazones/conchas molidas en vez de cal (suelos acidificados);
- Consideraciones climáticas y época del año considerado para la aplicación;
- Determinación de cantidades máximas por m<sup>2</sup> (cargas / concentraciones).

Además, se considera medidas generales para evitar o minimizar olores y vectores sanitarios. Lo anterior se debe considerar en el contexto del tipo del suelo (por ejemplo arenoso, acidificado, erosionado, etc.), su uso (por ejemplo con o sin cultivo, cercanía a viviendas) y el clima del sector (por ejemplo, la temperatura influye en la descomposición y las lluvias y los escurrimientos en el transporte de elementos químicos).

### 10.1 Aplicación en forma semi sólida, con o sin bombeo;

Los sistemas de aplicación de residuos líquidos pueden incluir el riego con los surtidores o pistones, tubería perforada y el tanque rodante. Otros sistemas de aplicación que se pueden utilizar son las zanjas de infiltración y las franjas filtrantes.

Este tipo de aplicación puede usarse para residuos de contenido estomacal en mataderos y para levaduras en la producción de cervezas (previa dilución con agua), para el caso de las fecas de los cultivos hidrobiológicos en agua dulce también es posible de usar este método de aplicación. A fin de evitar los malos olores se puede proponer el rastraje posterior al riego de los residuos.

### 10.2 Aplicación en forma sólida sin incorporación mecánica

La utilización de humus o compost en propagación de plantas a nivel de almácigo, permite obtener plántulas homogéneas de buena calidad, también se puede utilizar en la reproducción por estacas, sirviendo ambos como sustrato de enraizamiento, debido a su acción estimulante sobre la diferenciación celular conducente a tejido radicular. La propagación de plantas en speedling con compost o humus de lombriz, ha mostrado excelentes resultados.

En el caso de reproducción de semillas (como es el caso de las plantas ornamentales el uso de compost o humus de lombriz, asegura excelentes resultados en la germinación de las plántulas).

La baja plasticidad y cohesión del material, evita la destrucción de raicillas al momento de repique a bolsas, también se amortigua los efectos negativos del cambio del medio, contribuyendo a restablecer la fisiología normal de las plantas.

Al momento de la plantación en mezclas con el suelo mineral con humus o compost, se evita el efecto depresivo que se produce en el trasplante, y la aplicación de estos sustratos pre-tratados mejora las condiciones físico-químicas de suelo, asegurando una rápida adaptación y mayor tasa de crecimiento de las plantas.

Su aplicación en huertos establecidos es recomendable junto con el fertilizante, ya que permite tamponar los efectos negativos que se producen durante la solubilización de los fertilizantes, aumentando la eficiencia de recuperación de estos nutrientes por parte del frutal.

En condiciones de cultivo donde se utilice sistemas de riego tecnificado de goteo, se recomienda la incorporación de compost y humus en el área de mojado, para aumentar la eficiencia de recuperación del agua por parte del cultivo, dado el alto grado de retención de agua que presentan ambos.

La aplicación directa de residuos orgánicos secos provenientes de procesos de conservación de hortalizas y legumbres, se puede aplicar directamente al suelo, como mulch, para evitar la proliferación de malezas en los cultivos.

El mulch protege el suelo impidiendo que este se apriete y forme costras, de esta manera el agua de lluvia se escurre por el acolchado, penetra el suelo y no se pierde. El mulch no permite que el agua lodosa salpique los cultivos y así se mantienen limpios y menos propensos a enfermarse, por otro lado, el sol muy fuerte calienta mucho el suelo descubierto, de esta manera mucha agua de la superficie se evapora, lo que implica mayor riego. El acolchado da sombra al suelo y lo mantiene fresco, la maleza que compite con los cultivos por nutrientes, agua y luz no fructifica y las pocas malas hierbas que quedan se pueden arrancar fácilmente.

### **10.3 Aplicación en forma sólida con incorporación mecánica**

Los métodos de aplicación de los residuos orgánicos al suelo mediante incorporación mecánica se puede lograr mediante arado, rastraje o subsolado.

#### **10.3.1 Aplicación mecánica mediante arado y rastraje.**

Al incorporar mediante rastraje las cubiertas vegetales al suelo, el material vegetal es fraccionado y entra en íntimo contacto con el suelo, entregando las condiciones óptimas para que actúen los microorganismos responsables de la descomposición. Existe un aumento de la temperatura y humedad del medio, parámetros que son claves para una rápida y completa degradación, que junto con la acción oxidativa y reductora propia del suelo produce la transformación del material vegetal. Esto permite que el ciclo de retroalimentación del ecosistema se complete y el dióxido de carbono y los nutrientes vuelvan a estar disponibles para las plantas.

Los restos vegetales jóvenes, ricos en nitrógeno, con una relación C/N baja, inferior a 25, son rápidamente mineralizados.

La composición de los residuos vegetales, principalmente su contenido de nitrógeno, la relación entre constituyentes lábiles y resistentes a la degradación y la riqueza de tejidos en sustancias biológicamente activas, determinan la velocidad a la cual estos residuos se descomponen.

La aplicación de conchas de molusco molidas se puede realizar mediante este método, así se evita la atracción de vectores como pájaros y roedores, se emplea para enmienda de carbonatos en suelos ácidos.

### **10.3.2 Aplicación mecánica mediante subsolado;**

La incorporación de residuos mediante subsolado permite que el material vegetal sea fraccionado y entre en íntimo contacto con el suelo a profundidades superiores a las logradas con el rastraje y la aradura, esto permite que los residuos queden enterrados a mayor profundidad.

## **10.4 Incorporación Localizada.**

La incorporación localizada de los residuos permite que la flora y fauna edáfica degrade los residuos en forma lenta y aporte los nutrientes al suelo.

### **10.4.1 Aplicación en Zanjas**

La aplicación de residuos en zanjas permite la degradación de los mismos en condiciones de íntimo contacto con el suelo, de esta manera los residuos se degradan por la presencia de los microorganismos.

Este tipo de aplicación es recomendable para residuos provenientes de la industrialización de las frutas, legumbres y hortalizas, los cuales pueden ser combinados con guanos o residuos de pesqueras y mataderos para controlar la relación C/N en los residuos.

También puede ser empleado para el enterramiento de mortalidad de pisciculturas o decomisos de matadero, previa estabilización con cal.

### **10.4.2 Aplicación en Cajones**

Se trata de un sistema de aplicación similar al anterior, con la diferencia que la aplicación es en cajones, esto normalmente se emplea en plantaciones frutícolas o forestales.



## 11 RECOMENDACION DE PLANES DE SEGUIMIENTO

Donde sea necesario, se considerarán los siguientes monitoreos de terreno:

- Estudio de Suelos/Estudio Agronómico;
- Muestreo de aguas superficiales y subterráneas;
- Reconocimiento de Fauna, Flora y Vegetación.

Con el fin de determinar el comportamiento de la zona a la aplicación de residuos y los eventuales mecanismos de transporte de contaminantes.

### 11.1 Monitoreo de parámetros críticos

Para cada aplicación de residuo al suelo se entregan indicaciones generales que permitan diseñar un adecuado plan de monitoreo de las principales componentes ambientales.

#### 11.1.1 Acidez

El pH del suelo expresa la acidez o alcalinidad del mismo, es decir, la concentración de iones  $H^+$  disociados en la "solución suelo".

Se dice que un suelo es neutro, cuando el pH tiene un valor de 7. Por debajo de este valor el suelo es ácido, y por encima es básico o alcalino. En un suelo ácido existe mayor cantidad de iones  $H^+$  que de  $OH^-$ , mientras que en uno básico es al contrario. En un suelo de pH neutro la cantidad de iones  $H^+$  y  $OH^-$  es igual.

La neutralidad es la condición óptima para el desarrollo de la mayoría de los cultivos y para la asimilación de la mayoría de los nutrientes por parte de éstos.

**Tabla 26: Valores Característicos para pH en Suelo**

pH del suelo	Clasificación
0.01 - 5.59	Muy ácido
5.6 - 6.59	Ácido
6.6 - 7.59	Neutro
7.6 - 8.59	Alcalino
8.6 - 9.99	Muy alcalino

Fuente: **Pauta Para Estudio de Suelos SAG 2001**  
Depto. Protección Recursos Naturales Renovables

#### 11.1.2 Conductividad Eléctrica

El conocimiento del contenido total de sales solubles en los suelos permite establecer si existen en ellos cantidades importantes para producir interferencias con la germinación normal de las semillas, con el crecimiento de las plantas o con la toma de agua por parte de los cultivos.

**Tabla 27: Valores Característicos para Conductividad Eléctica**

CE 1:5 mS/cm	Clasificación
<0,4	No salino
0,4 - 1,15	Ligeramente salino
> 1,15	Salino

Fuente: **Pauta Para Estudio de Suelos SAG Marzo 2001**  
Depto. Protección Recursos Naturales Renovables

### 11.1.3 Nutrientes K – P – N

#### Potasio

El potasio se halla en grandes cantidades en el suelo, aún cuando solo una pequeña parte de él es asimilable por las plantas. En el suelo se encuentra en las siguientes formas mineral, interlaminar, cambiable y el que está en la solución de suelo. El cambiable es la principal reserva de que dispone la planta y soluble en el suelo a medida que la planta lo va absorbiendo.

El papel de este elemento en la fisiología de las plantas es importante, esta relacionado con la síntesis de glúcidos y prótidos y con la resistencia que presentan las distintas especies vegetales a las heladas y a las enfermedades.

Los árboles pueden absorber entre 6 y 30 Kg/Ha. y año de potasio, retornando un 50% con las hojas caídas.

Uno de los parámetros influye de forma muy importante en cuanto a la movilización de este nutriente, es la textura y la cantidad y tipo de arcilla presente en el suelo

**Tabla 28: Valores Característicos para Potasio en Suelo**

Potasio asimilable [ppm]	Interpretación
< 100	Muy bajo
100 – 200	Bajo
200 – 300	Normal
300 – 400	Alto
> 400	Muy alto

Fuente: **Pauta Para Estudio de Suelos SAG Marzo 2001**  
Depto. Protección Recursos Naturales Renovables

#### Fósforo

El fósforo en el suelo está en estado sólido formando parte de las partículas de suelo o de la materia orgánica y disuelto en el agua que rodea dichas partículas.

Desde un punto de vista agronómico el fósforo puede estar en el suelo en cuatro situaciones:

- Directamente asimilable
- Intercambiable
- Lentamente asimilable

- No disponible

El fósforo asimilable se encuentra en forma soluble y es de utilización inmediata para las plantas. Está íntimamente ligado a otros factores del suelo como son el pH, la cal activa y la materia orgánica.

El contenido en fósforo de un suelo hay que contemplarlo en función de su textura y de su aprovechamiento (secano, regadío, o regadío intensivo). Los valores pueden oscilar entre los siguientes límites:

**Tabla 29: Valores Característicos para Fósforo en suelo**

P Cantidad [ppm]	Interpretación
0 – 12	Muy Bajo
5 – 24	Bajo
9 – 36	Normal
13 – 60	Alto
21 – 96	Muy Alto
Fuente: <b>Pauta Para Estudio de Suelos SAG Marzo 2001</b> Depto. Protección Recursos Naturales Renovables	

## Nitrógeno

El contenido total de nitrógeno en un suelo podemos dividirlo en tres formas fundamentales:

- N en forma elemental:  $N_2$  en el aire del suelo y en pequeñas cantidades, disuelto en la solución del suelo.
- N en formas inorgánicas: como NO (óxido nítrico),  $NO_2$  (nitrito),  $N_2O$  (óxido nitroso),  $NH_3$  (amoníaco),  $NO_3^-$  (nitrato), etc.
- N en forma orgánica: supone más de un 90 % y es transformado lentamente, por la acción de los microorganismos que descomponen la materia orgánica, en nitrógeno mineral, en las formas amoniacal y nítrica, que es la asimilable por las plantas.

**Tabla 30: Valores Característicos para Nitrógeno en Suelo**

% N	Interpretación
0.01 - 0.05	Muy bajo
0.06 - 0.1	Bajo
0.11 - 0.2	Normal
0.21 - 0.31	Alto
0.32 - 9.99	Muy alto

Fuente: **Pauta Para Estudio de Suelos SAG Marzo 2001**  
Depto. Protección Recursos Naturales Renovables

#### 11.1.4 Materia Orgánica.

La materia orgánica es el conjunto de residuos vegetales y animales, más o menos descompuestos por la acción de los microorganismos del suelo, que se encuentra en estado de evolución en el suelo.

La materia orgánica procede de:

- Los residuos vegetales (tallos, ramas, raíces, etc.)
- Las aportaciones de estiércol u otros abonos orgánicos y de los abonados en verde.
- Las bacterias, hongos, algas, etc.

La evolución de la materia orgánica en el suelo depende del clima, del tipo de suelo, del pH, de la clase de residuos y de la actividad de los microorganismos.

Los resultados se califican de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 31: Valores Característicos para Materia Orgánica en Suelo**

Contenido de Materia Orgánica	Suelo arenoso	Suelo franco	Suelo arcilloso
Muy bajo.	0.01 - 1.25	0.01 - 1	0.01 - 1.5
Bajo	1.26 - 2	1.01 - 1.75	1.51 - 2.5
Normal	2.01 - 3	1.76 - 2.5	2.51 - 3.5
Alto	3.01 - 4	2.51 - 3.5	3.51 - 4.5
Muy alto	4.01 - 9.99	3.51 - 9.99	4.51 - 9.99

Fuente: **Pauta Para Estudio de Suelos SAG Marzo 2001** Depto. Protección Recursos Naturales Renovables

#### 11.1.5 Relación C/N

La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. El Carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción de las plantas.

Para el compostaje de residuos una relación C/N óptima de entrada, es decir de material "crudo o fresco" a compostar es de 25 unidades de Carbono por una unidad de Nitrógeno.

#### 11.1.6 Metales Pesados

De entre los iones metálicos más tóxicos cabe destacar el Cd y Hg. El primero se encuentra en forma catiónica y sus propiedades se asemejan a las del ión calcio. Su interacción con los constituyentes edáficos es más fuerte que la de este último. Debido a su extrema toxicidad, cualquier vertido en el suelo da lugar a situaciones muy problemáticas.

El mercurio en el suelo se presenta, en principio, precipitado como hidróxido  $\text{Hg}(\text{OH})_2$ . No obstante, en medios no muy oxidantes el  $\text{Hg}(\text{II})$ , puede reducirse a  $\text{Hg}(\text{I})$  y después a mercurio metálico, el cual es muy volátil y puede difundirse fácilmente por los poros del suelo.

La toxicidad de un suelo debido a los metales pesados y elementos asociados es una consecuencia directa de sus concentraciones en las fases bioasimilables. Se supone que existe un equilibrio entre la fase soluble y la cantidad total presente, según algunos autores se calcula que el 10% del total de un metal pesado en particular, se encuentra en fase soluble en el suelo. Sin embargo, intervienen numerosos factores tanto del elemento tóxico en sí como de las características del propio suelo que hacen que esta afirmación no pueda generalizarse, es así como, para una misma concentración de elementos tóxicos en un suelo, la concentración de la fase asimilable será mucho más elevada para un suelo ácido que para uno neutro o alcalino.

No obstante, de todo lo ya anteriormente expuesto se deduce que para cada agente contaminante un sólo valor no puede representar el nivel de toxicidad válido para todos los tipos de suelos, para todos los cultivos y para todos los diferentes usos.

**Tabla 32: Umbrales de concentración de metales que se consideran excesivos (mg/Kg)**

Metal	1	2	3	4
Arsénico	20	50		
Bario	200	2000		
Cadmio	1	20	1 – 20	3
Cobalto	20	300		
Cromo	100	800	100 – 1.000	
Cobre	50	500	50 – 1.000	140
Mercurio	0,5	10	1 – 16	1,5
Molibdeno	10	200		
Níquel	50	500	30 – 300	75
Plomo	50	600	50 – 750	300
Estaño	20	300		
Zinc	200	3000	150 – 2.500	300
1	Nivel de referencia en Holanda. Nivel indicativo por encima del cual hay contaminación demostrable.			
2	Nivel C en Holanda. Superado este valor el suelo ha de ser saneado.			
3	Límite de concentración para poder añadir lodos en España (suelos de pH <7 y >7 respectivamente)			
4	Máximo aceptable en suelos agrícolas (CE, 1986)			

Como se observa hay bastante disparidad entre los distintos umbrales establecidos. La diversidad de los suelos y sus propiedades son los principales responsables de esta diversidad. Pero también la ausencia de una casuística amplia ha impedido la deseable unificación de criterios.

## 11.2 Muestreo de aguas superficiales y subterráneas;

Para determinar el tipo y frecuencia de monitoreo se debe tomar en consideración las características del sitio, la cercanía de aguas superficiales o subterráneas, el tipo y la cantidad de residuos aplicado.

Para el caso de los parámetros físico-químicos que debieran controlarse en las aguas subterráneas o superficiales estos pueden corresponder a los parámetros establecidos en la NCh 409/Of.78, o una muestra de ellos, por ejemplo:

- pH
- DQO / DBO<sub>5</sub>
- Conductividad Eléctrica
- Nitrógeno Total
- Aceites y grasas

En términos generales el muestreo, tratamiento de las muestras y análisis de laboratorio se deben realizar según normas del INN o la *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

### **11.3 Reconocimiento de Fauna, Flora y Vegetación.**

Se debe observar que la aplicación de residuos al suelo no afecte la flora y la fauna presente antes de la aplicación, se debe hacer un seguimiento de la diversidad florística de la zona intervenida, como también un monitoreo de la fauna presente en el lugar, si corresponde.